

LAS MONTAÑAS NUESTRO FUTURO

Simposio Internacional 10, 11 y 12 de diciembre
CUSCO

Libro de Resúmenes



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

LAS 
MONTAÑAS
NUESTRO **FUTURO**

LIBRO DE RESÚMENES

Diciembre, 2019

© INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Jr. Juan Bautista Mejía 887

Huaraz Ancash, Perú

Teléfono: (51) 043-22-1766 / 043-45-6234

Correo electrónico: publicaciones@inaigem.gob.pe

Todos los derechos reservados

El contenido de cada resumen es de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresa, necesariamente, la opinión del INAIGEM.

Es permitido realizar la reproducción parcial o total de los resúmenes publicados en este volumen con la obligación de indicar los nombres de los autores y la fuente.

Diseño: Joan Ramírez Romero

Financiado por: FONDECYT – KONRAD ADENAUER STIFTUNG

El Libro de Resúmenes está disponible a texto completo en:

<http://repositorio.inaigem.gob.pe/xmlui/handle/INAIGEM/289>

SIMPOSIO INTERNACIONAL “LAS MONTAÑAS: NUESTRO FUTURO”

COMISIÓN ORGANIZADORA

Presidenta: Dra. Gisella Orjeda Fernández

Oficina Desconcentrada de Cusco: Ing. Víctor Bustinza Urviola

Dirección de Investigación en Glaciares: Ing. Jesús Gómez López

Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña: Dra. Beatriz Fuentealba

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento: Dr. José Herrera Quispe

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: Mg. Fredy Monge Rodríguez

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PÓSTERES

Dr. Benjamin Orlove

Mg. Fredy Monge Rodríguez

Dr. José Herrera Quispe

Dra. Beatriz Fuentealba Durand

Ing. Jesús Gómez López

Mg. Steven Wegner

EDITOR

Mg. Steven Wegner

Financiado por:



Entidades asociadas:



University of Zurich ^{UZH}



GOBIERNO REGIONAL
CUSCO
Trabajemos con Integridad



UNSAAC
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco



Con el apoyo de:



Santuario Histórico de Machupicchu
Ministerio del Ambiente



CONDESAN
Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Con el soporte de:



PRESENTACIÓN

Como institución organizadora del Simposio Internacional "Las Montañas: Nuestro Futuro", el INAIGEM busca difundir el conocimiento técnico científico sobre los ecosistemas de montaña y los glaciares tropicales, en un contexto de cambio climático.

Los objetivos específicos de este Simposio son:

- Transferir el conocimiento científico sobre los efectos e impactos del cambio climático en los ecosistemas de montaña y los glaciares tropicales, a la institucionalidad nacional e internacional para la toma de decisiones.
- Motivar estudios e investigaciones científicas en la recuperación de los servicios ecosistémicos y en propuestas de acción ante el retroceso glaciar.
- Considerar si los resultados y hallazgos de investigaciones han contribuido a políticas públicas y si estos han influido en la implementación de prácticas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Se ha reunido un grupo selecto de veintidós ponentes, internacionales y nacionales, expertos en temas relacionados con glaciología, cambio climático, retroceso glaciar, ecosistemas de montaña, meteorología, políticas públicas y otros. Además de las exposiciones principales, se presentarán los comentarios de panelistas y preguntas del público asistente. También, se tendrán cuatro mesas de trabajo relacionadas a ecosistemas de montaña, glaciares tropicales, la difusión de estos temas, ciencias sociales y el cambio climático, en las que se compartirán experiencias, sugerencias y alternativas para acercar los resultados académicos a la política pública.

Como una contribución adicional, el simposio contará con la presentación de 46 pósteres de investigación científica, abarcando diversos temas referentes a glaciares tropicales y ecosistemas de montaña, especialmente:

- Impactos del cambio climático en glaciares y ecosistemas de montaña
- Acciones de adaptación ante el retroceso glaciar y cambio climático
- Investigaciones para la recuperación de ecosistemas de montaña y/o sus servicios ecosistémicos
- Estudios de caso en que las investigaciones, en el ámbito de montañas, han trascendido hacia la política pública
- Contribuciones de las ciencias sociales a la adaptación al cambio climático y la política pública

En esta semana celebraremos el Día internacional de las Montañas, el 11 de diciembre, y el 5to aniversario de la creación del INAIGEM, el 13 de diciembre.

Esperamos que el Simposio Internacional "Las Montañas: Nuestro Futuro" sea de gran provecho para todos los especialistas y público general asistente.

Gisella Orjeda Fernández

CONTENIDO

Programa	Pag.3
Conferencias Magistrales	Pag.8
Exposiciones Temáticas	Pag.14
Exposiciones en las mesas de trabajo	Pag.27

PÓSTERES

Glaciares	Pag.38
Ecosistemas de montaña	Pag.55
Meteorología e Hidrología	Pag.76
Teledetección	Pag.84

PROGRAMA

10 DE DICIEMBRE

8:00 – 9:00	Registro de participantes
9:00 – 10:00	Ceremonia de Apertura: Dr. Víctor Boluarte Medina - Alcalde, Municipalidad Provincial de Cusco Dra. Gisella Orjeda Fernández - Presidente Ejecutiva, INAIGEM Dr. Gilbert Alagón Huallpa - Vicerrector de Investigación, UNSAAC Soc. Gabriel Quijandría Acosta - Viceministro de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, MINAM Econ. Jean Paul Benavente García - Gobernador Regional Cusco
10:00 – 10:15	Objetivos del Simposio "Las Montañas: Nuestro Futuro", programación y video
10:15 – 10:45	Receso para el café
10:45 – 11:15	Conferencia Magistral 1: Dr. Julio C. Postigo (Indiana University, EE.UU.) Más allá del cambio climático y las montañas: Cambios socio-ambientales en la sierra peruana
11:15 – 11:45	Conferencia Magistral 2: Dr. José Úbeda Palenque (Universidad Complutense de Madrid, España) El registro cosmogénico glacial del cambio climático en los Andes peruanos: Resultados del proyecto FONDECYT 144-2015
11:45 – 12:15	Panel: Los vínculos y la problemática común en los glaciares y ecosistemas de montaña Panelistas: Dr. Bert De Bièvre y Dr. Álvaro Soruco Sologuren
12:15 – 12:30	Preguntas del público asistente
12:30 – 14:00	Receso para el almuerzo
14:00 – 14:30	Temática: Glaciares Tropicales Exposición 1 : Ing. Jesús Gómez López (INAIGEM, Huaraz) Inventario Nacional de Glaciares e investigaciones glaciológicas en el Perú
14:30 – 15:00	Exposición 2 : Mg. Dirk Hoffmann (Instituto Boliviano de la Montaña, La Paz, Bolivia) Perspectiva global del retroceso de los glaciares tropicales
15:00 – 15:30	Panel: Los impactos del cambio climático en los glaciares tropicales Panelistas: Dr. Thomas Condom y Mg. Laura Viviana Zalazar
15:30 – 15:45	Preguntas del público asistente
15:45 – 16:15	Receso para el café
16:15 – 16:45	Temática: Ecosistemas de Montaña Exposición 1: Dr. Juan Carlos Benavides Duque (Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia) Los ecosistemas frágiles: Bofedales
16:45 – 17:15	Exposición 2 : Dr. Javier Ñaupari Vásquez (Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú) Sistemas de alerta temprana basadas en tecnologías de información móvil y sensores remotos
17:15 – 17:45	Panel: Los impactos del cambio climático en los ecosistemas de montaña Panelistas: Dr. Julio Postigo y Dr. Vivien Bonnesoeur
17:45 – 18:00	Preguntas del público asistente

11 DE DICIEMBRE

8:30 – 9:00	Registro de participantes
9:00 – 9:30	<p><u>Conferencia Magistral 3: Dr. Bert De Bièvre</u> (Fondo para la Protección del Agua - FONAG, Quito, Ecuador)</p> <p style="text-align: center;">Conservación y recuperación de los servicios ecosistémicos hídricos, como medidas de adaptación al cambio climático</p>
9:30 – 10:00	<p><u>Conferencia Magistral 4: Dr. Álvaro Soruco Sologuren</u> (Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia)</p> <p style="text-align: center;">El cambio climático y el impacto del retroceso glaciar en el planeta</p>
10:00 – 10:30	<p><u>Panel: La articulación de las acciones en glaciares y ecosistemas de montaña</u> Panelistas: Dr. Marco Sotomayor Berrío y Dra. Betty Millán Salazar</p>
10:30 – 10:45	Preguntas del público asistente
10:45 – 11:15	Receso para el café
11:15 – 11:45	<p style="text-align: center;"><u>Temática: Políticas públicas y compromisos del Perú</u></p> <p><u>Exposición 1 : Soc. Gabriel Quijandría Acosta</u> (Viceministro de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, MINAM, Lima, Perú)</p> <p style="text-align: center;">Balance de la gestión del cambio climático en el Perú: Avances, desafíos y prioridades - Gestión integral del cambio climático</p>
11:45 – 12:15	<p><u>Exposición 2 : Mg. Silvia C. Rodríguez Valladares</u> (Dirección de Cambio Climático y Desertificación, MINAM, Lima, Perú)</p> <p style="text-align: center;">Las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC): El compromiso climático del país y su vínculo con las montañas</p>
12:15 – 12:45	<p style="text-align: center;">Panel: Los desafíos y las oportunidades de implementar las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) en los sectores: Agua, bosques y agricultura</p> <p style="text-align: center;">Panelistas: Dr. Juan Carlos Benavides Duque e Ing. Omar Varillas Vélchez</p>
12:45 - 13:00	Preguntas del público asistente
13.00 – 14.30	Receso para el almuerzo
14:30 – 15:00	<p style="text-align: center;"><u>Temática: Ecosistemas de Montaña</u></p> <p><u>Exposición 1: Dra. Beatriz Fuentealba Durand</u> (INAIGEM, Huaraz)</p> <p style="text-align: center;">Principales líneas de investigación y avances del INAIGEM en el entendimiento de los ecosistemas de montaña</p>
15:00 – 15:30	<p><u>Exposición 2: Dra. María Claudia Segovia Salcedo</u> (Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí, Ecuador)</p> <p style="text-align: center;">Investigación en ecosistemas de montaña en el Ecuador: El caso de los bosques de <i>Polylepis</i></p>
15:30 – 16:00	<p style="text-align: center;">Panel: Avances en la investigación en ecosistemas de montaña</p> <p style="text-align: center;">Panelistas: Ing. Hugo Carrillo Vargas y Dr. Javier Ñaupari Vásquez</p>
16:00 – 16:15	Preguntas del público asistente
16:15 – 16:45	Receso para el café
16:45 – 17:15	<p style="text-align: center;"><u>Temática: Glaciares Tropicales</u></p> <p><u>Exposición 1 : Dr. Jan Klimeš</u> (Academia de Ciencias de la República Checa, Praga)</p> <p style="text-align: center;">Retroceso glaciar y sus efectos para la estabilidad de los taludes rocosos y morrénicos – Cordillera Blanca - Perú</p>

17:15 – 17:45	Exposición 2 : Dr. Jhan Carlo Espinoza Villar (Institut de Recherche pour le Développement - IRD, Grenoble, Francia) Conectividad hidroclimática entre la Amazonía y los Andes Tropicales: Nuevas evidencias y perspectivas futuras
17:45 – 18:15	Panel: Avances en la investigación en glaciares tropicales Panelistas: Lic. Waldo Lavado Casimiro y Dr. José Úbeda Palenque
18:15 – 18:30	Preguntas del público asistente
18:30 – 18:45	Explicación de la metodología de trabajo para el tercer día del Simposio

12 DE DICIEMBRE

8:30 – 10:00	Presentación de las investigaciones en modalidad de póster
10:00	Instalación de las cuatro Mesas de Trabajo
10:00 – 10:40	<p style="text-align: center;"><u>Mesa de Trabajo 1: Ecosistemas de Montaña</u></p> <p style="text-align: center;"><u>Exposición 1: Dr. Vivien Bonnesoeur</u> (CONDESAN, Lima, Perú) <u>Exposición 2: Ing. Omar Varillas Vilchez</u> (Helvetas Perú, Lima, Perú)</p>
10:00 – 10:40	<p style="text-align: center;"><u>Mesa de Trabajo 2 : Glaciares Tropicales</u></p> <p style="text-align: center;"><u>Exposición 1: Dr. Thomas Condom</u> (Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble, Francia) ~ <u>Exposición 2: Ing. Karen Price Ríos</u> (Care Perú, Lima, Perú)</p>
10:00 – 10:40	<p style="text-align: center;"><u>Mesa de Trabajo 3 : Comunicación</u></p> <p style="text-align: center;"><u>Exposición 1: Ing. Musuq Briceño Delgado</u> (Helvetas Perú, Lima, Perú) <u>Exposición 2: Lic. Yulder Flórez Aguirre</u> (Asociación Arariwa, Cusco, Perú)</p>
10:00 – 10:40	<p style="text-align: center;"><u>Mesa de Trabajo 4 : Ciencias sociales y cambio climático</u></p> <p style="text-align: center;"><u>Exposición 1: Soc. María Teresa Oré</u> (Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima) <u>Exposición 2: Dr. Teófilo Altamirano Rúa</u> (Universidad de Texas en Austin, EE.UU.)</p>
10:40 – 11:10	Receso para el café
11:00 – 13:00	Discusión, análisis y conclusiones de cada Mesa de Trabajo
13:00 - 14:30	Receso para el almuerzo
14:30 – 15:00	<p style="text-align: center;">Dra. Gisella Orjeda Fernández (INAIGEM, Huaraz)</p> <p style="text-align: center;">Impacto del Geoportal, repositorio y revista digital INAIGEM en el conocimiento científico</p>
15:00 – 15:15	Exposición de las conclusiones de la <u>Mesa de Trabajo 1</u> : La investigación – políticas públicas y prácticas en ecosistemas de montaña
15:15 – 15:30	Exposición de las conclusiones de la <u>Mesa de Trabajo 2</u> : La investigación – políticas públicas y prácticas en glaciares tropicales
15:30 – 15:45	Exposición de las conclusiones de la <u>Mesa de Trabajo 3</u> : Estrategias, metodologías y herramientas para comunicar y posicionar los resultados de las investigaciones en políticas públicas y en la adaptación y mitigación al cambio climático, con énfasis en los ecosistemas de montaña y glaciares
15:45 – 16:00	Exposición de las conclusiones de la <u>Mesa de Trabajo 4</u> : Investigación social sobre los efectos del cambio climático que trascienden en políticas públicas
16:00 – 16:30	Conclusiones finales del Simposio “Las Montañas: Nuestro Futuro”
16:30 - 16:45	Mensaje conmemorativo por el Quinto Aniversario del INAIGEM Dra. Gisella Orjeda Fernández , Presidente Ejecutiva INAIGEM
16:30 – 17:00	Clausura del Simposio
17:00 – 17:30	Momento cultural: Música y danzas de la Región Cusco



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

RESÚMENES DE PONENTES



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

CONFERENCIAS MAGISTRALES



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

MÁS ALLÁ DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS MONTAÑAS: CAMBIOS SOCIO-AMBIENTALES EN LA SIERRA PERUANA

*Julio C. Postigo¹**

¹Department of Geography, Indiana University, Bloomington, Indiana, EE.UU.

*Email: jpostigo@iu.edu

Las montañas, tal y como las conocemos, son el resultado de la transformadora acción humana socialmente organizada. La milenaria interacción entre los sistemas de montañas y las sociedades humanas ha generado los sistemas socio-ecológicos de montañas (SSEM). Similarmente, los Andes peruanos (AP)—o la sierra—son el producto de la continua y milenaria co-evolución entre sus elementos biofísicos, sus características ambientales, y las actividades productivas llevadas a cabo por diversos grupos humanos organizados. Durante esta milenaria co-evolución, las distintas sociedades humanas asentadas en los AP han tratado de mediatizar o manejar, con distintos niveles de éxito, las perturbaciones ambientales y climáticas. Si bien parte de los niveles de éxito están en función de la magnitud, duración y cobertura de estas perturbaciones, gran parte de la gestión satisfactoria se explica por el contexto institucional, biofísico, socio-económico y tecnológico de las sociedades expuestas a las perturbaciones. Es decir, este conjunto de características no-climáticas, por un lado, media los efectos del cambio climático en la sociedad y, por el otro, determina las capacidades sociales de respuesta a perturbaciones climáticas ambientales.

A pesar de la relevancia y prevalencia del contexto no-climático, las agendas políticas y de investigación están dominadas por el cambio climático, lo que las lleva a escamotear la dimensión social tanto de la génesis del cambio climático como de la vulnerabilidad frente a este. Esta presentación abordará algunos de los efectos del cambio climático en la sierra peruana, para luego plantear algunos de los procesos no-climáticos y sus efectos en esta misma zona. Por último, se esbozarán algunas de las trayectorias por las que estos procesos inciden en la vulnerabilidad social frente a la creciente variabilidad climática—derivada del cambio climático antropogénico—y comprometen tanto la continuidad de las funciones y servicios ecosistémicos que AP proveen, como la reproducción social de las poblaciones sociales que los habitan.

EL REGISTRO COSMOGÉNICO GLACIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ANDES PERUANOS: RESULTADOS DEL PROYECTO FONDECYT 144-2015

José Úbeda Palenque^{1,2,3*}, Javier de Marcos¹, Estibene Vásquez², Ronald Concha³, Pablo Masías², Mariette Bustamante⁴, Rossella Gómez⁴, Joshua Iparraguirre³, Ítalo Barrientos², Gonzalo Luna², Igor Astete²

¹Departamento de Geografía. Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España

²Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú

³Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, Huaraz, Perú

⁴Guías de Espeleología y Montaña, Madrid, España

*Email: joseubeda@ucm.es

Este trabajo presenta 71 edades de exposición a la radiación cósmica (berilio-10) de fases de avance y retroceso de glaciares andinos. Proporcionan cronologías glaciares para 3 áreas de estudio alineadas en un transecto norte-sur de la cordillera occidental de los Andes Centrales: al suroeste de los nevados Hualcán (Cordillera Blanca; 6122 m; 9°S; región Ancash) y Pariacaca (5758 m; 12°S; región Lima) y al sur del Cerro Ticlio Ticlio (5400 m; región Arequipa). Las cronologías fueron obtenidas por investigadores del proyecto FONDECYT 144-2015. En dichas áreas de estudio se recogieron muestras de 1-2 kg de roca, en superficies de bloques morrénicos (datan avances glaciares) y lechos rocosos con pulimento glaciar (datan fases de deglaciación).

La preparación mecánica de las muestras se realizó en Perú. Consistió en moler y pasar las muestras por torres de tamices para separar la fracción fina. Dicha fracción se envió al laboratorio CEREGE (Francia), donde investigadores peruanos, instruidos por científicos del CEREGE, realizaron la preparación física y química de las muestras.

En primer lugar, las muestras se pasaron por un separador magnético Frantz, para seleccionar cuarzos y feldespatos no magnéticos. Las muestras resultantes se atacaron con ácidos para eliminar los feldespatos. De ese modo se obtuvieron 71 micro-muestras de cuarzo puro, que se revisaron con una lupa óptica para controlar la calidad del cuarzo. Nuevos ataques ácidos pulieron la superficie de los cuarzos para descartar la presencia de berilio atmosférico. El berilio cosmogénico, se extrajo pasando las muestras diluidas en ácido por columnas de resinas, para eliminar aniones contaminantes positivos y negativos. Posteriormente, las muestras fueron procesadas para oxidar el berilio.

El recuento de átomos se realizó disparando 71 nano-muestras de óxido de berilio a través del acelerador de partículas ASTER (CEREGE). El recuento de berilio se transformó en edades glaciales cosmogénicas en la herramienta online CRONUS. Los resultados proporcionan información de gran interés científico, sobre la evolución de los glaciares como respuesta al cambio climático desde hace ~100 000 años (~100 ka):

- Hualcán: la correlación de 27 edades glaciales con otros proxies paleoclimáticos sugiere la existencia de una teleconexión del enfriamiento del Hemisferio Norte con la humedad de los Andes Centrales, a través de la Zona de Convergencia Inter-Tropical. Es una relación observada en escalas de miles de años, a lo largo del Last Glacial Cycle (desde hace 120 ka hasta el presente).
- Pariacaca: la acumulación de berilio-10 y el contexto geomorfológico de 18 muestras datan una fase de máxima expansión temprana de los glaciares hace 48-32 ka, como un prólogo previo y mayor que el Last Glacial Maximum (LGM; 26-19 ka).

- Cerro Tiello Tiello: las cronologías de 3 lechos rocosos con pulimento glaciario y la erosión generalizada de morrenas que habían sido previamente depositadas por los glaciares (sugerida por 26 muestras), indica la retirada de masas de hielo que cubrían superficies a 4900 m, hace 11-10 ka. Tanto la cronología como la altitud coinciden con edades previamente publicadas por el mismo equipo en el Nevado Coropuna, 20 km hacia el oeste, a la misma altitud y contexto geomorfológico y con orientación parecida. La cronología de la deglaciación es más tardía que en áreas de estudio algo más bajas y mucho más húmedas de los Andes peruanos, abriendo interrogantes muy interesantes para continuar desarrollando la misma línea de investigación.

Tomados en conjunto, los resultados de las 3 áreas sugieren la necesidad de obtener un registro estratigráfico de las influencias glacio-positivas procedentes del Océano Pacífico (ENSO), para completar la disponibilidad, mucho más abundante, de evidencias de influencias glacio-positivas amazónico-atlánticas. Dilucidar esas cuestiones implicaría contribuir significativamente al conocimiento del cambio climático a escala mundial.

