

VIII SIMPOSIO
LAS MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

CUSCO
22 AL 25 OCTUBRE 2025

LIBRO DE RESÚMENES

LAS MONTAÑAS NUESTRO FUTURO 2025

WWW.SIMPOSIO.INAIGEM.GOB.PE



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA



PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM, con el apoyo de diversas instituciones, los invita a participar de la octava edición del Simposio "Las Montañas, Nuestro Futuro" (MONFU), con el objetivo de conmemorar el Año Internacional de la Conservación de los Glaciares, y generar un espacio de intercambio y reflexión sobre la importancia de los glaciares, los principales impactos que genera su acelerada desglaciación y las estrategias de respuesta que se pueden promover ante esta situación.

El INAIGEM tiene como finalidad fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña, y es por ello que desde el 2018 desarrolla el Simposio "Las Montañas Nuestro Futuro" (MONFU). Y en este 2025, se priorizan los temas relacionados con glaciares, como parte de las actividades que se desarrollan como parte del Año Internacional de la Conservación de los Glaciares. Generar conciencia sobre la importancia de los glaciares en nuestro país es particularmente relevante porque el Perú concentra el 68% de los glaciares tropicales del mundo y ha perdido más del 56% de la superficie glaciar, en los últimos 60 años. De acuerdo a los datos generados por el INAIGEM, en el año 2020 los glaciares cubrían una superficie aproximada de 1050 km², y Ayacucho era el primer departamento en perder toda su superficie glaciar.

Ante esta situación, la octava edición del Simposio "Las Montañas Nuestro Futuro" (MONFU) ha priorizado la discusión sobre los resultados de nuevos estudios glaciológicos, y sobre los impactos que genera el retroceso glaciar en la cantidad y calidad de agua, en el incremento de los peligros de origen glaciar, y en la sociedad en general. Asimismo, se busca compartir avances en alternativas de respuesta ante esta pérdida glaciar, para promover acciones de adaptación a estos impactos. Para ello se contará con conferencias magistrales, presentaciones orales y de posters, mesas de discusión y una feria de experiencias.

OBJETIVO GENERAL

Generar un espacio de intercambio y reflexión sobre la importancia de los glaciares, los principales impactos que genera su acelerada desglaciación y las estrategias de respuesta que se pueden promover ante esta situación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conmemorar el Año Internacional de la Conservación de Glaciares

Compartir y discutir los resultados de nuevas investigaciones glaciológicas básicas y aplicadas a la comprensión de los impactos del retroceso glaciar y alternativas de respuesta.

Vincular la ciencia y la política mediante visitas de campo y la discusión de hallazgos e instrumentos que contribuyan a fortalecer las estrategias de adaptación al cambio climático y soluciones innovadoras para responder ante los impactos del retroceso glaciar.

LINEAS TEMÁTICAS

TEMA 1

Estudios glaciológicos

- Retroceso y volúmenes glaciares
- Influencia del clima y transporte de aerosoles en el retroceso glaciar
- Partículas absorbentes de luz y contaminantes en glaciares
- Proyección futura de glaciares

TEMA 2

Impactos y respuestas del retroceso glaciar

- Incremento de peligros de origen glaciar
- Impactos ecosistémicos por el retroceso glaciar
- Impactos hidrológicos por el retroceso glaciar
- Impactos socioeconómicos por el retroceso glaciar
- Respuestas y resiliencia ante el retroceso glaciar

A continuación presentamos el resumen de los trabajos que han sido seleccionados para presentarse como exposiciones orales y como pósters en la presente edición del Simposio "Las Montañas Nuestro Futuro".

EXPOSITORES --- INVITADOS



CHARLA INAUGURAL

El acelerado cambio climático de la Tierra: Glaciares tropicales del Perú y puntos de no retorno

Dr. Lonnie Thompson

Profesor Universitario Distinguido

Centro de Investigación Polar y Climática Byrd

Escuela de Ciencias de la Tierra· Universidad Estatal de Ohio· Estados Unidos

Durante los últimos 50 años, mis colegas de muchas instituciones distintas y yo hemos estudiado los glaciares y casquetes de hielo tanto del sur como del norte de Perú. Desde 1974 hemos observado y perforado el casquete de hielo de Quelccaya, ubicado al sur de Cusco, convirtiéndolo en el glaciar tropical monitoreado por más tiempo en la Tierra. Quelccaya ha proporcionado una notable historia del cambio climático y ambiental de los últimos 1800 años. Entre 1985 y 2024, el casquete ha perdido el 42% de su superficie y el 61% de su cobertura de nieve, y en un futuro muy cercano corre el riesgo de cruzar un "punto de inflexión" a partir del cual podría no recuperarse.