El proyecto FONDECYT 144-2015 ha culminado con éxito 3 años de campañas de trabajo de campo y laboratorio, seguidos por dos meses de estancia en uno de los laboratorios cosmogénicos con mayor prestigio científico del mundo (CEREGE). También ha generado sinergias interinstitucionales e internacionales para contribuir al desarrollo de la investigación peruana en glaciares y cambio climático. La interpretación preliminar que se presenta en este trabajo, se inicia con la publicación científica de los resultados, a la espera de 42 muestras de Hualcán y Pariacaca, que están siendo tratadas en el CEREGE, recogidas para completar los resultados indicados por las primeras 71 dataciones.

CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS, COMO MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Bert De Bièvre^{1}*

¹Fondo para la Protección del Agua - FONAG, Quito, Ecuador

*Email: bert.debievre@fonag.org.ec

Los ecosistemas andinos son fundamentales para la provisión de servicios ecosistémicos, particularmente los hídricos, a la población andina y a la de zonas bajas de zonas aledañas. Estos servicios se ven afectados por diferentes factores de presión y amenazas, entre ellos el cambio climático.

Hoy existe mucho interés de la sociedad para invertir recursos por medio de diferentes mecanismos, en la conservación y recuperación de servicios ecosistémicos. Estos esfuerzos no siempre tienen la misma efectividad y se ven seriamente limitados por vacíos de conocimiento o por ejecución no apegada al estado de conocimiento.

Se describe el portafolio actual de intervenciones en ecosistemas andinos del Fondo para la Protección del Agua de Quito-Ecuador (FONAG), y tendencias en este portafolio durante sus 20 años de vida. Se dará énfasis en la necesidad de contar con un portafolio diverso, y en la estrategia de monitoreo de impacto, es decir la cuantificación de los beneficios en calidad y cantidad de agua de las diferentes intervenciones, para la cual el FONAG sigue los lineamientos de la Iniciativa de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA). Esta información es insumo para análisis económicos de retorno a la inversión de los constituyentes del fondo.

En un contexto de cambio climático, la conservación y recuperación de ecosistemas andinos es más necesaria que nunca, también en áreas donde estos no tienen un vínculo con glaciares.

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL IMPACTO DEL RETROCESO GLACIAR EN EL PLANETA

*Álvaro Soruco Sologuren¹**

¹Instituto de Geología y del Medio Ambiente – IGEMA, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia

*Email: alvaro.soruco@gmail.com

Los cambios climáticos han sido documentados desde el inicio de la historia de nuestro planeta. Estos cambios climáticos han sido graduales o abruptos y se han producido por diversas causas. Las principales causas están relacionadas con cambios de los parámetros orbitales o los ciclos de Milankovitch, variaciones de la radiación solar, la deriva continental, periodos de vulcanismo intenso, procesos bióticos o impactos de meteoritos. Para que se genere un cambio climático a escala global, debe producirse algún forzamiento climático o forzamiento radiativo, es decir, que debe existir una modificación de la cantidad de energía solar que recibe el sistema climático, o la cantidad de energía que pierde por emisión el sistema climático. En otras palabras, los forzamientos climáticos corresponden a factores que modifican el balance de energía del sistema climático terrestre. Los principales forzamientos climáticos corresponden a, cambios en la emisión de la radiación solar, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas y en la órbita de la Tierra, que pueden modificar la distribución de energía y el equilibrio térmico, alterando así profundamente el clima de nuestro planeta. Actualmente, en nuestro planeta, se observa un cambio climático de origen antropogénico (proceso biótico) y se ha demostrado que está relacionado fundamentalmente con la intensificación del efecto invernadero (modificación de la composición atmosférica), producto de las emisiones industriales procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Una de las principales consecuencias de este cambio climático, corresponde al retroceso de los glaciares en el Planeta. Prácticamente la totalidad de los glaciares en el planeta están perdiendo masa de manera continua en la actualidad. Este año, se celebran 125 años de colaboración internacional de mediciones glaciológicas (1894 - 2019) iniciada por la Comisión Internacional de Glaciares (CIG por sus siglas en francés), y mantenida por diversas comisiones internacionales hasta la fecha. En la actualidad, la responsabilidad del mantenimiento y organización de estas observaciones corresponde a la World Glacier Monitoring Service (WGMS por sus siglas en inglés). Actualmente, la WGMS, concentra un total de 450 glaciares medidos mediante el método glaciológico tradicional, y aproximadamente 19,130 glaciares medidos mediante el método geodésico. Considerando el promedio del balance de masa acumulado específico, el cual corresponde a una lámina de agua fundida sobre toda la superficie de un glaciar, entre 2006 y 2016, los glaciares de los Andes del Sur (Patagonia) han perdido aproximadamente -40 m de agua equivalente, que corresponde a la pérdida más negativa registrada comparada con diferentes regiones del planeta, los glaciares de Latitudes Bajas o Tropicales han sufrido una pérdida cercana a -30 m de agua equivalente. Tomando en cuenta la superficie cubierta por los glaciares en diferentes regiones del planeta o en otras palabras lo que correspondería a un volumen de agua derretido, Alaska presenta una pérdida de -3,019 Gt, la región de los Andes del Sur registra una pérdida de -1,208 Gt en tercer lugar, mientras que los glaciares de la región tropical representan una pérdida muy pequeña en volumen, debido al pequeño tamaño de los glaciares en esta región del planeta. El derretimiento generalizado de los glaciares en todo el planeta, ocasionara además impactos sociales importantes. Uno de los principales impactos corresponderá a la disponibilidad de recursos hídricos, en regiones marcadas por una época seca y una época húmeda (región intertropical del planeta), donde los glaciares actúan regulando los regímenes hidrológicos a lo largo de un año. Otro impacto que actualmente se observa en diferentes regiones del planeta corresponde a los riesgos asociados al retroceso de glaciares. Finalmente, y a mayor largo plazo, se espera el incremento del nivel medio de los océanos, principalmente relacionado con el derretimiento de los grandes casquetes polares.

LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

EXPOSICIONES TEMÁTICAS

INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES E INVESTIGACIONES GLACIOLÓGICAS EN EL PERÚ

Jesús Gómez López^{1}*

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, Huaraz, Perú

*Email: rgomez@inaigem.gob.pe

Se sabe que el Perú es uno de los países mega diversos en el mundo, debido a su privilegiada ubicación latitudinal y cadenas montañosas que se extienden de norte a sur a través de las cordilleras Oriental, Central y Occidental. Su punto más bajo es la depresión de Sechura (34 m por debajo del nivel del mar) y el más alto, el nevado Huascarán (6757 m s.n.m.), características únicas que han permitido que posea una diversidad de climas y de ecosistemas, facilitando el desarrollo y el asentamiento de poblaciones en casi todos los pisos altitudinales.

Siendo un país de montañas, es importante resaltar que el Perú alberga al 68% de los glaciares tropicales del mundo (Veettil & Kamp, 2019), que están en los Andes peruanos y que proporcionan el agua que sostiene la vida y las múltiples actividades económicas de una población de millones de personas a lo largo de la costa, sierra y selva (que incluyen el consumo de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, entre otras). En esta relación montaña y hombre, hay un profundo desequilibrio entre sociedad y la disponibilidad de agua; pues, se sabe que a lo largo del litoral costero, vertiente occidental, se asienta el 66% de la población del Perú y solo cuenta con el 2.2% de disponibilidad de agua (ANA, 2019).

Lo anterior, nos motiva a seguir estudiando los glaciares tropicales, especialmente los que corresponden al Perú son glaciares de los trópicos externos, donde el régimen glaciológico determina que la acumulación (proceso en la que un glaciar gana masa) se da exclusivamente en la época húmeda, mientras que la ablación (proceso en la que un glaciar pierde masa) se da todo el año, en consecuencia la mayor ablación se produce en la época de lluvias, temporada en la que no se necesita agua, debido a que las lluvias cubren ampliamente todas las demandas, mientras que en la época seca es menor (Kaser et al., 2002). Estudios hidrológicos en la unidad hidrográfica del río Santa prevén que, por el acelerado retroceso de los glaciares, el flujo irá decayendo. De seguir esa tendencia, la tasa de descargas actuales podría perder hasta el 30% de agua en época seca (Baraer et al., 2012).

El INAIGEM tiene como finalidad fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de las 18 cordilleras glaciares del Perú, así como en todos los ecosistemas de montaña, donde el agua se encuentra en su estado sólido (glaciares, nieve, permafrost, glaciares rocosos) $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, de esta manera se puede entender la dinámica de los glaciares en términos de proveedores de agua, así como de los riesgos asociados a los mismos, e investigar su rol en el equilibrio de los ecosistemas y los servicios ambientales que proveen (p. ej., la regulación hídrica), en el contexto del cambio climático y la variabilidad climática. Para lograr dichos propósitos, es importante contar con el Inventario de Glaciares y las investigaciones aplicadas, que sirvan a los tomadores de decisión y sean para el beneficio de las poblaciones que viven o se benefician de los ecosistemas de montaña.

PERSPECTIVA GLOBAL DEL RETROCESO DE LOS GLACIARES TROPICALES

Dirk Hoffmann^{1}*

¹Instituto Boliviano de la Montaña – BMI, La Paz, Bolivia

*Email: dirk.hoffmann@bolivian-mountains.org ; dirk.hoffmann@berlin.de

A pesar del derretimiento acelerado desde comienzos de la década de los años 80 del siglo pasado, los glaciares tropicales aún existen en tres continentes: en Indonesia (provincia Papua / Irian Jaya); en África oriental (Kenia, Uganda y Tanzania) y en los países de los Andes sudamericanos (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia).

El 99% de los glaciares tropicales se ubica en los Andes, lo que justifica enfocar la discusión sobre el impacto de su retroceso en esta región. Sin embargo, gracias a su distribución en las diferentes regiones del globo, es que se ha podido constatar que el cambio climático es la principal causa de su retroceso.

El objetivo de la presentación es, por un lado, ofrecer un panorama global del estado actual y de las perspectivas de los glaciares tropicales. Por el otro lado, resaltar algunos puntos de relevancia para el debate y la investigación.

Debido a su cercanía al ecuador, su reducido tamaño y su corto tiempo de reacción frente a cambios en las condiciones ambientales, los glaciares tropicales son muy sensibles a las variaciones climáticas. El Informe Especial sobre un Calentamiento de 1,5 °C (SR1.5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) constata, que incluso con políticas ambiciosas de mitigación en línea con los requerimientos del Acuerdo de París, la gran mayoría de los glaciares tropicales no podrá sobrevivir este siglo. Solo aquellos ubicados en Perú y Bolivia, de gran tamaño y con áreas de acumulación a elevaciones muy altas, podrán subsistir más allá del año 2100.

Entre los factores adicionales al cambio climático, que contribuyen al acelerado retroceso de estos glaciares es importante mencionar la influencia de la ocurrencia de eventos ENSO en su fase caliente para la región andina, el impacto de hollín de las quemadas de combustibles de ciudades cercanas, y el humo de las extensas quemadas anuales en la región amazónica, que oscurece la superficie de los glaciares y baja su albedo.

Como “almacenes de agua a gran altura”, los glaciares tienen una función primordial para el ciclo hidrológico y los ecosistemas de alta montaña. Debido a su gran sensibilidad climática, son importantes indicadores del cambio climático y constituyen archivos climáticos. Sin embargo, debido a su tamaño reducido en comparación global, el derretimiento e inminente desaparición - con la excepción de Perú - tiene impactos solamente a nivel local.

Entre los temas de investigación pendientes en relación a los glaciares de los trópicos externos (*outer tropics*) mencionaremos el impacto de una posible disminución de las lluvias como consecuencia de la deforestación a gran escala que tiene lugar en la región amazónica. Y otro tema pendiente, que recién se está comenzando a discutir en los ámbitos científicos, como son las alternativas para la adaptación a un mundo de alta montaña sin glaciares en las regiones tropicales.

Palabras clave: Glaciares tropicales, retroceso glaciar, cambio climático, Andes, impactos socio-económicos.

LOS ECOSISTEMAS FRÁGILES: BOFEDALES

*Juan Carlos Benavides Duque¹**

¹Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

*Email: jcbenavides@gmail.com

Los bofedales son un tipo particular de humedal de las montañas de los Andes en los cuales es común encontrar suelos orgánicos. La función ecosistémica principal de los bofedales es la acumulación de carbono en suelos compuestos principalmente por materia orgánica. Las bajas temperaturas, condiciones anóxicas y poca calidad del sustrato limitan la descomposición de las plantas cuando mueren y pasan a conformar el sustrato donde nuevas plantas crecen sobre restos no descompuestos por miles de años. Los bofedales pueden permanecer desarrollando su función por miles de años en ocasiones iniciando inmediatamente tras el retroceso glaciar. La estabilidad de los bofedales se puede alterar cuando ocurre un desbalance entre la producción y la descomposición de la materia orgánica convirtiendo estos sistemas en emisores netos de carbono. La estabilidad-resiliencia de los bofedales a los cambios ambientales es relativamente alta, como es evidenciado por la acumulación continua de materia orgánica por miles de años. Sin embargo, cambios ambientales como aumentos de la temperatura, drenaje, o fertilización producen efectos importantes sobre la descomposición incrementando las tasas de mineralización de la materia orgánica. Las condiciones de los bofedales hacen que solo ciertos tipos de plantas puedan habitar (y conformar) estos ecosistemas con una fuerte selección de especies que deben tolerar además de la inundación condiciones de pH poco favorables de los procesos biológicos. La diversidad de los bofedales es única con una alta diversidad funcional, formas de crecimiento y biológica. El gradiente de humedad del norte de los Andes desde los páramos húmedos hasta la puna o desierto de alta elevación en las regiones subtropicales con una diferenciación en las especies que forman los bofedales, pero con un funcionamiento (acumulación de materia orgánica) similar.

Las tasas de acumulación (crecimiento del bofedal) y la composición de especies han mostrado cambios importantes durante los últimos 25 años con incrementos importantes en la descomposición con efectos más intensos en las altas elevaciones. También un reemplazo de las especies formadoras de cojines como *Oxychloe* o *Distichia* por especies que forman bofedales a menores elevaciones como el musgo *Sphagnum* o *Carex*. Los bofedales son ecosistemas importantes como reservas de carbono almacenando más de 5 veces por unidad de área el carbono almacenado en zonas alpinas zonales y en ocasiones representando hasta el 16% de los inventarios de carbono nacionales. Las oportunidades que presentan su protección en términos de mitigación al cambio climático y los compromisos (NDC) adquiridos por los países en los acuerdos de cambio climático son únicas. Debemos tomar esta oportunidad como un empuje para generar información científica que permita desarrollar programas de reporte, verificación y monitoreo del papel de estos ecosistemas en la mitigación del cambio climático.

SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA BASADAS EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN MÓVIL Y SENSORES REMOTOS

Javier Ñaupari Vásquez^{1}*

¹Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
**Email: jnaupariv@lamolina.edu.pe*

Los pastizales altoandinos enfrentan amenazas climáticas y ecológicas. La variabilidad climática incrementa la vulnerabilidad de estos ecosistemas y las sociedades y formas de vida que de ella dependen debido al incremento de heladas, nevadas y sequías. Riesgos ecológicos como la degradación de pastizales, la pérdida de servicios ecosistémicos están latentes. La gestión del riesgo de desastres por parte del estado, de los gobiernos regionales y locales y los mismos productores se enfocan principalmente en la remediación más no en prevención debido a que no existe acceso a sistemas de información y tecnologías de información y comunicación para afrontar estos riesgos. Un sistema de soporte de decisiones como los sistemas de alerta temprana contribuye a evitar pérdidas y disminuir el impacto económico y material en las poblaciones vulnerables. En Estados Unidos, Kenia y Mongolia se utilizan sistemas de alerta temprana en ganadería (LEWS por sus siglas en inglés) para capturar la variación espacial de la producción de forraje en tiempo real. Sin embargo, la colección y sistematización de datos de suelo y vegetación para parametrizar el modelo base del LEWS se puede optimizar con el uso de tecnologías de la información y comunicación (TICs) como el aplicativo móvil Sistema de conocimiento potencial (LandPKS siglas en inglés). El LandPKS permite la colaboración de productores y personal de campo de instituciones públicas como el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sernanp) para realizar evaluaciones y monitoreo de pastizales. El modelo base del LEWS es el modelo de simulación de crecimiento de forraje (PHYGROW) que estima el crecimiento y producción de forraje a partir de datos de campo, índices de vegetación y clima. El Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria La Molina está realizando trabajos para parametrizar y validar el sistema de alerta temprano basado en tecnologías de información móvil y remota para el uso sostenible de tierras de pastoreo de la sierra central del Perú. En adición se viene usando sistemas aéreos no tripulados y cámaras multiespectrales que permiten validar el poder predictivo del LEWS en tierras de pastoreo.

BALANCE DE LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ: AVANCES, DESAFÍOS Y PRIORIDADES GESTIÓN INTEGRAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Gabriel Quijandría Acosta^{1}*

¹Viceministro de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú
*Email: gquijandria@minam.gob.pe

El cambio climático se ha convertido en uno de los desafíos más críticos para la humanidad, siendo un problema global que requiere una respuesta de acción colectiva.

Impactos del cambio climático

Algunos de éstos son la proliferación de vectores; escasez de agua; alteración en la agricultura; entre otros. En ese sentido, si no actuamos se estima que su impacto en el Producto Bruto Interno del Perú significaría una reducción en un 6.8% al 2030.

El valor de las montañas para nuestro desarrollo

En los Andes Peruanos habita el 32% de nuestra población, quienes perciben directamente el impacto del cambio climático en sequías o inundaciones, cambios extremos en la temperatura y deshielo de los glaciares. En los últimos 40 años, los glaciares del Perú han sufrido la pérdida de su superficie en más de 40% con respecto a resultados de los años 70.

La Gestión Integral del Cambio Climático

Es la incorporación de acciones para hacer frente al cambio climático en el proceso de desarrollo del país a través de políticas públicas que se ejecutan con un espíritu participativo, multisectorial, multinivel y multiactor, conforme el mandato de la Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC). Para ello, posee cinco líneas de acción, en cada una de las cuales se han dado significativos avances:

- **Fortalecimiento de la Institucionalidad:**
Culminación de la consulta previa del Reglamento de la LMCC con las organizaciones indígenas e Inicio de la última etapa para la reglamentación.
- **Implementación multisectorial:**
Generación de agendas sectoriales para la implementación de las NDC y articulación multinivel con los Dialoguemos Regionales.
- **Implementación multinivel:**
Vinculación de las NDC con las prioridades regionales y un cronograma tentativo para la actualización de las NDC, desde un enfoque territorial.
- **Implementación multiactor:**
Generación de procesos de involucramiento con el sector privado y financiero.
Coordinación con organizaciones de los PPII, Jóvenes, Mujeres y Sociedad Civil.
Articulación Multisectorial con la cooperación internacional.
- **Financiamiento de las NDC:**
Búsqueda y financiamiento para implementar las NDC a través de proyectos.
Presentación de proyectos para implementar condiciones habilitantes de las NDC.

El Compromiso Climático del Perú (NDC)

El Perú hace frente al cambio climático formulando metas de adaptación y mitigación expresadas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). En ellas involucra a todos los sectores y actores de la sociedad.

En adaptación establecen objetivos para reducir los niveles de vulnerabilidad en cinco ejes temáticos priorizados: agua; agricultura; pesca y acuicultura; bosques y salud. Por su parte, en su componente de Mitigación propone una reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, proyectada para el año 2030 en un escenario Business as Usual (BaU) y un 10% adicional condicionado al apoyo de la cooperación internacional.

Aporte del compromiso climático al proceso de desarrollo del país

La implementación de las NDC nos permite también cumplir con las metas de Objetivos de Desarrollo Sostenible; avanzar en el proceso de incorporación OCDE; incrementar la competitividad de las actividades económicas y asegurar un desarrollo sostenible.

LAS CONTRIBUCIONES NACIONALMENTE DETERMINADAS: EL COMPROMISO CLIMÁTICO DEL PAÍS Y SU VÍNCULO CON LAS MONTAÑAS

Silvia Cristina Rodríguez Valladares^{1}*

¹Directora de Adaptación al Cambio Climático y Desertificación, Dirección de Cambio Climático y Desertificación, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú

*Email: srodriguez@minam.gob.pe

Existe evidencia científica sobre los efectos del cambio climático en nuestras montañas, y de los riesgos y oportunidades que se generan a partir de estos procesos. A la fecha más del 40% de glaciares tropicales de nuestro territorio han desaparecido, pero también se cuenta con información que a futuro 287 nuevas lagunas se formarían (equivalente a 231 millones de m³, con una alta probabilidad que un 30% inicien su desarrollo en la primera mitad del siglo, 40% en segunda mitad del siglo).

En este contexto, se incrementarían los riesgos para la población, medios de vida e infraestructura derivados por los potenciales efectos de las inundaciones y desbordos provocados por el desprendimiento de bloques de hielo (glaciares inestables) y recesión glaciaria en diferentes zonas de alta montaña del Perú. Pero también, habría oportunidades ante nuevos potenciales de uso y almacenamiento de agua de origen glaciario.

Tomando en cuenta ello, el Perú hace frente al cambio climático formulando metas de adaptación y mitigación expresadas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). En ellas se involucra a todos los sectores y actores de la sociedad en torno a objetivos comunes para la sostenibilidad del país.

De este modo, nuestro país ha considerado como áreas prioritarias en sus NDC de adaptación: Agua, Agricultura, Pesca, Bosques y Salud. De dichas áreas temáticas, la que corresponde a “Agua” tiene una mayor incidencia en las poblaciones rurales ligadas a la agricultura familiar, las comunidades campesinas y nativas, pero también ciudades y poblaciones urbanas con dependencia de los servicios ecosistémicos hídricos que proveen nuestras zonas de montaña, considerando también los riesgos y oportunidades potenciales asociadas al cambio climático en la disponibilidad hídrica en términos de cantidad, calidad y oportunidad.

La NDC de Agua se integran por 31 medidas de adaptación que buscan como objetivo “impulsar y promover acciones y proyectos que incrementen la disponibilidad del agua frente al Cambio Climático” en cuatro componentes (uso poblacional, uso agrario, uso energético, gestión multisectorial) relacionados con la provisión de servicios básicos que tienen el agua como insumo, en cada uno de ellos se aplican enfoques transversales como es la adaptación basada en cuencas y ecosistemas, la gestión de los riesgos de desastres, la infraestructura pública resiliente, el enfoque de pobreza, el enfoque de género e interculturalidad.

Para la implementación de estas medidas es relevante la acción del Estado en procesos que ya están en curso y que tienen gran potencial de implementarse en zonas de montaña. Estos son:

- Fortalecer sistemas de alerta ante eventos extremos (sequías, inundaciones, avalanchas y peligros de origen glaciario).
- Incrementar la infraestructura física y seguridad (reservorios, embalses) para garantizar el aprovechamiento del agua multisectorial en época de estiaje.
- Conservar y recuperar la infraestructura natural para la provisión del servicio ecosistémico hídrico.

De este modo, la respuesta peruana al cambio climático permite al país contar con una visión de desarrollo a largo plazo, mirando el futuro con los ojos de la sostenibilidad y considerando acciones que contribuyan a la mejora de la calidad de vida de todos los peruanos.

PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y AVANCES DEL INAIGEM EN EL ENTENDIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Beatriz Fuentealba Durand^{1}*

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, Huaraz, Perú

*Email: bfuentealba@inaigem.gob.pe

La Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña del INAIGEM tiene entre sus funciones el desarrollo de investigaciones en el ámbito de los ecosistemas de montaña, a nivel nacional e incluyendo la vertiente occidental y oriental de la Cordillera de los Andes. Sin embargo, debido a las restricciones de presupuesto y personal ha sido necesario priorizar nuestro ámbito de intervención. Por ello, se presentan las cuatro líneas de investigación que desarrollamos actualmente:

1) **Evaluación integral de riesgos**, que busca incorporar al análisis de riesgo tradicional, la evaluación de la vulnerabilidad de los medios de vida de las poblaciones rurales. Para ello se están usando dos estudios de caso en Ancash para desarrollar una propuesta que integre la caracterización social, ecológica e hidrológica, que a la vez permita evidenciar la importancia de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas de montaña a los medios de vida rural. Asimismo, como parte de esta línea de investigación, se está iniciando la evaluación del potencial impacto del retroceso glaciar en la calidad del agua, como otro riesgo para los medios de vida.

2) **Identificación de estrategias de adaptación ante el cambio climático**, incorporando tanto conocimientos y tecnologías tradicionales, como la investigación científica. En esta línea de trabajo se están desarrollando dos investigaciones, una identificando especies fitorremediadoras que ayuden a mejorar la calidad del agua con alta concentración de metales; y otra para identificar especies de pastos nativos, deseables para el ganado, y con tolerancia ante las heladas.

3) **Desarrollo de herramientas de evaluación de la condición de los ecosistemas de montaña**, a partir de la investigación de los procesos ecológicos y sociales que ayudan a mantener dichos ecosistemas. Este año se ha iniciado la evaluación del valor cultural de los rodales de *Puya raimondii* y la evaluación ecológica de bosques de queñual, sujetos a diferentes niveles de intervención humana. Este año también se han explorado metodologías de percepción remota que nos ayuden a la identificación de ecosistemas de montaña, en una escala más fina. Finalmente, se están desarrollando evaluaciones relacionadas con la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con la regulación hídrica, para proponer nuevas metodologías para el desarrollo de este tipo de trabajos.

4) **Estrategias para la recuperación de ecosistemas de montaña**, este año se ha trabajado principalmente con la identificación de estrategias para hacer un mejor manejo y que permitan la recuperación de pastizales naturales. En este tema se tienen tres investigaciones en proceso: cercar áreas de pastoreo para excluir el ingreso del ganado; controlar la carga animal; y sembrar trébol mejorado.

Todas estas investigaciones, en proceso, buscan contribuir al conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas de montaña, incorporando la relación con las sociedades que albergan. Esto permitirá hacer evidente la importancia de estos ecosistemas para los medios de vida rural y urbanos, y así favorecer procesos para su conservación y recuperación.

INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN EL ECUADOR: EL CASO DE LOS BOSQUES DE *POLYLEPIS*

María Claudia Segovia Salcedo^{1*}

¹Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Sangolquí, Ecuador

*Email: mcsegovia@espe.edu.ec

Los bosques de *Polylepis* se distribuyen con frecuencia como parches aislados rodeados de páramo, cuya distribución actual se debe, en gran parte, a la influencia antropogénica en los Andes por miles de años. La distribución de las especies va desde los 2900 hasta 4400 m, pocas especies limitadas a los Andes del Norte y el resto distribuidas en el Sur, lo que podría deberse a la diferente historia geológica de estas zonas en Ecuador. En el Ecuador encontramos siete especies nativas y una introducida de *Polylepis*. Durante los últimos años hemos trabajado en aspectos relacionados a taxonomía, conservación, y desafíos que enfrentan estos bosques en Ecuador. En taxonomía se han identificado varios híbridos e incluso se evidencia eventos de introgresión interespecífica, lo cual dificulta su identificación mediante morfometría geométrica y técnicas moleculares. En conservación se evidencia que una gran parte de los bosques de *Polylepis* en el Ecuador no se encuentran en áreas protegidas e incluso las que lo están, siguen siendo amenazadas por causas antropogénicas. Adicionalmente, se ha demostrado el rol de la poliploidía en estas especies y la presencia de citotipos, algunos de ellos generados por procesos de reforestación y translocación de especies. Uno de los desafíos más importantes es determinar el impacto de la introducción *P. racemosa* en el Ecuador. Su rápido crecimiento, y adaptación la han convertido en una de las especies más solicitadas para procesos de reforestación. Actualmente se encuentra distribuida en toda la serranía ecuatoriana a excepción de la provincia de Loja. Su presencia puede generar problemas en la conservación genética de las especies ecuatorianas. Los estudios nos demuestran que estos bosques son fundamentales para la regulación hídrica de los ecosistemas altoandinos y como refugio de flora y fauna, de ahí la importancia de su manejo y conservación.

RETROCESO GLACIAR Y SUS EFECTOS PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES ROCOSOS Y MORRÉNICOS, CORDILLERA BLANCA – PERÚ

*Jan Klimeš¹**

¹Institute of Rock Structure and Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praga, República Checa

*Email: klimes@irms.cas.cz

Landslides of different types and origins are important landscape forming processes and natural hazard phenomena in glaciated Peruvian mountains. They also often represent the first segment in multi-hazard chain, which may further include formation of lakes with unstable landslide dams, triggering dangerous and far reaching floods from the lakes or destabilizing mountain glaciers development. Landslide role in formation high mountain environment had been so obvious that the first Andean inhabitants included them into their mythology recorded in the Huarochirí manuscript. It describes fight between God Pariacaca (rain) and Huallallo Carhicho (fire) which ended when the rain triggered rockslide damming mountain valley and forming lake where the fire was extinguished. Recent scientific findings suggest serious changes in landslide occurrences and reactivations since the mythological times. Main driver of these changes are long-term development and extremes in temperature and precipitations and globally observed rapid deglaciation. These conditions and resulting processes not only gradually deteriorate slope stabilizing forces, but may also act as immediate triggers of wide variety of dangerous slope deformations with possibly catastrophic effects on mountain inhabitants and infrastructure. The main preparatory factors affecting slope stability are ice melt inside cracks and removal of slope toe support by retreating mountain glaciers. At the same time, number of other processes (e.g. enhanced weathering rates on freshly exposed slopes, bed rock warming, thermo-mechanical fatigue) acts at the affected slopes and needs to be carefully considered when assessing long-term mountain slope stability and its future development. Earthquakes and extreme precipitations remain major triggers of landslides in Peruvian mountains, but heat waves represented by days with exceptionally high temperatures already described from European Alps, may be incorporated among them in the future. Despite numerous scientific works, there is still a critical lack of quantitative descriptions of triggering conditions for specific landslides, which would improve our assumptions about role of each of the slope stability factors. Studies using reliable, site-specific information to identify and quantify stability conditions leading to landslide initiations in high tropical mountains are still scarce. This contribution reports on two sites in the Cordillera Blanca, Peru, where detailed on-site geomorphological and geological investigation collected necessary information to perform 2D slope stability calculations quantitatively (calculating factor of safety) describing effects of selected environmental processes (e.g. glacier retreat, increased precipitation, seismic shaking) on the slope stability. One of the sites is the Palcacocha Lake moraine dam which material strength properties were carefully examined in laboratory (e.g. shear box test) as well as in-situ and used to calculate factor of safety under realistic scenarios. The second case study describes rock slope stability development at the Safuna Alta Lake, which catastrophically failed in 2002. Historical and recent topography along with carefully characterized strength of the rock slope allowed description of slope stability development since 1948 and assessment of recent hazard related to possible future sliding. Results of these two cases strongly advocate continuing in similar site-specific studies wherever mountain slopes may impose serious hazard to the society.

CONECTIVIDAD HIDROCLIMÁTICA ENTRE LA AMAZONÍA Y LOS ANDES TROPICALES: NUEVAS EVIDENCIAS Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Jhan Carlo Espinoza Villar^{1}*

¹Institut de Recherche pour le Développement – IRD, Grenoble, Francia

*Email: jhan-carlo.espinoza@ird.fr

Entender cómo el calentamiento global y las modificaciones en la cobertura del suelo afectan el ciclo hidrológico en la región andina es un desafío crucial para la sostenibilidad de los recursos hídricos y las actividades económicas de esta región. Las precipitaciones en los Andes tropicales están fuertemente relacionadas a las tasas de evapotranspiración del bosque amazónico, el cual, a su vez, se encuentra amenazado por el cambio climático y por intervenciones antrópicas, como la deforestación. Recientes estudios han documentado una intensificación del ciclo hidrológico en la cuenca amazónica asociados a cambios en la circulación atmosférica regional dominante (células de Hadley y Walker) desde finales del siglo XX. Esta intensificación implica una mayor frecuencia de lluvias intensas en la parte norte de la cuenca amazónica, principalmente entre diciembre y mayo, y una disminución de las lluvias entre junio y noviembre en el sur de la cuenca. Esto último ha producido un alargamiento del periodo seco en el sur de la Amazonía, lo que está directamente relacionado con un incremento de la mortalidad de la biomasa y una mayor frecuencia de incendios forestales.

Para finales del siglo XXI, los modelos climáticos estiman una extensión del período seco en la parte sur de la cuenca amazónica, lo cual podría modificar el clima amazónico haciéndolo más propicio para bosque estacional o sabana, en lugar de bosque tropical. Estos cambios en la cobertura vegetal en la Amazonía podrían alterar el régimen de precipitaciones en la región andina, mediante procesos relacionados a la disminución de la evapotranspiración y cambios en la circulación atmosférica regional. Esta presentación, realiza una síntesis de los principales estudios que han documentado esta problemática y muestra resultados de trabajos en curso sobre la conectividad entre la región amazónica y andina.



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

MESAS DE TRABAJO



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA: EL APOORTE DE LAS REVISIONES SISTEMÁTICAS EN PROMOVER LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LAS PRÁCTICAS ANCESTRALES EN PERÚ

Vivien Bonnesoeur^{1}*

¹Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN, Lima, Perú

*Email: vivien.bonnesoeur@condesan.org ; vivien.bonnesoeur@inshcondesan.org

Perú es uno de los países del mundo más vulnerables a los impactos del cambio climático en cuanto a seguridad del agua. En 2017, sucesivos estados de emergencia, causados primero por sequía y luego por inundaciones y deslizamientos de tierra como resultado de "El Niño Costero", demostraron la vulnerabilidad del país a los desastres naturales que amenazan la seguridad del agua.

- Los líderes peruanos han reconocido cada vez más el papel fundamental que debe desempeñar la infraestructura natural para enfrentar estos desafíos hídricos. Sin embargo, la falta de conocimiento sólido sobre los impactos hidrológicos de la infraestructura natural sigue siendo un cuello de botella para ampliar los proyectos de conservación y restauración.
- La revisión sistemática y el meta-análisis son métodos sólidos y transparentes de síntesis de evidencias para informar la toma de decisiones. Presentamos aquí los avances de tres revisiones sistemáticas sobre los impactos de 1) los bosques y la forestación 2) las prácticas locales de manejo del suelo y el agua (como zanjas de infiltración, manejo de humedales o terrazas) en los servicios hidrológicos en los Andes; y 3) los impactos de la infraestructura natural en la mitigación de los riesgos de lluvia extrema en las regiones secas de los Andes.
- Las conclusiones de estos estudios enfatizarán el consenso actual, las controversias y las brechas de conocimiento sobre el manejo de la infraestructura natural para la seguridad del agua en Perú.
- Enfatizaremos cómo el consenso actual, las controversias y las brechas de conocimiento sobre los servicios de los ecosistemas hidrológicos pueden promover la conservación y restauración de los ecosistemas peruanos o las prácticas ancestrales.

EXPERIENCIA DE DISEÑO DE PROGRAMA NACIONAL DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA: EL PUNTO DE PARTIDA PARA UNA POLÍTICA NACIONAL

Omar Varillas Vílchez^{1}*

¹Helvetas Perú, Lima, Perú

*Email: omar.varillas@helvetas.org

El Perú es atravesado por una cadena de montañas con diversos ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos hídricos, sea por los glaciares o por la regulación que permiten los ecosistemas de praderas, bosques, q'ochas o bofedales. Los servicios ecosistémicos hídricos permiten agua para el consumo humano y son un factor directo de producción para sectores como la acuicultura, agricultura, minería, energía, e indirectamente sustentan actividades como el turismo. El deterioro de los ecosistemas de montañas reduce la capacidad de proveer dichos servicios, con efectos importantes para la seguridad hídrica de la población asentada en estas zonas o de la que se beneficia de estos servicios aguas abajo. Hay considerable evidencia científica y manifestaciones de las percepciones sociales que relacionan el deterioro ambiental con la reducción en la calidad de vida de las personas.

En los últimos años la preocupación por la pérdida de los ecosistemas de montañas se ha incrementado como producto del cambio climático. Pero esta relación entre el “capital natural”, la provisión de los servicios ecosistémicos y el desarrollo sustentable no es nueva. Las manifestaciones de manejo de montañas y sus ecosistemas, e inclusive las de gestión de riesgos hidrometeorológicos en estos territorios, abundan, en un país que, como el Perú, tiene el arraigo de una rica herencia cultural que articuló al hombre andino con su medio.

Tomando como premisa la importancia que tiene el manejo de los ecosistemas de montaña en el país, cabe preguntarse, ¿cuánto se ha avanzado en un adecuado sistema de gobernanza y mecanismos institucionales que favorezcan acciones sostenibles en favor de los ecosistemas de montaña y por ende en los servicios ecosistémicos? Como primera reacción podría afirmarse que en los últimos diez años hubo avances importantes desde el Estado, con programas como Sierra Azul, los mecanismos de retribución de servicios ecosistémicos (MERESE), las tipologías de proyectos de inversión en diversidad biológica y servicios ecosistémicos, incorporación de iniciativas de siembra y cosecha de agua en intervenciones a nivel de la agricultura familiar (Haku Wiñay), entre otros.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, al parecer estas intervenciones no alcanzan los impactos suficientes que permitan mostrar un modelo interesante, más allá de lo local, en relación a recuperación o mejora de los servicios ecosistémicos hídricos en una cuenca. El año 2016 se hizo un esfuerzo desde el MINAGRI por impulsar el tema, orientándolo a la posibilidad de crear un Programa Nacional en el tema. Esta iniciativa tuvo como antesala un conjunto de foros realizados en diversas ciudades del país, con numerosa concurrencia y extraordinaria promoción por las autoridades regionales y locales de dichas zonas. Las experiencias presentadas fueron sistematizadas y publicadas con apoyo y asesoría de entidades de cooperación bajo la coordinación del Ministerio de Agricultura y Riego, recogiendo los aprendizajes de cada experiencia y los aspectos comunes; pero sobre todo, planteando el debate sobre **la posibilidad de escalar estas experiencias a una fuerte política nacional** orientada a la recuperación y mejora de los ecosistemas para incrementar los servicios ecosistémicos hídricos, que para efectos de familiaridad de las comunidades lo denominamos entonces “siembra y cosecha de agua”.

¿CUÁL ES LA RESOLUCIÓN ESPACIAL ÓPTIMA PARA CUANTIFICAR EL FUNCIONAMIENTO HIDRO-GLACIOLÓGICO DE UNA CUENCA DE MONTAÑA? EL CASO DEL MACIZO DEL ANTIZANA EN ECUADOR

*Thomas Condom¹**

¹Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Institut des Geosciences de l'Environnement (IGE), Grenoble, Francia
**Email: thomas.condom@ird.fr*

En el Laboratorio Mixto Internacional colaboran 12 instituciones (francesas, peruanas, bolivianas, ecuatorianas y colombianas) que trabajan para mejorar nuestros conocimientos sobre las relaciones entre el clima, los glaciares y los recursos hídricos. En esta charla veremos con ejemplos de los Andes Tropicales cómo la variabilidad climática – y en particular la precipitación – controla el funcionamiento de los glaciares y los caudales de los ríos aguas abajo. Además, veremos que en las zonas de montaña una buena caracterización de la variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones es un prerrequisito esencial por cualquier modelación hidro-glaciológica. Presentaré un caso de estudio con el macizo del Antizana en Ecuador, que es una de las fuentes de agua potable de Quito. Una comparación de diferentes productos de precipitación (satélites, in-situ, o de modelación) permite elaborar datos de entradas por el modelo hidro-glaciológico a base física DHSVM-GDM. Los resultados obtenidos y las técnicas utilizadas pueden servir como base para desarrollar investigaciones similares en los Andes.

INVESTIGACIÓN Y EVIDENCIAS COMO BASE DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN GLACIARES TROPICALES

Ing. Karen Price Ríos

¹Care Perú, Lima

*Email: kprice@care.org.pe

La evidencia es relevante para el diseño de políticas públicas, entendiendo evidencia no solo como data sino información procesada. La investigación orientada a generar evidencias aporta a reducir el margen de error de las decisiones, y en la experiencia del Proyecto Glaciares+ fue una estrategia decisiva, ya que la temática a trabajar estaba relacionada con el cambio climático (donde existen incertidumbres aún), la gestión de riesgos (de alta importancia pública) y los recursos hídricos (altamente valorados por la población).

El Proyecto Glaciares+ “Gestión del Riesgo y Uso Productivo del Agua Procedente de Glaciares” tuvo como objetivo construir y fortalecer las capacidades para la adaptación al cambio climático y reducir los riesgos asociados a los glaciares, garantizando la sostenibilidad de las intervenciones. Durante el desarrollo del proyecto, se comprendió que la información necesaria para cambios en decisiones políticas y por consiguiente en la inversión, debería ser presentada de una manera diferente. Fue la experiencia que desarrollamos con las investigaciones sobre la proyección de lagunas futuras, el impacto socio económico del retroceso glaciar en la cuenca del río Santa y la propuesta de proyectos multipropósito. <http://www.proyectoglaciares.pe/>

Para empezar, es importante identificar un problema público establecido en la agenda sectorial o intersectorial, para nuestro caso en las agendas vinculadas al agua y los riesgos. Definitivamente el contexto de cambio climático es el movilizador de nuestras acciones. Sin embargo, para algunos niveles de gobierno aún no era valorado o entendido. Esto no significó un cambio temático, sino más bien una estrategia para abordar el cambio climático desde otros temas, con el enfoque de ser la «oportunidad» de ir introduciendo prácticas de adaptación.

Se debe reconocer que cada actor necesita la información de manera diferente; un mapeo de usuarios de información, que categoriza por ejemplo los diferentes tipos de tomadores de decisiones (alcaldes, funcionarios técnicos, funcionarios en inversión, entre otros), cada uno tiene un particular interés y un rol diferente; y también categorizar al público en general (escolares, estudiantes, asociaciones de agricultores, juntas vecinales, comunidades) que finalmente son los demandantes de acciones por parte del Estado. En este punto en particular, las estrategias de comunicación (social, para el desarrollo, marketing, etc.) son de alta importancia. Y un reto particular es mejorar las habilidades del investigador en comunicarse con los diferentes actores.

Aquí un punto importante a tomar en cuenta es la reputación de ciertas instituciones y grupos que dan credibilidad a la investigación. Siempre el peso de una universidad o un instituto de investigación es valioso y trascendente, incluso mandatorio. Pero ¿qué pasa cuando estas instituciones son lejanas o poco conocidas en zonas rurales? Aquí no solo nos referimos a aquellas ubicadas en la capital, sino también a las que existen en las mismas zonas de influencia pero que tienen poca llegada a la población y sus autoridades, o baja capacidad de difusión de sus investigaciones. El «poder» del conocimiento y la información puede perder oportunidades de ser utilizados.

Las investigaciones mencionadas se desarrollaron con claridad sobre cuál es el problema público a resolver, el o los actores a quienes influir, sobre los mecanismos de comunicación a utilizar. A partir de la evidencia generada en base a las investigaciones se pudo trabajar con el sector economía el desarrollo de lineamiento para proyectos de inversión pública en sistemas de alerta temprana ante aluviones y proyectos multipropósito del agua.