El segundo glaciar al que hemos prestado especial atención es el Nevado Huascarán en la Cordillera Blanca. En 2019, junto a nuestros colegas peruanos del INAIGEM perforamos núcleos de hielo hasta la roca madre en el collado y la cumbre sur de la montaña. El análisis de estos núcleos proporciona una historia de 30,000 años de variaciones climáticas y ambientales. Los datos de los núcleos de hielo, combinados con modelos climáticos, mediciones satelitales modernas y la teoría del equilibrio radiativo-convectivo, muestran que el $\delta^{18}\text{O}$ (una de las especies químicas que medimos en el hielo) es quizás nuestro mejor indicador de las temperaturas globales.

Además de los extensos registros climáticos y ambientales obtenidos a partir del polvo mineral y los datos químicos, los núcleos de hielo proporcionan los primeros registros tropicales de gases atmosféricos como el metano. Los registros del Huascarán muestran variaciones tanto en las concentraciones de metano tropicales —específicamente del Amazonas— como globales desde el último período glacial.

Los glaciares en Perú proveen recursos hídricos vitales para millones de personas que los utilizan para el consumo, saneamiento, producción de alimentos, generación de energía hidroeléctrica y otras actividades económicas críticas. El derretimiento acelerado de estos glaciares genera la pérdida de historias climáticas únicas e irremplazables, y augura impactos económicos, agrícolas y culturales profundos en las comunidades locales.

El destino de los glaciares de Perú refleja el de todos los demás glaciares tropicales del planeta, con impactos similares en las comunidades que dependen de ellos. Necesitamos mejorar nuestro enfoque para generar conciencia global sobre las amenazas del cambio climático. Esto requerirá que comuniquemos nuestra ciencia a los responsables de formular políticas y, aún más importante, que convenzamos al público de que el cambio climático está inextricablemente ligado a nuestra salud, nuestros medios de vida y, en última instancia, a la economía global.

CHARLAS MAGISTRALES

Reconstrucción del clima y cambios ambientales del pasado a partir de depósitos y formas del relieve glaciares

Dra. Carolyn Eyles

Universidad de McMaster, Canadá

Los paisajes que estuvieron anteriormente cubiertos por glaciares preservan un registro de los cambios climáticos y ambientales asociados con el avance y retroceso del hielo, tanto en sus formas del relieve superficial como en los sedimentos del subsuelo.

Interpretar el registro paleoclimático y paleoambiental conservado en los depósitos glaciares requiere comprender los procesos glaciares y sedimentarios actuales, así como contar con información de alta resolución sobre las características de los sedimentos y formas del relieve.

Esta presentación describe los enfoques y metodologías que pueden utilizarse para reconstruir cambios ambientales del pasado a partir de depósitos y formas del relieve glaciar, y proporcionará ejemplos de Islandia y el sur de Ontario (Canadá). Nos enfocaremos particularmente en los depósitos y formas glaciares que pueden encontrarse en regiones de gran altitud, como los Andes.

También se presentará un análisis reciente de las formas del relieve y sedimentos en las lagunas Palcacocha, Llaca y Shallap, ubicadas en la Cordillera Blanca, para enfatizar la importancia de comprender el registro deposicional glaciar con el fin de poder predecir los impactos del cambio climático y ambiental actual y futuro.

Percepción del riesgo, experiencia con eventos extremos y adaptación en un contexto de retroceso glaciar y cambio climático en las montañas de Perú

Dr. Fredy Monge

Universidad Peruana Cayetano Heredia

El cambio climático es el principal causante del retiro de los glaciares y está provocando una serie de fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares (GLOF), cambios en la disponibilidad de agua que impactan en las comunidades de montaña. Por lo tanto, son relevantes los estudios destinados a comprender los comportamientos de adaptación en estos escenarios. La experiencia de las personas con eventos extremos actúa como un mediador fundamental para percibir el cambio climático como una amenaza urgente. Las experiencias están determinadas por el tipo de evento extremo (sequía, inundación) en las comunidades que tienen como medios de vida el pastoreo y son pequeños agricultores, las sequías se perciben como un colapso de los medios de subsistencia y en consecuencia inseguridad alimentaria prolongada, mientras que las inundaciones se experimentan como daños físicos inmediatos y desplazamientos forzados. Además, la percepción del riesgo juega un rol importante en la adopción de comportamientos de adaptación por parte de las personas y las comunidades.

El objetivo de este estudio fue predecir la disposición para la adaptación en escenarios de retroceso glaciar, se ha considerado como factores predictores la experiencia con eventos extremos, temor hacia eventos extremos y la percepción de riesgo. El método survey y la técnica de entrevistas asistidas por computadora (CAPI) fueron utilizados. La muestra estuvo conformada por 2024 individuos de 11 comunidades que habitan cerca a los glaciares en la región andina de Perú. Respecto a los procedimientos para el análisis se ha utilizado la regresión múltiple jerárquica con el propósito de identificar los predictores relevantes. Los resultados muestran que la edad, el nivel educativo, experiencia con sequías, experiencias con inundaciones, el miedo a las sequías, el miedo a las inundaciones y la percepción de riesgo del cambio climático fueron identificados como predictores significativos.