HELVETAS PERÚ, EXPERIENCIA DESDE LA PRÁCTICA: CÓMO SENSIBILIZAR SOBRE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑAS DESDE LA COMUNICACIÓN PARA EL DESARROLLO

Musuq Briceño Delgado^{1}*

¹Helvetas Perú, Lima, Perú

*Email: musuq.briceño@helvetas.org

La ponencia presentará una serie de experiencias exitosas de sensibilizar sobre la importancia de las montañas a través de la comunicación para el desarrollo, y la articulación de acciones con socios locales, regionales y nacionales. Se presenta la experiencia de Helvetas Perú a través del Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC Perú), el Programa Bosques Andinos (PBA), el Programa SeCompetitivo, Proyecto Pachayachay - Pachayatiña: Gestión de Sequías en el altiplano peruano-boliviano y el apoyo al MINAM en la primera fase del Dialoguemos sobre las NDC.

Se hará un recorrido de los estilos de comunicar según los tipos de actores, los espacios y los canales; así como el trabajo articulado con la cooperación internacional, las entidades del estado, actores del desarrollo y la sociedad civil.

ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN E INCIDENCIA PARA LA CREACIÓN DEL CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS CUENCA INTERREGIONAL ALTO APURÍMAC CUSCO – APURÍMAC – AREQUIPA - PUNO

Lic. Yulder Flórez Aguirre^{1}*

¹Asociación Arariwa, Cusco, Perú

*Email: fabiyul@yahoo.es

La conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Interregional Alto Apurímac, se sustenta en uno de los principios básicos establecidos en la Ley de Recursos Hídricos: participación de la población; por la cual el Estado crea mecanismos para la participación de los usuarios, sociedad civil organizada, de manera conjunta con los sectores del Estado, para que tomen decisiones y asuman responsabilidades para poner en práctica soluciones frente a los problemas que afectan el agua en cuanto a cantidad, calidad, oportunidad, uso u otro atributo del recurso hídrico; requiriendo para ello contar con el conocimiento y legitimidad de la sociedad en su conjunto.

Según lo especifica el artículo 24° de la Ley de Recursos Hídricos- 29338, los Consejos de Recursos Hídricos son órganos de naturaleza permanente integrantes de la Autoridad Nacional del Agua, creados mediante Decreto Supremo, a iniciativa de los Gobiernos Regionales, con el objeto de participar en la planificación, coordinación y concertación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en sus respectivos ámbitos. Además, los Consejos donde existen dos o más Gobiernos Regionales son Consejos de Cuenca Interregional, como es el caso que asiste al Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Alto Apurímac, cuyo ámbito ha sido determinado por la agrupación de unidades hidrográficas indivisas, conforme a la demarcación aprobada por la Autoridad Nacional del Agua.

Un aspecto importante en este proceso ha sido constituir los grupos Impulsores integradas por los actores e instancias representativas en la gestión de recursos hídricos en las regiones y más específicamente en Cusco, región que lidera este proceso y está presidido por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Ambiente a cargo de la Mg. María Isabel Cazorla Palomino y la secretaría técnica por la Asociación Arariwa. Un aspecto importante en la gestión de esta instancia ha sido elaborar propuestas e impulsar instrumentos normativos y lineamientos de trabajo para su gestión, que le permitan incidir en las instancias y posicionarse como la generación de la ordenanza regional N°128-2016, ordenanzas locales, resoluciones de consejos municipales, generación de acuerdos con las comunidades y con la población rural, que le permita dar y mejorar la participación para su legitimidad.

Es todo este proceso un factor fundamental en este proceso de movilización y concertación ha sido, la construcción de una estrategia de comunicación, información e incidencia, que ha permitido fortalecer la educación ciudadana en el ámbito de la cuenca, desde el manejo de medios que le permita al grupo impulsor del consejo de cuenca, tener mayor relación e interlocución con las organizaciones, juntas de usuarios, líderes y lideresas, autoridades, jóvenes, funcionarios de los sectores; hasta elaborar instrumentos metodológicos y educativos, que permita fortalecer las capacidades y competencias de la población menos informada, hasta la toma de decisiones e incidir en las políticas públicas que mejoren las condiciones en la gestión social del agua. El medio de comunicación más posicionado en este proceso ha sido la “radio”, como una herramienta que se caracteriza por su llegada y amplitud, generando oportunidades para que la población pueda hacer uso de este medio a ello le siguen las redes sociales y otros medios alternativos de alcance local y global.

LA GOBERNANZA DEL AGUA EN EL PERÚ: EN EL ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

María Teresa Oré Vélez^{1}*

¹Departamento de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

*Email: teresa.ore@puccp.pe

Porqué es importante preguntarnos hoy en día, ¿Cuál es la situación de la gobernanza del agua en el País? ¿Por qué es importante hacer un balance a tres décadas de la introducción de las nuevas políticas económicas y a una década de la promulgación de la ley de Recursos Hídricos?

El agua, ha sido uno de los recursos naturales claves, para la introducción del nuevo modelo económico de los años noventa en las políticas públicas del país. Ello significó la apertura al mercado y a las nuevas inversiones, que llevaron al crecimiento económico y auge de las actividades extractivas y productivas en las últimas décadas como la minería, los hidrocarburos, la energía y la agro-exportación.

Todo ello, supuso cambios en el marco jurídico del agua, una nueva ley de Recursos Hídricos N° 29338 promulgada en el 2009 y cambios en la arquitectura institucional, con la creación de la Autoridad Nacional del Agua, (ANA) y las autoridades regionales como la Autoridad Administrativa del agua (AAA) y las autoridades locales de agua (ALAS). Se introdujeron nuevos términos como la Gestión Integrada del recurso hídrico (GIRH) o la importancia de la creación de los Consejos de Cuencas, el Desarrollo Sostenible. Todo ello, parece hablarnos de una modernización en la gestión del recurso hídrico. Sin embargo, es en la última década, que los conflictos socio-ambientales especialmente por el agua, se incrementaron en diversas regiones del país: En la Sierra norte, centro y sur, en la amazonia y también en algunos valles de la costa.

Hoy en día, el agua es un tema sensible para la población urbana y rural, precisamente frente a problemas que en la década de los años noventa no se percibían como la escasez del agua en algunos valles, la contaminación de ríos y lagos, la depredación de los acuíferos de agua subterránea, la recurrencia de eventos naturales como El Niño (2007, 2017) o el impacto que viene significando el cambio climático, particularmente para las poblaciones más vulnerables y para los ecosistemas y cuencas hidrográficas.

Hoy en día la necesidad de cuidar y preservar las fuentes de agua, la necesidad de una acción colectiva viene cobrando una mayor importancia frente a las limitaciones que viene presentando el mercado y el Estado. De allí la importancia de plantearnos la necesidad de realizar un balance de la situación que atraviesa la gobernanza del agua en el país en el nuevo escenario del cambio climático.

CAMBIO CLIMATICO, MONTAÑAS Y DESPLAZAMIENTO HUMANO

Teófilo Altamirano Rúa^{1}*

¹Departamento de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

*Email: taltami@pucp.edu.pe

La presentación, es el resultado de una investigación sobre: Cambio Climático, Ambiente y Migración que empezó desde el año 2009 hasta el 2018. En el año 2014, publique un libro titulado: Desplazados ambientales: Cambio climático y migración forzada. Este libro es el resultado de un trabajo de campo en el nevado del Huaytapallana, la cuenca del río Shullcas y la ciudad de Huancayo. Posteriormente, se hizo otro trabajo de campo más extensivo en la misma área que incorpora datos más actualizados sobre la relación entre migración, ambiente y cambio climático.

La exposición que presentare en el Simposio Internacional sobre Montañas: Nuestro Futuro (Cusco, 10 al 12 de diciembre del 2019) son los resultados de esta nueva investigación.

La investigación vincula la relación entre cambio climático, la desglaciación, degradación ambiental y los desplazamientos humanos en la sierra central del Perú en el área de estudio que incluye la selva central, las ciudades de Huancayo y Lima metropolitana.

Para el efecto, se hizo un trabajo de campo con un equipo de investigación que analizo los antecedentes sobre el tema, con los efectos del cambio climático en la reserva de la cordillera del Huaytapallana como es la desglaciación, la calidad y cantidad del agua para la actividad agropecuaria y el consumo humano en la cuenca del Shullcas y en la ciudad del Huancayo que consume el 50 por ciento del agua y que se origina en la cordillera en mención.

Todos estos componentes se analizaron para explicar los desplazamientos humanos desde las partes más altas de la cuenca a las más bajas, la ciudad de Huancayo, Lima y la ceja de selva.

LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

PÓSTERES



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

GLACIARES



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

INTERPRETACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA GLACIAL PARA EL ANÁLISIS PALEO-CLIMÁTICO EN EL VALLE RANRAHIRCA, CORDILLERA BLANCA, PERÚ

Ronald Concha Niño de Guzmán^{1*}, Joshua Iparraguirre¹, Hilbert Villafane¹, José Úbeda Palenque², Harrinson Jara¹

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

²Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

*Email: ronaldconcha1@gmail.com

El intenso modelado glacial ocurrido durante el periodo Cuaternario en la Cordillera Blanca (CB), originó impresionantes paisajes montañosos, con profundos valles esculpidos por glaciares. Este trabajo, pretende contribuir al conocimiento y comprensión del retroceso glacial, experimentado en el valle Ranrahirca (~9°3'S-77°37'O), que alberga extensas masas de hielo y morrenas bien conservadas, que registran su antigua expansión y proporcionan valiosa información para interpretar algunas variables paleo-climáticas.

Este trabajo, se enfoca en la evolución glacial, sufrida desde la Pequeña Edad de Hielo (PEH), que fue el último periodo frío globalmente reconocido. En los Andes Centrales, este periodo tuvo lugar entre los años ~1500 y 1890, según indican los isótopos de oxígeno en testigos de hielo del glaciar Quelcaya (Thompson et al., 1986), dataciones liquenométricas en la Cordillera Blanca (Jomelli et al., 2008; Solomina et al., 2007) y dataciones cosmogénicas ¹⁰Be en la Cordillera Vilcabamba (Licciardi, 2009).

Basándose fundamentalmente en el análisis geomorfológico, este trabajo estima la Altitud de la Línea de Equilibrio de los glaciares (ELA), que es el parámetro que mejor expresa la relación entre los glaciares y el clima. La ELA, es la línea que separa la zona de acumulación de la zona de ablación de un glaciar. Este parámetro, es un concepto estadístico que puede referirse a diferentes escalas, en espacio y tiempo (Kaser & Osmaston, 2002).

Además de la estimación de las ELAs, este trabajo reconstruye la extensión de los glaciares (km²), deduce sus volúmenes (Mm³) y estima la variación de la temperatura con respecto al presente (°C) en tres escenarios (PEH, 1962 y 2016).

Los resultados muestran la desglaciación en términos de 1) Reducción de superficie: SPEH=45.85 km²; S1962=32.08 km² y S2016=24.47 km²; 2) Pérdida de volumen: VPEH=2163 Mm³; V1962=1255 Mm³ y V2016=868 Mm³ y 3) Elevación de la ELA: ELAPEH=5084 m; ELA1962=5192 m y ELA2016=5260 m. El desnivel de la ELA con respecto al presente permitió estimar la variación de la temperatura (de 0.96 °C a 1.1 °C), coherente con el calentamiento global que sugieren las observaciones instrumentales (IPCC, 2013).

Palabras clave: *Paleoglaciares, morrenas, PEH, ELA*

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ATMOSFÉRICAS Y MODELAMIENTO DEL BALANCE DE ENERGÍA EN EL GLACIAR ARTESONRAJU

Christian Torres^{1*}, Jorge Arigony², Tobias Sauter³, Anselm Arndt⁴, Wolfgang Gurgiser⁵, Wilson Suárez⁶, Nelson Santillán⁷, Eder Maier¹

¹Laboratório de Climatologia e Cartografia, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil

²Laboratório de Monitoramento da Criosfera, Universidade Federal do Rio Grande, Brasil

³Institut für Geographie, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, Alemania

⁴Geography Department, Humboldt-Universität zu Berlin, Alemania

⁵Department of Atmospheric and Cryospheric Sciences (ACINN), University of Innsbruck, Austria

⁶Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Lima, Perú

⁷Área de Evolución de Glaciares y Lagunas, Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú

*Email: christian010194@gmail.com

Los glaciares en los Andes Peruanos juegan un papel importante para la hidrología local. Para explicar el retroceso acelerado de los glaciares peruanos es importante conocer primero las principales variables atmosféricas que interactúan con la superficie del glaciar, con la finalidad de evaluar el balance de energía glaciar-atmósfera. En este estudio, analizamos las variables atmosféricas colectadas por una estación meteorológica automática a una resolución horaria y simulamos el balance de energía superficial (SEB) del glaciar con un modelo recientemente actualizado de balance de energía y masa basado en procesos físicos y acoplado a la capa de nieve y hielo en Python (COSIPY) en su versión distribuida espacialmente en dos dimensiones en el Glaciar Artesonraju, localizado en los Andes Peruanos, desde 2016 hasta 2018. En COSIPY, todos los componentes del SEB son parametrizados fiscalmente a excepción de la radiación solar de onda corta incidente, que se mide directamente. Las condiciones promedio de las variables atmosféricas para todo el periodo fueron: temperatura del aire 1.93 ± 0.83 °C, humedad relativa $74 \pm 18\%$, velocidad del viento 3.58 ± 2.47 m s⁻¹, la presión atmosférica 745 hPa y la precipitación acumulada 1740 mm. La entrada de energía en todo el glaciar es dominada durante todo el año por la radiación neta de onda corta (+ 80 W m⁻²), seguido por el flujo de calor de la subsuperficie (+ 19 W m⁻²) e el flujo turbulento de calor sensible (+ 7 W m⁻²), mientras que, la disponibilidad de energía en el glaciar es consumido por la radiación neta de onda larga (- 65 W m⁻²) y el flujo turbulento de calor latente (- 15 W m⁻²).

Palabras clave: *Balance de energía, variables atmosféricas, glaciar Artesonraju*

LA DEGLACIACIÓN DEL INCACHIRIASCA ENTRE 1975 Y 2018 (NEVADO SALCANTAY, CORDILLERA VILCABAMBA, PERÚ)

Álvaro Navarro^{1,2,3*}, José Úbeda Palenque^{2,3}, Jesús Gómez López⁴

¹Charta Digital

²Grupo de Investigación en Geografía Física de Alta Montaña, Madrid, España

³Guías de Espeleología y Montaña, España

⁴Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Perú

*Email: alnafru@gmail.com

Glaciers are sensitive indicators of climate change, especially those of smaller size, since they are the most susceptible to any minimal variation of climatic conditions. This study focuses on the analysis of the shrinkage of the Incachiriasca-II glacier (72°32'W, 13°21'S; ~ 4950 m) from 1975 to 2018. The first reference of the glacier's delimitation was the annual topographies by Peruvian researchers between 2007 and 2018. This time sequence was extended to 1975 by analyzing 28 images of LANDSAT satellites 2, 4, 5 and 7. The results show a loss of 51.4% (-0.271 km²) of the glacier's total area: from 0.528 km² (1975) to 0.257 km² (2018), equivalent to -0.0063 km²/year (1.2% per year). According to the observed trend, the annual rate of decline has increased considerably, especially since 2010, from 1% in 2001-2010 to 3% in 2010-2018.

Palabras clave: *Glacier retreat, climate change, Incachiriasca, nevado Salcantay, Cordillera Vilcabamba, Perú*

EVOLUCIÓN GLACIAR DEL NEVADO HUAYTAPALLANA DESDE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO, APLICANDO REGISTROS GEOMORFOLÓGICOS

Gonzalo Luna^{1*}, Estibene Vásquez¹, José Úbeda², Joshua Iparraguirre³

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú

²Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

³Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Perú

*Email: gonzalageo33@gmail.com

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la deglaciación del Nevado Huaytapallana (11°53'S, 75°03'W, 5558 msnm). Con esa finalidad se ha realizado un cartografiado geomorfológico delimitando las formas del relieve generadas por el último avance glaciar durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH). El mapa geomorfológico se ha completado cartografiando la extensión de los glaciares en la PEH, en 1962 y en 2016. Esto ha permitido evaluar la deglaciación en términos de reducción de superficie (km²), disminución de volumen de hielo (Mm³) y elevación de la altitud de la línea de equilibrio, Equilibrium Line Altitude o ELA. Durante su última expansión (PEH), los glaciares alcanzaron una superficie de 52 km² y un volumen de 2041 Mm³. Además, la ELA descendió hasta 4985 m, de modo que el área de acumulación de los glaciares abarcaba un intervalo de 505 m. Los resultados obtenidos permiten cuantificar la deglaciación posterior, con respecto a las dimensiones alcanzadas en la última expansión. En 1962, la superficie (32 km²) se había reducido un 62%, el volumen (951 Mm³) había disminuido un 47% y la ELA (5038 m) se había elevado 53 m, reduciendo el intervalo de la zona de acumulación a 452 m. Comparando con el último avance, en 2016, la superficie de los glaciares (14 km²) se había reducido un 73%, el volumen (242 Mm³) había disminuido un 88% y la ELA (5164 m) se había elevado 179 m, de forma que el intervalo de la zona de acumulación había disminuido a 326 m. En términos porcentuales, la disminución de superficie es similar en ambos periodos, 1962-2016 (56%) y PEH-1962 (62%). Sin embargo, la reducción del volumen es notablemente mayor en 1962-2016 (75%) que en PEH-1962 (47%). La tendencia de la ELA también parece confirmar la aceleración de la deglaciación, porque su elevación durante el periodo 1962-2016 (126 m) duplicó la elevación observada durante el periodo PEH-1962 (53 m).

Palabras clave: *Geomorfología, deglaciación, extensión glaciar, volumen glaciar, ELA (equilibrium line altitude), PEH (Pequeña Edad del Hielo)*

MODELAMIENTO DE LA RESPUESTA GLACIAR AL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO DEDUCIDA DE LA ELA CLIMÁTICA: ENSAYO EN LOS GLACIARES DE LA CUENCA PARÓN (CORDILLERA BLANCA, PERÚ)

Joshua Iparraguirre Ayala^{1*}, José Úbeda Palenque², Ronald Concha Niño de Guzmán¹, Gonzalo Luna Guillén³

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

²Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

³Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú

*Email: iparraguirrea.joshua@gmail.com

El parámetro que mejor expresa la sensibilidad de los glaciares tropicales es la ELA (Equilibrium Line Altitude). Aquí se diferencia: ELA geomorfológica (ELAg) deducida de la altitud y forma del glaciar; y ELA climática (ELAc) de variables implicadas en el balance de masa. Su evolución conjunta es un modelo de respuesta de los glaciares al cambio climático, en permanente tendencia con el clima (ELAg=ELAc).

Asumiendo esa hipótesis el objetivo ha sido ensayar un modelo de ELAc actual y su forzamiento para: Reconstruir el balance de masa de paleoglaciares y ensayar el impacto en glaciares bajo futuros escenarios de cambio climático. Se logró resolviendo un sistema de dos ecuaciones en una hoja de cálculo: ● Ecuación del balance de masa: $b=a-c$ (b = balance de masa; a = ablación, c = acumulación, asumida equivalente a la precipitación) ● Ecuación de la ablación: $a= [(tm/Lm) \cdot \alpha (Ts-Ta)]$ (a = ablación; tm = duración anual de ablación; Lm = calor latente de fusión; α = coeficiente de masa transferida por calor sensible; Ta : temperatura media anual del aire, Ts : temperatura media anual de la superficie del glaciar).

El área de estudio fue el glaciar Artesonraju (9°S, 78°W), con estudios previos de ELAg, paleoELAg y una estación meteorológica del proyecto CRYOPERU. Los resultados: 1) 2016: Glaciares en desequilibrio con el clima: $T_{aire}= 1.87$ °C; $T_{sup. Hielo}= -1.37$ °C; $P= 1147.8$ mm; $ELAc= 5346$ m (ELAg= 5164 m). 2) Pequeña Edad de Hielo: Paleoglaciares en equilibrio con el paleoclima (ELAc=ELAg= 5058 m): $paleoT_{aire}= 1.18$ °C; $paleoT_{sup. Hielo}= -2.06$ °C; $paleoP= 2337$ mm. 3) 2100: Glaciares en desequilibrio con el clima: 4 escenarios de calentamiento global según el IPCC (asumiendo la precipitación constante): ● Escenario A= 1 °C: $ELAc= 5395$ m; ● Escenario B= 2 °C: $ELAc= 5404$ m; ● Escenario C= 3 °C: $ELAc= 5534$ m; ● Escenario D= 4 °C: $ELAc= 5673$ m. Cada escenario implicaría la desaparición de la zona de acumulación del: ● 26% (10 lenguas); ● 58% (22 lenguas); ● 66% (25 lenguas) y ● 89% (34 lenguas).

Palabras clave: *ELA, Pequeña Edad de Hielo, paleoprecipitación, IPCC*

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL GLACIAR ARTESONRAJU EXPLICADA EN ISÓTOPOS DE ^{18}O Y ^2H

Lihan Del Rocío Hoyos Zarzosa^{1*}, Luzmila Dávila Roller¹, Ibeth Celia Rojas Macedo¹

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

*Email: lia.dr.hz@gmail.com

Los mares y océanos contienen las mayores concentraciones de isótopos del agua (molecularmente H_2O). Los cambios en la temperatura del aire influyen en la evaporación de la superficie marina, dando lugar a variaciones en la concentración isotópica del agua en la atmósfera; estos isótopos son transportados a través del viento y depositados sobre masas glaciares por las precipitaciones. Los eventos ENSO, cambios en la temperatura y precipitación ocasionan impactos sobre los glaciares, algunos de ellos se evidencian en el equivalente de agua acumulada y concentración de isótopos estables del agua (deuterio- ^2H y oxígeno ^{18}O).

A fin de estudiar la variabilidad climática en el glaciar Artesonraju, se extrajo un núcleo de hielo (próximo a la ELA) con un registro de 10 años hidrológicos, en cada capa anual se determinó la concentración de ^2H y ^{18}O . Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación de Mook, 2000 respecto a la variación del ^2H y ^{18}O en relación del clima. A diferencia de periodos con mayor precipitación; los periodos más cálidos presentan menores valores de equivalente de agua y mayores concentraciones de ^2H y ^{18}O ; si bien es cierto que, en los periodos secos las precipitaciones son menores, estas están más enriquecidas en ^2H y ^{18}O .

La circulación atmosférica regional impulsada por el ENSO en la zona y para el periodo de estudio, está claramente evidenciada en El Niño 2015-2016, La Niña 2010-2011 y 2011-2012 (ONI index) desarrollados en la zona 3.4 presentando una mayor/menor concentración de ^{18}O y ^2H , intensificación/descenso de la temperatura, reducción/incremento de la precipitación y acumulación de equivalente de agua respectivamente. Del análisis estadístico, el ^{18}O resultó el mejor proxy paleoclimático en términos de precipitación y temperatura anual.

Palabras clave: *Variabilidad climática, glaciar, isótopo ^2H , isótopo ^{18}O , ENSO*

MODELO HIPSOMÉTRICO DE LA DEGLACIACIÓN FUTURA DE LA CUENCA PALTAY (CORDILLERA BLANCA, PERÚ)

Joshua Iparraguirre Ayala^{1*}, José Úbeda Palenque², Álvaro Navarro Frutos²,
Luzmila Dávila Roller¹, Ronald Concha Niño de Guzmán¹, Ramón Pellitero Ondicol³,
Gonzalo Luna Guillén⁴, Pool Vásquez Choque⁴

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

²Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

³Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España

⁴Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú

*Email: iparraguirrea.joshua@gmail.com

Este trabajo es un ensayo para evaluar la deglaciación de la cuenca Paltay (9°22'S; 77°22'W) en 2100, suponiendo 4 escenarios de calentamiento global para ese año: +1 °C, +2 °C, +3 °C y +4 °C. El ensayo se realizó a lo largo de 4 fases: Fase 1) Cálculo del BR en un glaciar de referencia, Artesonraju (8°56'S; 77°38'W), próximo al área de estudio de este trabajo. Dicho cálculo se realizó mediante el producto $BR=b \cdot z \cdot s$, donde BR es el Balance Ratio; b el balance de masa 2004-2014 (mm) medido en el campo; z la altitud media (m s.n.m.) y s la superficie (m²) de cada banda altitudinal del glaciar (con intervalos de 100 m). De ese modo se estimó un valor BR=2.3. Fase 2) Delimitación de los glaciares de la cuenca Paltay en 2016 y reconstrucción de su altitud de la línea de equilibrio (ELA, msnm). Con esa finalidad se utilizó la herramienta programada por Pellitero et al (2015), que indicó como resultado ELA2016=5189 m. Fase 3) Cálculo de las ELAs de los glaciares de la cuenca Paltay en 2100, correspondientes a cada incremento hipotético de temperatura. Se dedujeron despejando la ecuación de Porter et al., (1995): ΔT (°C)= $\Delta ELA \cdot GVT$, donde ΔT es la variación de la temperatura del aire (°C); ΔELA la variación de la ELA 2016-2100 y GVT es el gradiente vertical de la temperatura del aire, empleando el valor global medio de la Tierra (0.065 °C/m). Con ese método se obtuvieron las siguientes estimaciones: ELA2100(+1 °C)=5342 m; ELA2100(+2 °C)=5496 m; ELA2100(+3 °C)=5650 m y ELA2100(+4 °C)=5804 m. Fase 4) Realización de 10 iteraciones regresivas para cada ELA2100, que permitieron calcular los siguientes porcentajes de reducción de superficie de los glaciares de la cuenca Paltay (en 2100 con respecto a 2016): 31% para +1 °C; 85% para +2 °C; 89% para +3 °C y 95% para +4 °C. La validación del método requerirá realizar nuevos ensayos en otras áreas de estudio.

Palabras clave: *Hoja de Osmaston, deglaciación, ELA*

EVALUACIÓN DE AEROSOLES SÓLIDOS DEPOSITADOS EN LA ZONA DE ACUMULACIÓN DEL GLACIAR ARTESONRAJU: 2014-2016

Rolando Cesai Cruz Encarnación^{1*}, Rafael Ramón Figueroa Tauquino², Wolfgang Gurgiser³, Fiorella Yesenia Quiñónez Collas², Marlene Kronenberg⁴, Alejo Cochachin¹

¹Autoridad Nacional del Agua, Huaraz, Perú

²Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú

³Universität Innsbruck, Austria

⁴Universität Freiburg, Alemania

*Email: rcruz@ana.gob.pe

Los aerosoles son emitidos a la atmosfera por fuentes naturales y antropogénicas a su vez son transportados por los vientos llegando a lugares remotos como los glaciares. El estudio evalúa los aerosoles sólidos depositados en la zona de acumulación del glaciar Artesonraju para los años hidrológicos 2014 al 2016, localizada geográficamente entre 08°57'41.42" latitud sur y 77°37'12.20" latitud oeste.

En la investigación se extrajo muestras de neviza con el uso de la perforadora Kovacs (7.8 cm diámetro y 1 m de longitud), permitiendo ubicar la capa basal que diferencia periodos de depósito de nieve en años hidrológicos diferentes. Las muestras colectadas por año hidrológico se analizaron en laboratorio como sólidos totales. Mediante un análisis de regresión lineal simple y múltiple se obtuvo ecuaciones para calcular la concentración de aerosoles sólidos en la zona de acumulación y relacionar con variables meteorológicas.

Los resultados muestran que la variación de la densidad de neviza fue de 0.19 g/cm³ a 0.81 g/cm³ (media 0.56 g/cm³). La concentración de aerosoles sólidos acumulados para el año hidrológico 2014-2015 fue de 4.017 toneladas para un área de 3.677 km² y para el año hidrológico 2015-2016 fue de 5.495 toneladas para un área de 3.069 km², determinando que los vientos son el principal medio de transporte de los aerosoles con una predominancia general del Este (Conchucos) al Oeste (Callejón de Huaylas).

Palabras clave: *Aerosoles sólidos, neviza, capa basal, densidad*

RAHU: IMPLICATIONS OF GLACIER SHRINKAGE ON FUTURE TROPICAL ANDEAN WATER SECURITY AND MANAGEMENT

Andrés Goyburo^{1*}, Pedro Rau¹, Fabian Drenkhan²

¹Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima, Perú

²Imperial College London, Reino Unido

*Email: anesgoyburo@gmail.com

In the Tropical Andes, year-round streamflow from glaciers is an important water resource that supports human livelihoods and ecosystems further downstream. However, the advanced shrinking of glaciers, in combination with low adaptive capacity, makes this mountain region among the most vulnerable. A case in point is the vanishing of the second-largest tropical glacier fragment worldwide, in the Vilcanota-Urubamba river basin in southern Peru, which leads to serious implications for local water security. However, the spatiotemporal variability and evolution of both the meltwater propagation through the terrestrial water cycle and its contribution to changing patterns in water availability at the catchment scale are complex, poorly understood, and highly uncertain. New approaches need to take into account the complex interactions and feedbacks between drivers of water supply and demand within an extended upstream-downstream perspective. In this context, the international project RAHU (Water security And climate cHange adaptation in PerUvian glacier-fed river basins; snowy mountain in Quechua) aims at developing an integrated glacier-water-security-assessment approach to improve evidence and transform the understanding of glacier shrinkage impacts and human vulnerabilities on water security. RAHU includes an international consortium of scientists in close collaboration with local stakeholders and is supported by a new partnership between Peru and the United Kingdom. The project includes four components : WP1 foresees to develop a fully-distributed, physically-based glacier surface energy balance model; WP2 helps to design and implement a glacier-hydrology-water resources monitoring approach to quantify non-glacial contributions to water resources and the impact of catchments interventions; WP3 focuses on mapping of human water use at high spatiotemporal resolution and determining current and future levels of water (in)security; and, WP4 was built to integrate the aforementioned WP's to evaluate and support the implementation of locally embedded climate change adaptation strategies at the science-policy-operation interface. With this integrated set-up, it is expected to achieve important outcomes on new glaciohydrological and socioeconomic datasets, glaciohydrological modeling approaches integrated into operational practice and locally relevant methodologies to assess socio-ecological vulnerabilities.

Keywords: *Glacier shrinkage, water security, ecosystem monitoring, climate change adaptation*

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA LAGUNA PALCACOCHA PREVIO Y POSTERIOR AL ALUVIÓN DE 1941

Alexzander Santiago Martel^{1*}

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

*Email: asantiago@inaigem.gob.pe

El cambio climático está generando grandes alteraciones en los ecosistemas de montaña, generando consigo en las últimas décadas una gran reducción de la masa glaciar, con ello la formación y/o evolución de las lagunas de origen glaciar los cuales representan un riesgo para las ciudades que se localizan aguas abajo. Las lagunas ubicadas en las cabeceras de las cuencas pueden generar grandes desastres naturales como el ocurrido en 1941 en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, donde se generó el aluvión proveniente de la laguna Palcacocha, resultando en la pérdida de 1800 vidas humanas y cuantiosa pérdida económica (Wegner, 2014), siendo uno de los desastres más grandes ocurridas en el Perú.

Geológicamente la ciudad de Huaraz ocupa el abanico deyectivo del río Quillcay, el cual está constituido por materiales fluvio-aluvionales (Chacón, Jacay & Moreno, 2005) generados por los eventos pasados. El río Quillcay que atraviesa la ciudad de Huaraz transporta las aguas provenientes de la fusión glaciar de numerosos nevados entre ellos los nevados Palcaraju y Pucaranra que dan origen a la laguna Palcacocha el cual originó el evento catastrófico de 1941.

El presente estudio consiste en la estimación del volumen de la laguna antes y después del evento de 1941, empleando imágenes fotográficas de apoyo del año 1939 e imágenes posteriores al evento, estimando así el volumen de agua evacuado en el aluvión de 1941, en relación a la reconstrucción del espejo de la laguna mediante el análisis de las imágenes históricas y el apoyo de los modelos de elevación digital obtenidos de aerofotografías por el Ministerio del Ambiente en el año 2012 y la batimetría realizada por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos el 2016.

Palabras clave: *Volumen, modelo digital de terreno, orto fotografía, batimetría*

MODELIZACIÓN NUMÉRICA DE UN POTENCIAL GLOF EN LA LAGUNA PARÓN, CORDILLERA BLANCA, PERÚ

Hilbert Villafane Gómez^{1*}, Juan Carlos Torres Lázaro¹, Adriana Caballero Bedriñana¹, Harrinson Jara Infantes¹, Ronald Concha Niño de Guzmán¹, Enver Melgarejo Romero¹, Julia Araujo Reyes¹, Joshua Iparraguirre Ayala¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Perú
**Email: hilbertveritasofficial@gmail.com*

La Cordillera Blanca es el escenario de una rápida desglaciación debido al cambio climático actual, especialmente durante el último siglo XX (INAIGEM, 2018); este proceso ha generado la formación de nuevas lagunas potencialmente peligrosas (Emmer et al., 2014), y a la vez, se incrementó el volumen de las otras lagunas preexistentes, como el caso de la laguna Parón (8°59'34"S - 77°40'17"O), la cual podría representar un peligro potencial para la ciudad de Caraz y poblaciones menores ubicados en la subcuenca Parón-Llullán, ante el evento de un desembalse violento de la laguna Parón iniciada por avalanchas de hielo y roca. Así mismo, la evidencia geológica y geomorfológica de la parte baja de la subcuenca Parón-Llullán, indica una recurrencia importante de eventos aluviónicos originados por un desborde violento de lagunas de origen glaciar (Glacier Lake Outburst Flood - GLOF).

En ese contexto, este trabajo consistió en tres fases de modelización para este evento de geodinámica externa: 1) Modelización de avalanchas de bloques potencialmente inestables empleando el modelo RAMMS, tomando como referencia desprendimientos en distintos puntos localizados en los diferentes circos glaciares que rodean la laguna Parón, 2) Análisis de los parámetros hidráulicos de la brecha en la morrena frontal considerando el material no erosionable extrapolado de la geología local para la estimación de un hidrograma de rotura del dique natural y 3) Simulación del flujo de detritos empleando el modelo FLO-2D Pro con datos de las fases anteriores.

Los resultados de la simulación muestran un volumen de desembalse de 59'017,897.47 m³, con un caudal máximo del hidrograma de rotura de 25,264.22 m³/s y una extensa área de impacto de inundación en la ciudad de Caraz con velocidades oscilantes entre 11.2 a 22.4 m/s, con un espesor de flujo 9.9 a 19.7 m cuyo recorrido tardaría de 36 a 42 minutos en impactar con la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Palabras clave: *GLOF, aluvión, RAMMS, FLO-2D*

GEODYNAMICS AND GLACIER RETREAT ON THE SOUTH FACE OF THE SACSARAYOC MOUNTAIN (CORDILLERA VILCABAMBA, PERU)

Estibene Pool Vásquez Choque^{1*}, Ángel Gonzalo Luna Guillén¹, Igor Astete Farfán¹

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Lima, Perú

*Email: evasquez.geo@gmail.com

The retreat of glaciers implies a series of consequences that directly or indirectly affect humanity. The most relevant are the shortage of water for nearby populations and on the other hand mass movements (avalanches, debris flows among others) that have caused huge losses in human lives and infrastructure. The Central Andes of Peru and punctually the Vilcabamba mountain range is considered an area of very high susceptibility to geodynamic processes. Due to the steep relief that presents the snowy peaks of this part of the mountain range. The Gorge of the Yanama River and the Moya Gorge towards the south face of the Sacsarayoc snowfall (Pumasillo) records a series of mass movement events due to a strong geodynamic activity in both valleys. The different geomorphological units mapped, show evidence that a sequence of floods has occurred in the valleys mentioned above. Probably because of the breakage of moraine dikes and subsequent overflow of glacial lagoons due to the fall of ice blocks or other factors that triggered this type of geodynamic events. These types of events have taken place at least the last 20,000 years in different periods of advance and retreat of the glaciers. The present work has as a priority to reconstruct the interaction between the different geodynamic events and the glacier evolution taking into account multiple parameters such as the paleo-temperature, ELAs, paleo-ELAs, volume and paleo-volume. This reconstruction is of vital importance to project future trends in glacier behavior and with it the possibility of new occurrences of avalanches or other geodynamic events. Finally, the contribution of the results of this work is transcendental for decision-making by government political authorities, managing resources to implement prevention, mitigation and adaptation policies to this type of phenomena caused by climate change.

Keywords: *Glacier retreat, ELA, paleo-ELA, paleotemperature, volume, paleovolume, geomorphology, geodynamics*

BALANCE DE MASA DEL GLACIAR QUEÑUANI DE LA CORDILLERA DE CARABAYA, PUNO- PERÚ

Ángel Quispe Huahuasconcco^{1*}, Magna Mollinedo¹, Leslie Xiomy Mamani Mamani¹

¹Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno, Perú

*Email: wawasunqu@gmail.com

La investigación se realizó en el glaciar Queñuani de la Cordillera de Carabaya en la Comunidad de Chingo, Distrito de Coasa, Provincia de Carabaya, Región Puno - Perú, ejecutada entre el periodo del año 2016, inicio del año hidrológico y el año 2017 finales del año hidrológico, para lo cual nos planteamos los siguientes objetivos: a). Calcular el balance de masa glaciar Queñuani en periodo de precipitación b). Calcular el balance de masa glaciar Queñuani en periodo de estiaje. El método utilizado fue glaciológico, que estima la pérdida o ganancia de masa de un glaciar en un periodo de tiempo determinado a partir de mediciones de campo, recurrimos al uso balizas en la zona de ablación y pozos de nieve/hielo en la zona de acumulación. Se utilizó pruebas estadísticas, medidas de tendencia central, dispersión, análisis de varianza (ANDEVA), análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados (Análisis de clúster). Se registró el balance de masa en la época de precipitación (lluvias) $b_n = -1698.4$ mm eq.a, el cual indica que estuvo en un fuerte desbalance; y en el periodo de transición nos resulta positivo $b_n = +66.7$ lo que indica que hubo incremento de la masa glaciar. Y en la época de lluvias con un balance de masa $b_n = -83.8$, el cual indica que el glaciar Queñuani se encuentra en un desbalance debido al incremento de temperaturas y para todo el año hidrológico se obtuvo un balance de masa negativo $b_n = -1714.5$ mm eq.a, lo que indica que el Glaciar Queñuani está en un fuerte desbalance.

Palabras clave: *Glaciar, precipitación, estiaje, ablación, acumulación, año hidrológico*

MODELO PARA LA DETECCIÓN DE MOVIMIENTO EN SECUENCIAS DE VÍDEO EN MONTAÑAS CON PELIGRO DE AVALANCHA CASO DE ESTUDIO: LAGUNA PALCACOCHA

Milwart Calizaya Bobadilla^{1*}

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

*Email: rmil.cb@gmail.com

Los sistemas de vídeo vigilancia se utilizan para monitorear muchas actividades y producen un flujo grande de datos. Uno de los grandes retos para los investigadores es poder detectar y clasificar eventos de manera eficiente, en particular detectar las ocurrencias de eventos inusuales. Es así que se utilizan sensores que usan partes específicas del espectro electromagnético y miden la radiación emitida por la superficie para el estudio de movimientos de masa. De acuerdo a cómo interactúan con el objeto de estudio, pueden ser activos como LiDAR (Light Detection And Ranging), y Radar (Radio Detection And Ranging) o pasivos como cámaras de vídeo vigilancia. Si bien los sensores activos tienen muy buenos resultados en detección de anomalías en condiciones climáticas adversas aun son muy costosos. Es así que se han hecho esfuerzos por utilizar sistemas de vídeo vigilancia para el monitoreo de desprendimientos de rocas en montañas, deslizamiento de tierra, avalanchas. En este estudio se presenta un modelo para la detección de movimiento basado en algoritmos de flujo óptico y descriptores de movimiento HOG (Histogram of Oriented Gradients), HOF (Histogram of Optical flow), HOOF (Histogram of Oriented Optical Flow). Como resultados preliminares se detecta movimiento de avalancha en un 60 por ciento y solamente ruido en 40 por ciento en el caso de estudio de la laguna Palcacocha. Se espera mejorar estos resultados delimitando de mejor manera las regiones de interés y adecuando un umbral de decisión.

Palabras clave: *Sistemas de video vigilancia, detección de movimiento, avalanchas*

GESTIÓN AMBIENTAL Y PROTECCIÓN JURÍDICA DE LOS GLACIARES EN EL PERÚ

Zarela Reyes Cubas^{1*}

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú

*Email: Zarela.Reyes@outlook.com

El objetivo de la investigación fue determinar si el marco jurídico para la gestión ambiental de los glaciares desarrollado en el Perú permite la gestión eficiente de los mismos. Para ello, se revisaron las principales normas jurídicas y políticas públicas en materia de glaciares, cambio climático, gestión ambiental y materias conexas. Esta revisión incluyó tanto a las normas históricas como a las vigentes, a las cuales se accedió a través del Sistema Peruano de Información Jurídica. Los resultados señalan que a nivel normativo: 1) se carece de una definición jurídica de glaciar, 2) se fracciona la gestión de los glaciares entre los sectores ambiente y agrario; 3) los glaciares no han sido incluidos adecuadamente en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental; y, 4) se adolece una norma jurídica especial sobre la materia. En el aspecto político: 1) se carece de una política nacional sobre glaciares y 2) las políticas públicas sectoriales no los han incluido apropiadamente, ni siquiera en temas estratégicos como cambio climático, recursos hídricos, seguridad alimentaria y seguridad energética. En el aspecto institucional: 1) las competencias sobre los glaciares están distribuidas entre los sectores ambiente y agrario, 2) las autoridades regionales y municipales no han incluido a los glaciares en sus herramientas de gestión municipal o regional. En tal sentido, el marco legal no ayuda a la gestión eficiente de los glaciares; por lo cual, mínimamente se requiere de: 1) a nivel normativo, una ley general sobre glaciares que: a) defina a los glaciares, b) determine el bien jurídico objeto de protección, c) consolide el diseño institucional; y, d) establezca las actividades permitidas, prohibidas y restringidas en glaciares; y, 2) a nivel político, una política nacional de glaciares fundamentada en tres ejes principales: a) generación de conocimiento, b) consolidación institucional y c) gestión ambiental basada en su resiliencia.

Palabras clave: Glaciares, normas jurídicas, políticas públicas, gestión ambiental, Perú

VARIACIONES DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD DE LA LAGUNA PALCACOCHA, HACIA FINALES DEL SIGLO XXI BAJO LOS ESCENARIOS DE EMISIÓN RCP4.5 Y RCP8.5

David Garay Marzano^{1*}, Christian Yarlequé Gálvez¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Perú
*Email: dgaray@inaigem.gob.pe

El desborde de la laguna Palcacocha el 13 de diciembre de 1941, impactó la ciudad de Huaraz, dando un saldo de alrededor de 1800 personas fallecidas y cuantiosos daños materiales. En la actualidad el peligro es latente, debido a las variaciones en el tiempo que viene ocurriendo en el nivel superficial de la laguna, la cual es influenciada por las variaciones de la temperatura y la precipitación. Un cambio significativo de estas variables climáticas puede causar un mayor volumen de agua de la laguna, lo cual a su vez incrementa el peligro potencial de desborde. Por ello, en un contexto de cambio climático futuro donde la tendencia del incremento de la temperatura es positiva debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, se evalúan salidas del modelo climático regional ETA para los escenarios históricos y futuros (RCP4.6 y RCP8.5) hasta finales del siglo 21. Las salidas del modelo ETA fueron corregidos con datos in-situ de estaciones meteorológicas presentes en el área de estudio, a través de correcciones de sesgo, con lo cual se pudo obtener proyecciones futuras de las variables: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, variables que fueron asociados a los niveles del volumen de la laguna para la evaluación de potenciales futuros incrementos del volumen del cuerpo de agua. Dicha información futura ayudará a los tomadores de decisión para prever futuros desbordamientos de la laguna Palcacocha, y a los planes de mitigación de futuros aluviones.

Palabras clave: *Temperatura, precipitación, laguna, proglaciar, desborde*

LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

AGRICULTURAL DEVELOPMENT PROJECTS IN ANDEAN MOUNTAIN COMMUNITIES: THE IMPORTANCE OF OPERATIONALIZING THEIR MULTI-DIMENSIONAL DIVERSITY

Claudia Parra Paitan^{1*}

¹Vrije Universiteit Amsterdam, Holanda

*Email: claudia.parrapaitan@vu.nl

Small-holder farmers in the Andes are guardians of agro-biodiversity and invaluable traditional knowledge but are, at the same time, frequently marginalized. Due to that, countless agricultural development projects have been implemented in these mountain communities of the Andes with the goal of reducing poverty, promoting sustainable land management and reducing climate change vulnerability. Although the high socioeconomic and environmental diversity of mountain communities can strongly influence the final outcomes of these projects, those factors are barely considered during the planning, implementation and evaluation phases. Based on farming systems diagnosis, this study identifies the factors that determined the final impacts of one of the most iconic public-private agricultural development projects implemented in the southern Andean communities of Peru. The results show a clear uneven impact within and between communities in terms of capacity building and economic development achieved. The lack of recognition of the different initial levels of economic diversification, communal organization, market access and crop suitability within and between communities at the beginning of the project contributed to this phenomenon. This study demonstrates the importance of conducting ex-ante project appraisals to understand the role of socioeconomic and environmental factors playing at multiple scales that influence mountain communities, including intra, inter-community factors and regional or even national dynamics. The acknowledgment and operationalization of the situational diversity of the Andean mountains are key to ensuring the success of development and sustainability initiatives.

Keywords: *Sustainable land management, impact assessment, mountain development, agriculture, agrobiodiversity, project appraisal*

OBSERVACIONES ENTRE RETROCESO GLACIAR Y SU POTENCIAL IMPACTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Yeidy Nayclin Montano Chávez^{1*}, Frank Santiago Bazán¹, Helder Mallqui Meza¹, Pedro Tapia Ormeño¹

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

*Email: ymontano@inaigem.gob.pe

Los glaciares en la Cordillera Blanca están en un continuo proceso de derretimiento; esto permite un aumento en la cantidad de agua y la exposición de rocas volcánicas con minerales sulfurosos cuya meteorización generan Drenajes Ácidos de Roca (DAR) que re-mobilizan metales pesados y alteran la calidad del agua. Desde el año 2016, el INAIGEM está evaluando las aguas superficiales en varias unidades hidrográficas (Pachacoto, Quillcay, Río Blanco-Santa Cruz) de la Cordillera Blanca, Ancash, Perú, y cuyos resultados indican una marcada heterogeneidad espacial y temporal en la cantidad y calidad del agua. Son cinco parámetros fisicoquímicos que se evalúan in situ (temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbiedad) en 49 localidades, tomándose muestras de agua para análisis de metales pesados usando un ICP-MS. Resultados iniciales en la unidad hidrográfica Quillcay muestran una alta variabilidad estacional, e.g. en Quillcayhuanca encontramos valores mínimos y máximos de pH (2.6-8.0), C.E. (4-5516 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Al (0.001-24.72 mg/L), Fe (0.003-371 mg/L), Mn (0.0001-17.3 mg/L) y Zn (0.002-5.178 mg/L), los cuales reflejan una pérdida en la calidad del agua. El mecanismo entre retroceso glaciar y disminución en la calidad del agua aún no está bien definido; sin embargo, las observaciones en localidades con DAR permiten establecer una hipótesis de trabajo interrelacionando procesos climáticos, composición geológica del basamento y geoquímica del agua. El impacto de la baja calidad del agua no sólo afecta a los ecosistemas de montaña sino también a las poblaciones circundantes que hacen uso de sus servicios ecosistémicos; así como el agua para uso cotidiano (agricultura, ganadería, agua potable). Futuras investigaciones por parte del INAIGEM contemplan el estudio de plantas nativas y microalgas adaptadas a condiciones extremas en los Andes para la biorremediación de estas aguas.

Palabras clave: *Retroceso glaciar, calidad de agua, drenaje ácido de roca, Quillcayhuanca, metales pesados*

EFFECTOS DE LA EXTRACCIÓN DE TURBA EN EL NIVEL FREÁTICO Y COBERTURA VEGETAL DEL BOFEDAL DE MILLOC, CARAMPOMA, LIMA

Daniella Vargas Machuca^{1*}

¹Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú

*Email: daniella.vargasmachuca@pucp.pe

En los Andes centrales del Perú, existen bofedales o turberas altoandinas, que presentan una diversidad única de biota endémica. Estos ecosistemas funcionan como reguladores hídricos y almacenes de carbono, de gran importancia frente a un contexto de cambio climático. A pesar de brindar tales servicios, en el territorio de la Comunidad Campesina de Carampoma (Huarochirí, Lima), los bofedales han sido depredados por la extracción de su turba, con el fin de comercializar dicho recurso en viveros de la capital. La presente investigación se planteó identificar los efectos que tiene dicha actividad extractiva en aspectos hidrológicos y cambios de cobertura, en uno de los bofedales de Carampoma (Milloc). Para evaluar el régimen hidrológico, se recogió data sobre el nivel freático del bofedal, seleccionando 2 zonas de comparación: una perturbada y otra no perturbada. Se encontraron diferencias significativas entre los parámetros medidos. Comparativamente, la zona perturbada mostró un mayor descenso en la profundidad del nivel freático (46.47 ± 3.50 cm), registro de aguas más ácidas (pH 5.68 ± 0.12) y niveles de conductividad eléctrica más altos (744.00 ± 117.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$), que en la zona no perturbada durante la época seca. En cuanto al cambio de cobertura, se evaluó este aspecto mediante procesamientos de imágenes satelitales con índices normalizados de vegetación, agua y humedad (NDVI, NDWI, NDMI respectivamente). Se halló una pérdida de 8.41 ha de la cobertura del bofedal, atribuible a la actividad extractiva, tomando como año base el 2005.

Palabras clave: *Bofedales, turberas, extracción de turba, cambio de cobertura, hidrología, ecosistemas de montaña*

TEPUI-SAT: AUTONOMOUS ENVIRONMENTAL MONITORING AND SIMULATION SYSTEM FOR CULTIVATION OF VULNERABLE TROPICAL MONTANE FLORA SPECIES

Mateusz Wrazidlo^{1*}, Judith Rosales²

¹Silesian University of Technology, Gliwice, Polonia

²University of Guyana, Georgetown, Guyana

*Email: matwraz@gmail.com

Tepui-Sat is focused on the development of an innovative methodology for botanical and environmental research over endemic flora habitats of the montane refugia, enabling carrying out long-term monitoring over a wide spectrum of environmental phenomena. It presents a first of its kind methodology for directly transferring the in-situ work results into ex-situ nature conservation & research undertakings. The system will be a combination of 2 autonomous units: FloraLink Field Probe – an environmental probe designed to acquire, store and transmit environmental data from the field, and FloraCube – an environmental chamber designed to cultivate vulnerable species of flora in enclosure, capable of simulating specified environmental characteristics.

Tepui-Sat is based on an interdisciplinary scope of focus - simultaneous development of innovative equipment and its validation during fieldwork in the highland & montane Pantepui environment in Guyana. Joint experience of engineers and nature specialists allow an adequate evaluation of the new equipment and its efficiency and reliability in prolonged outdoor use.

The Tepui-Sat system offers an innovative solution for nature research & conservation enabling carrying out observations over a wide spectrum of natural phenomena. Firstly, the FloraLink Field Probe – for collecting environmental data from remote locations (e.g. temperature, humidity, light readings, etc.) that are crucial for a credible validation of data obtained from different sources and their enhancement with supplementary information that can be successfully applied in practical tropical agriculture and plant cultivation endeavors. The second unit, the FloraCube – an environmental chamber capable of simulating specified environmental characteristics, will present an answer for the market need for an easy to use, digitally controlled device for cultivating and propagating endangered plant species in enclosure – an approach called "Conservation through Cultivation".

Thanks to versatile design guaranteeing a wide range of applications the system will be capable of handling tasks focused also on areas other than the Guiana Highlands – The Andes, SE-Asia, etc.

Keywords: *Horticulture, plant cultivation, Pantepui, Guiana Highlands, environmental monitoring & simulation*

DISTRIBUCIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA ARBÓREA EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Erickson Giomar Urquiaga Flores^{1*}, Dirk Nikolaus Karger², Michael Kessler¹

¹University of Zurich, Switzerland

²Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Zurich, Switzerland

*Email: eurquiaga@outlook.com

La máxima elevación topográfica donde los árboles pueden desarrollarse y los bosques pueden propagarse, se conoce como línea arbórea (treeline). Este límite natural de la vegetación se encuentra en las montañas de todo el mundo. La máxima elevación que alcanza el treeline en los Andes es alrededor de los 4800 metros en Bolivia (Nevado Sajama). Sabemos que la distribución del treeline es controlada por las bajas temperaturas, pero también existen otros factores eco-fisiológicos y topográficos que aún siguen en debate. Actualmente, no hay una evaluación de la condición y distribución del treeline en los Andes.

El uso de sensores remoto, sistemas de información geográfica, análisis de cobertura forestal, modelos de elevación digital y modelos climáticos, nos permite evaluar a una escala regional la distribución y las condiciones en que se encuentra el treeline. La elevación potencial del treeline en los Andes llega alrededor de los 600 m (Patagonia) y 5000 m (Bolivia). En contraste, la posición actual del treeline, se encuentra a elevaciones más bajas de la que debería estar, bajo las condiciones climáticas de las últimas décadas. Esta diferencia que existe entre la posición actual y la posición climática potencial del treeline puede deberse a factores naturales. Pero en la actualidad se debe principalmente a las actividades antrópicas que se realizan en estos hábitats.

Esta investigación, determina la posición actual, potencial y las condiciones en que se encuentran el treeline. Los análisis muestran que la distribución del treeline en los Andes Centrales está en promedio 400 metros por debajo de su posición potencial. Así también la cobertura forestal del treeline varía a lo largo de los Andes, presentando en los Andes Centrales los valores más bajos.

Esta investigación permite identificar las áreas disturbadas y no disturbadas del treeline para así priorizar su recuperación, protección o conservación.

Palabras clave: *Línea arbórea, treeline potencial, treeline actual, distancia vertical, cobertura forestal, estado de conservación*

RED DE INICIATIVAS VOLUNTARIAS DE CONSERVACIÓN – CUSCO: ALIADOS PARA LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Gabriela Cairo^{1*}, Andrea Bellota¹

¹Asociación para la Conservación de Glaciares y Ecosistemas de Montaña (ACOGEM), Cusco, Perú

*Email: gabriela_cairo92@hotmail.com

Las iniciativas voluntarias de conservación en la región Cusco (Perú) están conformadas por Áreas de Conservación Privada, concesiones para conservación y concesiones para ecoturismo. El número de éstas se encuentra creciendo a un ritmo acelerado y aunque, son sumamente valiosas como iniciativa que parte de la sociedad civil para contribuir con la conservación de ecosistemas de montañas, existen limitaciones desde su reconocimiento, y se extienden hasta su actual gestión.

En la región Cusco se tienen 20 iniciativas voluntarias legalmente reconocidas, por ello la necesidad de abrir un espacio cimentado en las relaciones entre los líderes e instituciones de soporte técnico, desde el cual se promueve el intercambio de experiencias de gestión, ofrecer soluciones ante las amenazas que afecten a las áreas de conservación, generar oportunidades de sostenibilidad financiera, fortalecer las capacidades técnicas y legales de los miembros de la Red, y finalmente difundir las experiencias exitosas de un trabajo en conjunto.

Desde que se consolidó la idea de la red hasta la fecha, se ha trabajado en el diagnóstico de cada iniciativa. En esta etapa se ha identificado que, del total, 15 son comunales, 2 son institucionales y 7 son familiares. Estas últimas son las que no han tenido asesoramiento técnico ni acceso a herramientas de gestión, por ello se ha priorizado su incorporación en la red. Hasta ahora se ha podido identificar algunos problemas en común, dentro de los principales se encuentran los conflictos sociales, el monitoreo inconstante, y la falta de sostenibilidad financiera.

Este trabajo ha resultado sinérgico y muy positivo, los miembros se han integrado muy bien, y el aporte de cada uno ha contribuido a encontrar posibles soluciones. Finalmente queda resaltar el trabajo invaluable que realiza este grupo de personas por la conservación de los ecosistemas de montañas, por lo que es necesario seguir apoyándolos en este largo camino.

Palabras clave: *Áreas de conservación privadas, concesiones para conservación, concesiones para ecoturismo, ecosistemas de montaña*

CONDICIÓN ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN LA CUENCA OCCORURUNI PARA UN ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Ángela Mendoza^{1*}, Joshua Castro Camacho¹, Juan José Alegría Olivera²

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

²Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

*Email: angelamentat@gmail.com

La cuenca Occoruruni, ubicada en el departamento de Puno, es una unidad hidrográfica de la Cordillera Apolobamba que está fuertemente influenciada por los glaciares de la misma. En el 2006 ocurrió un evento de aluvión que ocasionó daños en la infraestructura y viviendas de la población asentada en la margen derecha del río Occoruruni. Ante la necesidad de información pertinente sobre riesgo al peligro de origen glaciar en esta cuenca, se inician las investigaciones de diagnóstico y caracterización del peligro según protocolos nacionales, para la posterior realización de una Evaluación del Riesgo (EVAR). Sin embargo, en estos protocolos no se contempla una metodología para abordar los ecosistemas de montaña (bofedales y pastizales) presentes en el área de influencia del peligro, que son utilizados por la población para el desarrollo de sus actividades de supervivencia, principalmente ganadería y agricultura, considerándose necesario incluirlos en el análisis de vulnerabilidad por estar íntimamente relacionados a los medios de vida. Para la evaluación de dichos ecosistemas, se recurrió al uso de una metodología de estimación de la condición ecológica, que es una medida de la capacidad de los ecosistemas de mantener sus funciones, complejidad y auto-organización ante presiones externas a consecuencia de actividades antrópicas. Esta medida reflejaría a su vez la vulnerabilidad de los ecosistemas frente al peligro de origen glaciar. El estudio se desarrolló en 9 zonas, 5 correspondientes a bofedal y 4 a pastizal. En cada una se tomaron datos de variables de la biota, del suelo y del agua, así como características generales, de esta manera tener un espectro amplio de información útil para realizar una evaluación a nivel ecosistémico. Estos datos servirán para el análisis de atributos (condición hidrológica, condición del suelo, condición de la biota y alteraciones en el paisaje) que a su vez determinarán la condición ecológica de cada uno de los ecosistemas de montaña evaluados.

Palabras clave: *Condición ecológica, vulnerabilidad, gestión de riesgos, bofedales, pastizales*

ELABORACIÓN DE MAPA DEL ÍNDICE SOBREPASTOREO EMPLEANDO IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT. 5 , 8. CASO ESTUDIO: COMUNIDAD DE CHUSCHI-PERU

Jorge García^{1*}, Bram Willems¹, Rossi Taboada¹, Raúl Espinoza²

¹Centro de Competencias del Agua (CCA), Lima, Perú

²Universidad Nacional de Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

*Email: jorge.garcia@unmsm.edu.pe

El presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar las zonas de probable ocurrencia de sobrepastoreo (ZPOS) de pastizales, bofedales; mediante un valor denominado índice de sobrepastoreo (ISP) en la Comunidad Campesina de Chuschi, localizada en el departamento de Ayacucho-Perú. La generación del ISP implicó una metodología participativa, ya que los miembros de la comunidad -en su calidad de jefes(as) de estancias- proporcionaron la información necesaria (cantidad de ganado según tipo y ubicación de estancias). Además, se procesaron imágenes de los satélites Landsat 5 y 8 desde el año 2006 al 2018 para generar mapas de los índices de vegetación, humedad, sequía y sus valores máximos y mínimos compuestos. Con ello, se generó un mapa de la calidad de la cobertura vegetal, que luego se relacionó con los valores de soportabilidad de carga animal. Posteriormente se calculó la soportabilidad ponderada, ya que en las zonas de pastoreo están presente muchos tipos de calidad de pastos. Esta soportabilidad ponderada para una área o estancia determinada es un valor teórico del número máximo de ganado que debe estar presente. Dicho valor se relacionó con el valor real del ganado presente en las estancias y mediante esta relación se obtuvo un valor del ISP.

Palabras clave: *Bofedales, sobrepastoreo, Landsat*

RESTAURACIÓN DE TURBERAS DE PÁRAMO DRENADAS Y SU MONITOREO

Paola Fuentes^{1*}, Bert De Bièvre¹, Luna Delerue¹, Enrique Quinteros¹, Wilson Vega¹

¹Fondo para la Protección del Agua (FONAG), Quito, Ecuador

*Email: paola.fuentes@fonag.org.ec

Las turberas en los páramos y sus importantes características de regulación hídrica y almacenamiento de carbono, han sido alteradas históricamente por la construcción de drenajes con el fin de secarlos para establecer pastos. Este es el caso del humedal Pugllohuma (4115 msnm), ubicado a 70 Km de la ciudad de Quito - Ecuador, en el Área de Conservación Hídrica Antisana. Es un aporte del río Antisana, captado por la Empresa de Agua Potable de Quito. Hasta el 2010 y por más de 100 años formó parte de una extensa hacienda y sirvió como zona de pastoreo de ovejas, vacas y caballos, época en la que se construyeron alrededor de 3680 metros de drenajes artificiales. En noviembre del 2017, después de 1 año de monitoreo de línea base, se realizó el bloqueo de estos drenajes mediante diques de madera para limitar la escorrentía y mitigar el desecamiento. Los efectos de esta restauración en la dinámica hídrica se miden cada 15 días mediante 18 piezómetros de 1 m. Utilizando un modelo de lineal simple, se calculó la constante de tiempo de recesión del nivel freático luego de períodos de precipitación. Además, cada dos años se toman muestras de suelo para evaluar sus propiedades hidrofísicas y se han instalado 30 cuadrantes para evaluar cambios en la vegetación.

Al cabo de un año de la restauración, la fluctuación del nivel freático en los pozos cercanos a drenajes bloqueados se reduce en promedio en 4 cm, 21% y, las constantes de tiempo de la curva de recesión han aumentado. Esto es un indicio temprano que la capacidad de regulación del agua del humedal se está recuperando. Estos resultados prometedores demuestran que la restauración activa de humedales andinos drenados infiere su regulación hídrica.

Palabras clave: *Turbera, nivel freático, restauración, Antisana*

EXPERIENCIAS DE INSEGURIDAD HÍDRICA A ESCALA DE HOGARES EN COMUNIDAD CAMPESINA DE CHUSCHI (AYACUCHO, PERÚ)

Rossi Taboada Hermoza^{1*}, Fabiola Cárdenas Maldonado¹, Noemi Tomaylla Berrocal¹, Doris Pariona Flores², Bram Willems¹, Chad Staddon³

¹Centro de Competencias del Agua (CCA), Lima, Perú

²Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

³University of the West of England, Bristol, Reino Unido

*Email: r.taboadah@gmail.com

La escala de experiencias de inseguridad hídrica en hogares (HWISE, por sus siglas en inglés) es una herramienta que produce puntajes equivalentes en diversos entornos ecológicos para identificar dónde y cuándo ocurren experiencias de inseguridad hídrica, así como quién presenta esta condición y en qué medida (HWISE Research Coordination Newtork, 2019). Compuesta por 12 preguntas, la herramienta aborda las experiencias del encuestado o algún miembro del hogar relacionadas al acceso al agua, que pueden repercutir en la salud física y mental, y en el desarrollo de actividades productivas, sociales y culturales en las últimas 4 semanas antes de la encuesta.

La encuesta fue aplicada en julio del 2019 a 70 familias de la Comunidad Campesina de Chuschi que poseen una vivienda en el ámbito de la microcuenca del Chicllarazo (o zona sallqa), caracterizada por la presencia de bofedales. En dicho ámbito, que coincide con 7 barrios de la comunidad, las familias desarrollan la ganadería como principal actividad económica y los hogares cuentan con servicios básicos de agua potable, aunque poco saludable (sin cloración). Los resultados indican que las experiencias de inseguridad hídrica más frecuentes son la “preocupación” por no tener suficiente agua (90% de los encuestados experimentó esta situación alguna vez en las últimas 4 semanas) y la “interrupción” o limitación de su principal fuente de agua (84%). Entre los resultados sobre la estimación a escala de localidad, tenemos que solo un barrio no presenta la condición de inseguridad hídrica: Yanacocha. A escala comunal, el 64% de los hogares encuestados presentan inseguridad hídrica.

Esta presentación es parte de los resultados del componente 3 (socioeconómico y de presiones antropogénicas) del Proyecto Newton-Vínculos Institucionales “Fortalecimiento de las capacidades locales para el manejo sostenible de los humedales de cabeceras de cuencas Andinas frente al cambio global”.

Palabras clave: *Inseguridad hídrica, bofedales, comunidad campesina de Chuschi*

ENSAYO DE GERMINACIÓN DE *OREOCALLIS GRANDIFLORA*, ESPECIE DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA EN LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Sandra Jackeline Arroyo Alfaro^{1*}, Herbert Valverde Balabarca¹, Melissa Catherine Aranda Depaz¹, Abel Luis Flores Milla¹, Beatriz Fuentealba Durand¹

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

*Email: sarroyo@inaigem.gob.pe

Los ecosistemas andinos son áreas de gran riqueza de flora y fauna, en donde ocurren diversos procesos de diseminación, germinación y establecimiento de especies. En ciertas zonas degradadas se puede observar agrupaciones de *Oreocallis grandiflora* “chakpa” característica de bosques montanos, matorrales andinos y páramos en la Cordillera de los Andes. Se establece en sucesiones secundarias creciendo como árbol o arbusto que presenta flores y frutos todo el año proveyendo de recursos energéticos a especies de aves y roedores; así mismo contribuye a la conservación y restauración de ecosistemas por sus interacciones de polinización. Sus usos más difundidos son el de leña y para la confección de canastas. Algunos autores señalan que crece asociado con micorrizas del suelo y que la semilla requiere ser previamente remojada en agua. Por su importancia ecológica este estudio busca identificar los sustratos requeridos y conocer la influencia del tratamiento pre-germinativo para su germinación. La recolección de semillas de *Oreocallis* y suelo con micorrizas se efectuó en el sector Tayacoto de la comunidad campesina Cahuide - UH Quillcay, el diseño experimental se instaló en el invernadero del Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Ecosistemas de Montaña (CICTEM) ubicado en el Distrito de Catac – Huaraz, empleando 220 semillas de 0.02, 0.03 y 0.04 g distribuidas en cuatro tratamientos por tipo de sustrato (suelo agrícola y suelo con micorrizas), y tratamiento pre-germinativo (remojo de semillas en agua por 48 horas y sin remojo). La germinación inició a los 24 días de siembra, y después de 42 días se obtuvo mayor porcentaje de germinación en el sustrato con suelo agrícola (sin micorrizas) y semillas previamente remojadas, seguido por el sustrato con micorrizas y sin remojo, siendo mayor en las semillas de 0.03 g. Lo que nos sugiere que para obtener mayor porcentaje de germinación se puede emplear semillas de 0.03 g y que el suelo con micorrizas favorece la germinación, no siendo necesario el tratamiento pre-germinativo.

Palabras clave: *Germinación, micorrizas, Oreocallis grandiflora*

ESPECIES DE PASTOS NATIVOS DESEABLES PARA EL GANADO Y POTENCIALMENTE TOLERANTES A HELADAS

Herbert Flavio Valverde Balabarca^{1*}, Sandra Jackeline Arroyo Alfaro¹, Luis Armas Flores¹, Abel Flores Milla¹, Beatriz Fuentealba Durand¹

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

*Email: hvalverde@inaigem.gob.pe

Los pastizales altoandinos soportan eventos climáticos extremos como heladas y sequías, y mayormente se encuentran bajo un régimen de pastoreo comunal y nivel familiar de las comunidades campesinas, prácticas que van de generación en generación. El propósito del estudio es identificar a través del conocimiento de los pastores las especies deseables para el ganado y tolerantes a las heladas y evaluar la tolerancia a las heladas. Para lo cual se realizaron encuestas a pastores de la comunidad de Catac, en los sectores: Churana, Yanahuanca, Pachacoto y quebrada Querococha, en donde se reconocieron once especies deseables para el ganado y resistentes a las heladas, de las cuales se seleccionaron por grado de resistencia tres especies: *Festuca loricata* “cachi o ichu”, *Calamagrostis macrophylla* “jallka ocsha” y *Calamagrostis vicunarum* “pajonal”. Para evaluar su resistencia a heladas se seleccionaron 15 plantas de las tres especies, en tres lugares: 1.CICTEM (área de pastizal, terreno plano y con alta probabilidad de helada), 2.PINOS-CICTEM (área con pinos y con probabilidad de heladas) y 3.Quebrada Chacra (ubicada en ladera y con baja probabilidad de heladas). Evaluándose de mayo a julio del 2019: altura de planta verde y daño por helada, cobertura de copa, porcentaje de cobertura verde y biomasa. *Festuca loricata* presentó menor daño en las hojas en los tres lugares (de 11-16%), mientras que en *Calamagrostis macrophylla* fue de 15-28%. En los terrenos planos y poca pendiente se muestra mayor porcentaje de daño por helada que en el área con pendiente, sin embargo, el rendimiento de biomasa (masa fresca) es mayor en terrenos planos. Estos resultados nos muestran que las familias ganaderas de la comunidad campesina de Catac, conocen en forma empírica las variedades de especies nativas de pastos deseables y tolerantes a las heladas siendo importante revalorar sus conocimientos para el aprovechamiento de estas especies.

Palabras clave: *Pastos nativos, tolerancia, heladas*

MONITOREO ECOHIDROLÓGICO DE LA RECUPERACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE UNA MICROCUENCA EN RONTOCOCHA (ABANCAY, APURÍMAC)

Jan R. Baiker^{1,2,3*}

¹Programa Bosques Andinos (HSI & CONDESAN; COSUDE), Perú

²Asociación para la Conservación y Estudio de Montañas Andinas-Amazónicas (ACEMAA), Cusco, Perú

³E^{Clim} Research Group, University of Zurich, Suiza

*Email: apurimacperu@gmail.com

Últimamente, las cabeceras de cuenca han recibido mayor atención, a través de proyectos de inversión en la siembra y cosecha de agua, lo que incluye tanto la infraestructura gris (pequeñas y grandes represas), como también la infraestructura semi-natural (p. ej. q'ochas), proyectos de reforestación y para la recuperación de pajonales/pastizales y de bofedales. Los últimos proveen un conjunto importante de servicios ecosistémicos (SE), como p. ej. el almacenamiento y la regulación del agua, secuestro de carbono, etc.

Aparte de los impactos antrópicos directos (pastoreo, construcción de carreteras y represas, etc.), los bofedales y sus SE se encuentran impactados por el cambio climático - causando temperaturas más altas y cambios en el régimen de precipitaciones.

Bajo estas tendencias y en el contexto de la implementación de un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRESE) para la ciudad de Abancay (Apurímac), se instaló a partir del 2016 un sistema de monitoreo ecohidrológico, SMEH (mediciones de parámetros hidrológicos, ecológicos/botánicos claves) en seis bofedales en el área de Rontoccocha, donde se aplica la metodología de micro cuencas pares: una intervenida con acciones de recuperación de los ecosistemas, otra no-intervenida y que sigue siendo impactada por actividades antrópicas.

El análisis preliminar de los datos registrados hasta la fecha muestra que en el transcurso de un año de mediciones mensuales en un total de 18 tubos de observación (tres en cada bofedal), las napas freáticas en los tres bofedales en la microcuenca intervenida bajaban más que en los tres bofedales en la microcuenca no-intervenida, llegando a profundidades máximas de casi 90 cm debajo de la superficie del suelo.

En el póster se interrelacionará estos datos con las tendencias que muestran los demás parámetros monitoreados y que actualmente están siendo analizados, logrando así una primera evaluación de la efectividad de las acciones ejecutadas en la microcuenca intervenida.

Palabras clave: *Bofedales, sistema de monitoreo ecohidrológico, Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA), mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos (MRESE), recuperación de ecosistemas altoandinos, Rontoccocha, cuenca del río Mariño*

CAMBIO DE USO DEL SUELO: COMPARACIÓN DE LA VARIACIÓN ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL Y ECOSISTEMA PAJONAL

Helder Mallqui¹*, Sandra Arroyo¹

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

*Email: hmallqui@inaigem.gob.pe

En los últimos años las zonas ocupadas por el ecosistema pajonal han sido reemplazadas fundamentalmente por cultivos, pastos mejorados y forestación. Por otro lado, no se ha avanzado mucho en el conocimiento real de las alteraciones o beneficios que pudiera producir el cambio del uso del suelo en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

En este sentido, el entendimiento de las relaciones entre la cobertura vegetal, así como también su estado, y las propiedades físicas del suelo, es fundamental para comprender las interacciones que dan pie a la utilización, provisión y calidad del agua de los ecosistemas de montaña. Es así, que la investigación desarrollada plantea el objetivo de comparar las variaciones estacionales del contenido de agua del suelo, así como su dinámica, entre una plantación forestal y en un ecosistema pajonal.

Desde mayo del 2018 se ha estado monitoreando el almacenamiento de agua en el suelo en una parcela de pinos y una de pajonal natural en la subcuenca Quillcay-Huaraz-Ancash, mediante datos registrados por 3 microestaciones. Las variables medidas han sido la temperatura ambiental, humedad volumétrica del suelo a distintas profundidades y precipitación. Los registros se han llevado a cabo a intervalo horario durante periodos de lluvia y estiaje.

En las parcelas de investigación las condiciones de cobertura vegetal no han presentado diferencias significativas que han sido de 48.8% y 53%, así como se han observado condiciones de suelo relativamente homogéneas en los distintos estratos evaluados.

En términos generales, en el periodo de evaluación ha llovido 1018 mm en la zona de estudio, siendo los volúmenes retenidos en el suelo en la parcela de pino 769 m³/ha mientras que en el pajonal 2196 m³/ha. Los resultados obtenidos constituyen una aproximación inicial al entendimiento de los procesos de regulación hídrica que se dan a nivel de ecosistemas y como insumo importante para generar instrumentos con base científica para la toma de decisiones.

Palabras clave: *Cambio de uso del suelo, regulación hídrica, humedad volumétrica, cobertura del suelo*

COMPORTAMIENTO DEL BOSQUE DE *POLYLEPIS* EN EL ECOSISTEMA DE CAJATAMBO (LIMA) ENTRE 1987-2014

Lissel Arnao Sayán^{1*}, Zulema Quinteros Caro¹, Edgar Sánchez Infantas¹,
Pablo Ramos Quiroz¹

¹Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

*Email: lissel.mas@gmail.com

En el distrito altoandino de Cajatambo (Lima-Perú), compuesto por dos microcuencas (Cuchichaca y Pumarinri) ubicadas entre los 3650-5600 msnm al sur de la cordillera de Huayhuash, están presentes bosques relictos de *Polylepis* los cuales conforman un ecosistema importante debido a que albergan una fauna y flora única, caracterizada por especialistas de hábitat y altos niveles de endemismo. Por lo general dichos ecosistemas se encuentran expuestos a una fuerte presión antrópica (tala para leña y construcción), ya que constituyen una de las pocas fuentes de recurso maderable en alta montaña. Además, es desconocido el efecto que puede tener un aumento de la temperatura global producto del cambio climático sobre este ecosistema.

La investigación consistió en realizar un análisis multitemporal de la estructura del paisaje a partir de imágenes Landsat entre 1987-2014. Se empezó evaluando la tendencia de cambio/permanencia de 10 clases de cobertura del paisaje mediante Modelos de Estado-transición (MST). Se identificó el comportamiento de la cobertura arbórea de los relictos de *Polylepis* y se lo relacionó con el cambio de cobertura de construcción urbana y las vías de acceso a los bosques. Paralelamente se determinó si existe calentamiento superficial del paisaje por medio de las bandas termales de las imágenes Landsat en el mismo rango temporal.

Se observó que la cobertura, en los 27 años se extendió a pesar que la temperatura promedio ha aumentado para ambas microcuencas. Sin embargo, existe una tendencia a reducir la variabilidad de la temperatura superficial de los relictos de *Polylepis*. Se identificó que existe tala centrada en la cobertura boscosa correspondiente a Eucalipto, promovida por el cambio de uso de tierra (agricultura); y asociada a la cercanía con las construcciones urbanas y a las vías de acceso lo cual permitió el crecimiento de los relictos de *Polylepis*.

Palabras clave: *Relictos de Polylepis, modelos de estado-transición, bandas termales, cambio climático, Cajatambo*

DISEÑO Y APLICACIÓN PILOTO DE LA ENCUESTA DE PRESIONES ANTROPOGÉNICAS EN CUENCAS ALTOANDINAS (EPACA)

Fabiola Valeria Cárdenas Maldonado^{1*}, Rossi Taboada Hermoza², Noemi Tomaylla Berrocal², Doris Pariona Flores¹, Bram Willems², Chad Staddon³

¹Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

²Centro de Competencias del Agua (CCA), Lima, Perú

³University of the West of England, Bristol, Reino Unido

*Email: fvaleriacm@gmail.com

Los ecosistemas altoandinos han albergado históricamente a grupos humanos con identidades vinculadas al territorio. Estas comunidades ejercen presiones en el ecosistema, pero también son las llamadas a conservarlo. Por ello, es importante entender la dinámica de los socio-ecosistemas de cabecera de cuenca: las presiones antropogénicas, la situación de las comunidades y el manejo de recursos naturales que ellas realizan.

El diseño y aplicación piloto de la EPACA tiene como objetivo proponer un instrumento de recolección de datos para evaluar las presiones antropogénicas que tienen lugar en un socio-ecosistema determinado. Fue elaborada en el marco del proyecto Newton Institutional Links, “Fortalecimiento de las capacidades locales para el manejo sostenible de los humedales de cabeceras de cuencas Andinas frente al cambio global”.

La encuesta está basada en el esquema PIR (presión, impacto y respuesta) de la OCDE y contempla 5 dimensiones: 1) La ubicación geográfica -que contempla aspectos de la organización tradicional, comunal-; 2) La caracterización socioeconómica de las familias; 3) Las actividades económicas; 4) Las actividades domésticas y, 5) El desarrollo de técnicas de manejo de recursos naturales.

Parte de la caracterización socioeconómica de la EPACA contempla preguntas sobre el fenómeno de doble residencia, por la relevancia que tiene frente al manejo de recursos y la seguridad alimentaria de las comunidades. Además, la reciente aplicación de la encuesta en la Comunidad Campesina de Chuschi (Ayacucho), caracterizada por la presencia de bofedales en la zona sallqa, nos ha permitido identificar los alcances y limitaciones de un instrumento pensado para entender las complejas relaciones entre el ser humano y el ecosistema.

Palabras clave: *Presiones antropogénicas, cuencas altoandinas, encuesta, socio-ecosistema, Chuschi*

DEMANDA AGRÍCOLA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA QUILLCAY, Y LAS MEJORAS NECESARIAS EN SU INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

Gonzalo Pablo Galarza Peña^{1*}

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

*Email: ggalarza.perugrows@inaigem.gob.pe

La unidad hidrográfica Quillcay ubicada en la provincia de Huaraz, región Ancash, tiene como principal fuente hídrica, lagunas de procedencia glaciar, actualmente las condiciones climáticas vienen afectando este recurso, por esta razón su uso y manejo requiere un análisis estricto.

En la presente investigación se estimó la demanda agrícola, con el fin de evaluar la infraestructura hidráulica existente y las posibles mejoras que se deberían realizar en ella.

Para el cálculo de la demanda agrícola, se usó data meteorológica recolectada por las estaciones meteorológicas y el producto grillado Pisco generado por SENAMHI, las cuales fue comparadas y complementadas con las estaciones locales del proyecto CIAD, además se caracterizó el estado actual de la infraestructura hidráulica a partir de trabajos de campo realizados por el proyecto PeruGROWS, teniendo eficiencias de riego entre 25% y 37%. El cálculo de las necesidades hídricas se llevó a cabo con la metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La demanda agrícola calculada oscila entre los 0 - 9171.81 MMC para el mes de marzo y agosto respectivamente. Se realizó, estimaciones, con posibles refacciones y modificaciones en la infraestructura de riego, en el caso de la eficiencia de aplicación se simuló con riego por goteo, aspersión y compuertas, en el caso de la eficiencia de conducción y distribución con trabajos de entubado y revestimiento de canales. Las simulaciones arrojaron valores de eficiencia de riego que oscilan entre los 73% en el caso de riego por goteo y 57% en riego por compuertas; con esto se concluye, que podemos usar 57% menos agua para realizar las mismas actividades en un futuro.

Palabras clave: *ETo, demanda agrícola, MMC, eficiencia de riego*

CARACTERIZACIÓN ECOHIDROLÓGICA DE UN SISTEMA DE BOFEDALES DE LA MICROCUENCA CHICLLARAZO (AYACUCHO)

Walter Martín Leyva Molina^{1*}, Bram Willems¹, Wouter Buytaert², Raúl Loayza³, Fernando Quinto Cuba¹, Julián Llanto Verde¹, Mariela Huaycha Allcca¹, Mayra Diana Gutiérrez Quintanilla¹, Floro Ortiz Contreras¹, Fiorella Paola La Matta Romero³

¹Centro de Competencias del Agua (CCA), Lima, Perú

²Imperial College London, Reino Unido

³Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

*Email: ciencia@agua-andes.org.pe

El presente trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto: “Fortalecimiento de las capacidades locales para el manejo sostenible de los humedales de cabeceras de cuencas Andinas frente al cambio global”, el cual ha sido ejecutado a través del Fondo Newton-Paulet: Institutional Links (FONDECYT, Contrato 225-2018). Esta investigación tiene por objetivo mejorar la comprensión de los vínculos entre los bofedales y los servicios ecosistémicos que brindan, a fin de informar soluciones prácticas para la sostenibilidad del agua en la microcuenca de Chicllarazo (Ayacucho).

La investigación aborda dos componentes, el primero se centra en la caracterización hidrológica a partir de mediciones de los flujos de agua, el registro de la composición florística, la colecta de muestras de suelo y el análisis de datos hidrometeorológicos; para luego, diseñar un sistema de monitoreo basado en sensores de bajo costo. El segundo componente se centra en la evaluación de la calidad del ecosistema midiendo los parámetros físicos y químicos, y estableciendo relaciones con la estructura de la comunidad de bioindicadores (macroinvertebrados) en arroyos y bofedales. La identificación taxonómica permite estimar la biodiversidad acuática, que se puede usar para describir la calidad del agua a través del Índice Biótico Andino.

Los resultados son reflejados en mapas temáticos que muestran la distribución de los bofedales en la microcuenca del Chicllarazo, con especial interés en la Quebrada Millpupampa, la cual fue tomada como área piloto para la colecta de muestras y para los análisis de relación entre variables hidrológicas y biológicas.

Palabras clave: *Bofedal, Millpupampa, Chicllarazo, Chuschi, exohidrología, bioindicadores*

EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE DEGRADACIÓN Y ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN DEL PASTIZAL DE ACOCANCHA-COMUNIDAD CAMPESINA CORDILLERA BLANCA, DISTRITO Y PROVINCIA DE RECUAY

Ángel Antonio Mendoza Granados^{1*}

¹Consultor, Perú

*Email: amendoza.gra@gmail.com

El objetivo de la investigación es identificar las causas de degradación del pastizal de Acocancha (40ha), donde los pastos para el ganado vacuno han disminuido a la par que han aumentado especies indeseables como el *Juncus ebracteatus* “Jueb” y *Juncus arcticus* var. *andicola* “Juar”,

Se realizó una zonificación de acuerdo a la vegetación dominante (Jueb, Juar y Pastos) con un GPS; se caracterizó en 13 sitios establecidos de acuerdo a la zonificación y pendiente, donde se evaluó: composición y abundancia florística (transecto de Parker modificado), porcentaje de vegetación, profundidad del suelo y compactación, biomasa aérea, cambios en el nivel de la napa freática. Se hicieron, tres calicatas para ver el perfil del suelo y entrevistas a los pastores del ganado y miembros de la comunidad, para identificar los principales cambios en el manejo del pastizal.

Los sitios de pastos tienen una buena condición (puntaje 70.19) mientras que los sitios de juncos (Jueb y Juar) muestran degradación (regular y pobre), la napa freática fue más superficial (10 cm) que en los sitios de pastos (41.4 cm); se encontró una relación directa y significativa ($R^2 = 0.53$, $p < 0.05$) entre el nivel promedio de la napa freática y la abundancia de juncos, confirmando que estas especies se desarrollan más en áreas de mayor humedad en el suelo; se encontró también en el área del pastizal existe una capa de arcilla, lo que reduce el drenaje del agua, inundando el suelo y generando un ambiente favorable para el incremento de las juncáceas y la degradación del pastizal. De las entrevistas, el manejo inadecuado del agua (falta de mantenimiento de zanjales de drenaje y construcción de zanjales de infiltración sin estudios previos), provocó el aumento de los juncos. En conclusión, el estado de salud del pastizal se ha deteriorado (45% de juncos, de acuerdo a zonificación) con una condición de regular a pobre, y la causa principal es el exceso de agua en el pastizal por manejo inadecuado del agua.

Palabras clave: *Juncus ebracteatus*, *Juncus arcticus*, nivel de napa freática

IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA

Erick Antiporta^{1*}, Juan Diego Bardales², Katya Pérez¹, María Angélica Villasante¹, Boris Ochoa Tocachi³, Vivien Bonnesoeur¹, Luis Acosta², Francisco Román¹, Wouter Buytaert³

¹Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Lima, Perú

²Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Lima, Perú

³Imperial College London, Reino Unido

*Email: Javier.antiporta@condesan.org

En las zonas montañosas del mundo, los recursos hídricos se encuentran bajo una presión severa debido al cambio climático y a las actividades humanas. Con la finalidad de afrontar esta presión, históricamente se han desarrollado soluciones de ingeniería convencional para almacenar, conducir, tratar, y distribuir agua. Sin embargo, estas soluciones “grises” se enfrentan a muchos desafíos debido a su falta de adaptabilidad a cambios globales, a los grandes costos de inversión, y a los importantes impactos ambientales que generan. Como respuesta, varias instituciones han volcado su mirada hacia la “infraestructura natural”, como complementos sustanciales a las soluciones de ingeniería tradicional. Uno de los sistemas más atractivos que aprovechan la infraestructura natural para la seguridad hídrica son las prácticas de siembra y cosecha de agua.

En este póster evaluamos una práctica ancestral de siembra y cosecha de agua que se ha venido manteniendo en las cabeceras de las cuencas que aportan agua para la ciudad de Lima. Esta práctica, conocida como mamanteo o amunas, consiste en desviar agua de las quebradas durante la estación de lluvias hacia las laderas de las montañas, con la finalidad de aumentar el rendimiento y permanencia de manantiales pendiente abajo. Mediante un estudio de trazadores, encontramos que el agua que se infiltra permanece en el suelo por 45 días en promedio, permitiendo aportar al volumen en los manantiales durante la estación seca. Adicionalmente, mediante un modelo de extrapolación, estimamos que de escalar la técnica en un área aproximada de 1,400 km² en la cabecera de la cuenca del río Rímac, se podría transferir un volumen anual de casi 100 millones de m³ de agua hacia los meses secos más críticos para la ciudad desértica de Lima. Estos resultados muestran la complementariedad de soluciones naturales, ancestrales, y modernas para la seguridad hídrica de las zonas de montaña.

Palabras clave: *Infraestructura natural, siembra y cosecha de agua, mamanteo, amunas, trazadores*

ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE *GENTIANELLA NÍTIDA* (GRISEB) FABRIS

Giovana Patricia Vadillo Gálvez^{1*}, Susy Juanita Castillo Ramón¹,
Mery Luz Suni Ninataype¹

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú

*Email: gpvadillo@gmail.com

Gentianella nítida conocida como hercampuri, es una especie cespitosa endémica de los Altos Andes centrales del Perú, extraída de manera intensiva de sus poblaciones naturales por sus propiedades medicinales. Los estudios de la biología reproductiva contribuirán a su conservación y manejo. Se reporta en este trabajo aspectos de su biología floral. Para ello se colectaron cinco plantas con numerosas flores, de cada planta se seleccionaron 3 estructuras florales en diferente estado reproductivo a los que se realizaron medidas morfométricas y seguimiento durante nueve días, así mismo se evaluó la proporción de polen/óvulos. Los resultados muestran que las flores bisexuales de *G. nitida* presenta dos etapas de desarrollo, la primera etapa es masculina donde las anteras se hacen dehiscentes mientras las ramas estigmáticas se encuentran cerradas, no receptivo y de menor tamaño que el androceo; la segunda etapa femenina donde, las anteras se dirigen a los pétalos y se hacen senescentes y el gineceo va emergiendo (va de 0.76 cm a 1.3 cm) y se torna receptivo. La proporción de polen/óvulos indica que se trata de una especie de polinización cruzada. La eficiencia reproductiva es del 55% en la formación de semillas. Los resultados muestran que *G. nitida* presenta características florales para propiciar la fecundación cruzada lo cual le estaría indicando que la especie podría presentar alta variabilidad genética.

Palabras clave: *Herampure*, *floración*, *Gentianaceae*



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y

PRIMER SISTEMA OPERACIONAL DE PRONÓSTICO DE CAUDALES EN PERÚ A PASO HORARIO

Waldo Lavado Casimiro^{1*}, Juan Carlos Jiménez Nina¹, Adrián Marko Huerta Julca¹

¹Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Lima, Perú

*Email: waldo.lavado@senamhi.gob.pe

La gestión del riesgo de desastres, en materia de riesgos hidrometeorológicos, involucra el conocimiento y entendimiento de la dinámica de los procesos hidrológicos en una cuenca, con especial énfasis en la relación precipitación-escorrentía. En ese sentido, es importante contar con sistemas de monitoreo y pronóstico de caudales, en tiempo cuasi-real, y a escala temporal reducida, que faciliten la vigilancia operacional de caudales en una cuenca.

El proyecto consiste en la implementación de un modelo hidrológico operacional, para contar con “información” adecuada que reduzca los niveles de incertidumbre de forzantes y salidas del modelo. En la actualidad, la cuenca del río Vilcanota, en el departamento de Cusco, cuenta con un sistema de monitoreo a paso diario; sin embargo, esta escala temporal no permite monitorear crecidas producto de tormentas de corta duración, y más aún, no facilita la previsión de crecidas instantáneas.

Asimismo, la modelación a nivel operacional requiere de la implementación de un framework que facilite al usuario la actualización de los estados del modelo en cada paso de tiempo, y la evaluación en tiempo cuasi-real de las salidas de este (Noh, Tachikawa, Shiiba, & Kim, 2013).

Como primer resultado para la implementación del modelo ya se realizó la evaluación y calidad de los datos horarios crudos de precipitación y caudal de las estaciones hidrometeorológicas automáticas ubicadas en el ámbito de la cuenca del río Vilcanota; también se está instalando cámaras en las estaciones hidrométricas para velocimetría y pluviómetros en la cuenca de estudio.

Palabras clave: *Sistema, pronóstico, caudal*

UPDATED HIGH-RESOLUTION GRIDS OF MONTHLY AIR TEMPERATURE OBSERVATIONS - PISCOT V1.2

Adrián Marko Huerta Julca^{1*}, Waldo Lavado Casimiro¹, Juan Carlos Jiménez Nina¹

¹Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Lima, Perú

*Email: adrhuerta@gmail.com

Recently, researchers have shown an increased interest in the development of high-resolution gridded datasets (HRGD) by its utility in different fields such as hydrology, climatology, and ecology. Previous studies in HRGD are largely based on regions with dense stations, however, there is no established methodology for sparse and heterogeneous areas as Peru. Therefore, a climatological aided merging (observed and satellite) for monthly / daily temperature (maximum and minimum) spanning from 1981 to 2016 at 0.1° (PISCOT v1.1) has been developed by the National Service of Hydrology and Meteorology (SENAMHI). In this work, we update PISCOT into 0.01° spatial resolution and through an independent validation in glacierized areas (Southern Peru) we evaluate its performance. We expect this new HRGD can be suitable for operational and research studies in complex mountain regions.

Keywords: *Air temperature, PISCOT, land surface temperature, mountain, Andes, Peru*

TEMPERATURA MEDIA INVERNAL DE LA SUPERFICIE TERRESTRE COMO INDICADORA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CORDILLERA VILCANOTA

Hairo León Dextre^{1*}, Katy Medina Marcos¹, Edwin Aníbal Loarte Cadenas¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña, (INAIGEM), Huaraz, Perú
*Email: hleon.permafrost@inaigem.gob.pe

El cambio climático tiene un claro impacto sobre la criósfera, especialmente en los glaciares tropicales debido a su estrecha relación que establecen con la temperatura. Para comprender la magnitud de este impacto se ha desarrollado el presente estudio, el cual busca evaluar los procesos del calentamiento en la Cordillera Vilcanota comprendida entre los 14°33'08" y 13°07'23" latitud sur y los 71°45'11" y 70°28'14" longitud oeste, empleando la temperatura superficial terrestre (LST) y el número de heladas superficiales obtenidos de los productos LST de MODIS Terra en el periodo 2002 a 2019 durante el invierno austral (junio-agosto).

Los resultados muestran que la relación entre la LST media mensual y la temperatura media mensual del aire tiene una correlación significativa que varía de 0.57 a 0.82, lo cual demuestra que los datos de LST tienen un bajo grado de incertidumbre. La distribución de la tendencia LST media de invierno aumenta en un 85% de las áreas, mientras que disminuye en 15% solo en pocas. Esta tendencia muestra que la LST media de invierno está aumentando a una tasa promedio de 0.89 °C / década. La tendencia del LST media durante el invierno tiene una relación directa con la altitud. Los efectos del calentamiento muestran un aumento 1.25 °C / década por encima de 5000 m s.n.m., mientras se tiene un aumento de 0.68 °C / década entre 1000-1500 m s.n.m. En las partes altas (≥ 5000 m s.n.m) el número de heladas superficiales tiene un valor cercano a 1 lo cual indica que son superficies más frías.

La dependencia de las tendencias de aumento de temperatura del LST con respecto a la altitud podría tener graves consecuencias para los recursos hídricos almacenados en los glaciares de la Cordillera Vilcanota, la cual cubre la mayor parte de la región de Cusco.

Palabras clave: *LST, temperatura superficial terrestre, heladas superficiales, sensoramiento remoto, MODIS, Cordillera Vilcanota*

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE BAJO COSTO PARA ZONAS DE ALTA MONTAÑA

Jean Pol Luján León^{1*}, César Verde Mendocilla¹

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

*Email: jjlujanleon@gmail.com

La necesidad de contar con información meteorológica en estudios hidrológicos en zonas de alta montaña, demanda instalar estaciones meteorológicas en estos ecosistemas. Sin embargo, la instalación de estas estaciones implica un alto costo; por ello, contar con estaciones meteorológicas de bajo costo permite cubrir más áreas de estudio. Entre las principales ventajas de una estación meteorológica basada en OpenSource destacan los bajos costos, la personalización y una mayor apertura a la innovación.

El diseño del prototipo de estación meteorológica se dividió en componentes mecánicos, electrónicos y de software. Así mismo, se consideró las directivas de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), los factores ambientales y climáticos que tiene una zona de alta montaña.

El prototipo se instaló en la Quebrada de Quilcayhuanca, a 3800 m s.n.m, junto a una estación meteorológica Campbell Scientific, con la finalidad de comparar sus medidas en horas determinadas. La estación Campbell captó medidas de temperatura promedio de 9.18 °C, máxima de 9.62 °C, una mínima de 8.48 °C, promedio de humedad relativa de 64.5% HR, de presión atmosférica de 646.8 mbar y de radiación 929.4 W/m². En la misma hora el prototipo entregó una temperatura promedio de 9.25 °C, una máxima de 9.81 °C, una mínima de 8.51 °C, 64.5% HR como promedio de humedad relativa, 646.88 mbar de presión y 930.45 W/m² en radiación.

Se concluye que, los datos captados en el prototipo de estación meteorológica son muy similar al de las estaciones convencionales. La diferencia promedio en temperatura es de 0.15 °C, en humedad de 1% HR, en presión atmosférica 0.14 mbar y en radiación solar del 6% o 40 W/m². El costo beneficio es de 4 a 10 veces menor. Así mismo, se pone a disposición de la comunidad científica una herramienta de precisión, accesible y personalizable de acuerdo al interés del estudio.

Palabras clave: Prototipo de bajo costo, precisión, OpenSource, estación meteorológica, validación

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF WRF PRECIPITATION ASSOCIATED WITH THE REGIONAL-LOCAL CIRCULATION IN THE TROPICAL ANDES

Alan García Rosales^{1*}, Rosmeri Porfirio da Rocha², Clementine Junquas³

¹Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Lima, Perú

²Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences (IAG), Sao Paulo, Brasil

³Université Grenoble Alpes, Institute of Environmental Geosciences, Grenoble, Francia

*Email: jesusgarciaabio@gmail.com

During the austral summer, the precipitation in the Rio Santa basin, localized in the Tropical Andes, is strongly influenced by the interaction between large-scale circulation with local processes. However, this interaction has not been fully explored in the region. Therefore, the identification of the circulation patterns, and how occurs the interaction with local and regional-scale mechanisms influences the rainfall development is the main objective of this work. The analysis used fine resolution Weather Research and Forecasting (WRF) simulations nested in ERA5 reanalysis data. Different combinations of parameterizations were evaluated with a horizontal grid size of 5 km, to find the most suitable configuration for simulating the observed diurnal cycle of precipitation. Once identified the configuration, longer nested simulations (December 2012 until March 2013) with a horizontal grid size of 6 km and 2 km were performed. Estimated (TRMM, CMORPH, PISCO, CHIRPS) and local observations were used to validate the simulations. The chosen WRF configuration consists mainly of the Goddard microphysics and the Betts-Miller-Janjic cumulus parametrization. This configuration can simulate the main features of the observed diurnal cycle of precipitation, according to the in-situ data. However, the model still overestimates precipitation. In assessing the circulation associated with the precipitation diurnal cycle it was identified as a westerly flow during the daytime, which is perpendicular to the Andes and enters through the north of the basin. This near-surface flow is vital for the development of rainfall over the western slopes-highlands of the basin from noon to mid-afternoon. At the same time, on the eastern side of the basin, the coastal moisture transport converges with Amazon easterly flow over the mountains causing precipitation. On the other hand, between the late afternoon and early night, the rainfall predominates on the eastern slope associated with the upslope valley winds persisting in this period.

Keywords: *Circulation patterns, WRF, parameterizations, diurnal cycle*

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO KARSTICO FISURADO EN LA COMUNIDAD DE PUCAMARCA, CHINCHERO, CUSCO

Carlos Wiliam Huamán Sucso^{1*}, Yuosef Gavino Valenzuela Valenzuela¹

¹Centro Bartolomé de las Casas, Cusco, Perú

*Email: karlwil666@gmail.com

El área de estudio se encuentra ubicado en la Región de Cusco, provincia de Urubamba, distrito de Chinchero, Comunidad de Pucamarca, sobre los 3715 m s.n.m que está comprendido dentro de la Microcuenca Piuray Ccorimarca. En tal espacio geográfico se encuentra la quebrada de Pucamarca, en el cual existen surgencias de manantes asociados a rocas calizas que son usados para el consumo y riego de la población.

Las rocas aflorantes comprenden una gran estructura de un acuífero karstico fisurado el cual tiene un comportamiento diferente respecto a un acuífero de rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas que no sean carbonatadas por la propiedad de disolución y formación de cavidades karsticas en contacto con el agua circulante a través de las fisuras.

A estas rocas están asociados depósitos con composición arcillosa en partes cubriendo al acuífero, los cuales presentan muy baja permeabilidad, por ende no son adecuados realizar sistemas de recarga como zanjas de infiltración para la captación de aguas de lluvia y mucho menos cuando el acuífero es de composición carbonatada en el cual la circulación dominante de agua es a través de sus fisuras formando disoluciones y no por la porosidad como ocurre en otro tipo de rocas.

Y ante el principal problema de la escasez de agua para el consumo y riego, surge la necesidad de realizar infraestructuras de almacenaje y/o recarga adecuados para este tipo de litologías, para mejorar la disponibilidad y aumentar la resiliencia en épocas de estiaje.

Por lo cual es necesario conocer sus características geológicas, geomorfológicas, estructurales, hidrogeológicas, hidrológicas, hidrometeorológicas y para obtener una información más precisa del subsuelo será necesario ejecutar métodos indirectos de prospección geofísica de Tomografía de resistividad Eléctrica (ERT), que permita conocer características como el comportamiento geométrico a profundidad, niveles freáticos, grado de fracturación y otros componentes de la estructura del acuífero kárstico fisurado.

Palabras clave: *Hidrogeología, acuífero, calizas, kárstico, geofísica, tomografía eléctrica*

DRY SEASON CIRCULATION TYPE CLASSIFICATION APPLIED TO PRECIPITATION AND TEMPERATURE IN THE PERUVIAN ANDES

Marti Bonshoms Calvelo^{1*}, Francisco José Álvarez García¹, William Cabos Narváez¹, José Úbeda Palenque¹

¹Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

*Email: martibon@ucm.es

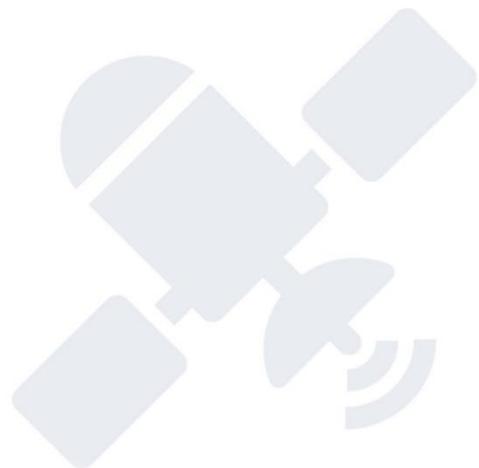
We present the first application of a systematic circulation regimes classification that characterizes the Tropical Andes during the dry season (May-August). The k-means clustering method is used on reanalysis data of daily mean geopotential height at the 500-hPa and 200-hPa levels for the period 1981-2015. Combining the variability in intensity and location of the geopotential upper-level anomalies, 15 Circulation Types (CT) are established. The relationship between the CTs and surface conditions in the Peruvian Andes (PA) is analysed using a high resolution daily temperature and rainfall gridded dataset. More intense precipitation is linked to 4 cyclonic CTs characterized by an Upper Tropospheric Trough (UTT) centred at subtropical latitudes (~30°S) and between -78.75°W to -71.25°W of longitude. Drier conditions across the entire PA appear particularly for 3 strongly anticyclonic CTs. Strong variations in daily minimum and maximum temperatures can be related to the effect of day/night cloudiness in the radiative balance, but also to subtropical cold air advections favoured by the UTT. CTs featuring warmer conditions have become more frequent in the last decades of the record, the opposite holding for cold CTs. There is no systematic link between positive or negative trends in occurrence and the wetter and drier character of the CTs. The annual frequency of 9 CTs are significantly correlated with sea surface temperature anomalies in the equatorial Pacific Ocean, with warmer and drier (cooler and wetter) CTs generally preceded by an El Niño (La Niña) pattern in the previous wet season (December-March).

Palabras clave: *Andes, circulation types, Kmeans, precipitation, temperature, Tropics*



LAS
MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

TELEDETECCIÓN



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

ÁRBOL DE DECISIONES PARA LA DELIMITACIÓN DE GLACIARES, LAGUNAS, SOMBRAS, BOSQUES RELICTOS Y HUMEDALES EN LA U.H. DE PARIAC- RAJUCOLTA, CON DATOS DE SENSORES REMOTOS

Raquel Del Pilar Ríos Recra^{1*}

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

*Email: rrios@inaigem.gob.pe

El entendimiento de la realidad en el funcionamiento de los ecosistemas es una necesidad del ser humano por la relación que existe de la sociedad con las dimensiones del territorio por los recursos que utiliza de ellos para la supervivencia.

La variedad espaciotemporal de las coberturas vegetales de los ecosistemas de montaña complica la delimitación a gran escala para la gestión de los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos; por este motivo se utilizó datos de sensores remotos (óptico y radar) para identificar de manera semiautomática los ecosistemas que presentan variados tipos de coberturas vegetales reflejadas en cada pixel de una imagen satelital para este caso del sensor óptico Sentinel 2 y el relieve terrestre con el sensor radar Alos Palsar.

Fue posible realizar un árbol de decisiones que nos ayude a clasificar en base a la respuesta espectral de las superficies escogidas y en base al conocimiento de la ubicación de las coberturas en un mismo espacio con diferente relieve; debido a que los diferentes ecosistemas tienen comportamientos similares en los rangos espectrales característicos para la vegetación.

El resultado muestra un árbol de decisiones que utiliza 04 raster de sensor óptico normalizados con datos corregidos a nivel de reflectancia en superficie, un raster de división de bandas SWIR y BLUE para delimitación de glaciar, un raster de división de bandas VNIR y BLUE para delimitación de espejos de agua y sombras, un raster de división de bandas VNIR y RED para delimitación de Bosque Relicto, 02 raster de sensor radar de relieve, uno con datos de altitudes en metros y otro con datos de pendiente en grados y el cálculo de Índice de Infrarrojos que resalta los píxeles con presencia de humedad en el suelo, para la delimitación de humedales y bosques relictos; obteniendo un análisis de exactitud final (K=0.98), mostrando un alto grado de concordancia, validado con información de puntos tomados en campo de coberturas representativas de los ecosistemas presentados.

Palabras clave: *Ecosistemas, teledetección, árbol de decisiones, humedales, bosques relictos*

ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES EN LAGUNAS DE ORIGEN GLACIAR MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN, CORDILLERA BLANCA, PERÚ

Gladis Celmi^{1*}, Mayra Mejía¹, Lucas Torres¹

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

*Email: gcelmi@inaigem.gob.pe ; gladistch@gmail.com

El monitoreo de lagunas de origen glaciar es limitado, debido a la accesibilidad, altos costos en logística y mano de obra calificada; ello dificulta la disponibilidad de información sobre la oferta hídrica que es importante para fines de gestión y toma de decisiones.

De acuerdo al inventario desarrollado por INAIGEM, la Cordillera Blanca tiene 722 lagunas con áreas mayores a 5 km², de los cuales pocas cuentan con batimetría, entre ellas la laguna Palcacocha con datos del año 2016.

El objetivo de este trabajo es establecer una metodología confiable y replicable para estimar los volúmenes de agua en lagunas de origen glaciar, mediante el uso de técnicas de teledetección; para ello se utilizaron imágenes Sentinel del año 2016 y LandSat de los años 2007 y 2013, los cuales fueron previamente corregidas topográfica, atmosférica y radiométricamente; en base a estas imágenes se obtuvo el mapa de Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificada (MNDWI), y a partir de los trabajos batimétricos se elaboró el mapa de niveles de profundidad.

La correlación de los datos pixel a pixel entre los mapas generados, arrojó un $R^2 = 0.6$. La función que presentó un mejor ajuste fue la ecuación polinómica; con la cual se determinaron los niveles de profundidad en función a valores del MNDWI. El volumen de agua de las lagunas se estimó a partir del área y de las profundidades obtenidas.

El método se aplicó a cuatro lagunas de la Cordillera Blanca, las que fueron categorizadas de acuerdo a su superficie y profundidad, esto para comparar el método en lagunas con diferentes extensiones y profundidades.

Los resultados muestran que los volúmenes de agua estimados a partir del MNDWI, fueron muy cercanos a los determinados con información batimétrica, mostrando una variabilidad de +/-10%, obteniendo mejores resultados para lagunas extensas y de poca profundidad.

Palabras clave: *Lagunas de origen glaciar, volumen de lagunas, profundidad de lagunas, imágenes satelitales, MND*