La experiencia con sequías, el miedo a las inundaciones y la percepción de riesgo presentaron un mejor efecto sobre la disposición para la adaptación en comparación de los factores sociodemográficos. El miedo a las sequías proporciona un poder explicativo adicional más allá de la experiencia, evidenciando que las respuestas afectivas, en particular hacia los fenómenos meteorológicos extremos, desempeñan un papel importante en la motivación de la adaptación. En general el modelo explicó 18% de la varianza. Se discuten las implicancias en los planes de comunicación de riesgos y las políticas de adaptación al cambio climático.

Glaciares en retroceso, decisiones en avance: Aprendizajes de la ciencia a la acción

Karen Price

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina 'CONDESAN'

Será una oportunidad para compartir lo aprendido en proyectos relacionados a glaciares y ecosistemas de montaña, abordando los principales hallazgos y cómo la información producida ha servido para orientar decisiones y promover acciones en torno a la gestión del agua, los ecosistemas de montaña y la gestión de riesgos. A través de ejemplos prácticos, se mostrará cómo el conocimiento científico puede transformarse en insumos útiles para la política pública y el desarrollo económico, cuando se trabaja de manera conjunta con comunidades, instituciones técnicas y gobiernos. Finalmente se invita a reflexionar sobre los retos que plantea la implementación de políticas en territorios de montaña, la importancia de la colaboración multidisciplinaria y el valor del trabajo comunitario, y el rol movilizador de los profesionales ligados a la temática para fortalecer la resiliencia andina en un contexto de cambio climático.

PRESENTACIONES ORALES

RETROCESO Y VOLÚMENES GLACIARES



Ecuador bajo deshielo: Un modelo espacio - temporal del retroceso de glaciares tropicales en Ecuador y su comparación con un glaciar antártico

Gabriel Jácome Aguirre¹, Oscar Rosales Enríquez, Paul Arias Muñoz

¹Universidad Técnica del Norte- Ecuador

Los glaciares tropicales del Ecuador han experimentado un retroceso acelerado en las últimas décadas, convirtiéndose en importantes indicadores del cambio climático. Este estudio presenta un análisis espacio-temporal del retroceso de siete glaciares tropicales ubicados en los volcanes Chimborazo, Cotopaxi, Cayambe, Antisana, Illinizas, Carihuairazo y El Altar, durante el período 1990–2024. Se emplearon imágenes Landsat y técnicas de teledetección multiespectral, aplicando el Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) para la delimitación de coberturas glaciares, complementado con clasificación supervisada y validación mediante el coeficiente Kappa. La evolución de las áreas fue modelada mediante regresiones lineales y polinómicas, permitiendo cuantificar tanto la tendencia como la aceleración en la pérdida de cobertura glaciar. Los resultados muestran una partida casi total del glaciar Carihuairazo, mientras que el de los Illinizas presentó la mayor pérdida (78,16%), atribuida a su menor altitud y volumen. Por otra parte, el nevado Cayambe mostró la menor disminución (17,43%), favorecido por su ubicación ecuatorial y condiciones climáticas estables. Adicionalmente, se analizó el glaciar Quito, ubicado en la isla Greenwich (Antártida), en el área de influencia de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado. Esta comparación permitió contrastar el comportamiento de los glaciares tropicales con un glaciar polar, evidenciando diferencias en tasas de retroceso. La cartografía generada permitió construir un viaje multimedia 3D que identifica zonas críticas de pérdida glaciar. Estos hallazgos resaltan la vulnerabilidad de los glaciares frente al cambio climático global y subrayan la necesidad de monitoreo continuo y políticas de adaptación diferenciadas para entornos tropicales y polares.

Evidencias de Berilio-10 sobre la conexión entre el enfriamiento boreal y la dinámica glacial de la cordillera Blanca (Perú)

Angel Gonzalo Luna Guillen¹

¹CRYOPERU

Este estudio presenta una nueva cronología de las fluctuaciones de los glaciares tropicales en la Cordillera Blanca (Perú) basada en edades de exposición de ^{10}Be . 23 edades fueron obtenidas por este trabajo en cinco grupos de morrenas (M1-M5) al suroeste del Nevado Hualcán y 69 edades fueron recalculadas de los datos previamente publicados en los sitios Llaca, Cojup, Uquián, Gueshgue y Jelluesh, donde las morrenas fueron reclasificadas siguiendo el mismo esquema M1-M5. La transformación de la información del laboratorio (átomos/g de muestra) en cronologías se realizó en la herramienta online CREp (<https://crep.otelo.univ-lorraine.fr/#/>). Se excluyeron todos los valores atípicos (outliers) debidos a envejecimiento de las edades por herencia de ^{10}Be cosmogénico o rejuvenecimiento por erosión de las superficies muestreadas. La nueva cronología unificada ^{10}Be CREp de los grupos M1-M5 revela avances y/o estancamientos glaciares sincronos en la Cordillera Blanca contemporáneos con eventos paleoclimáticos clave: el inicio del Último Ciclo Glacial (~120 ka), un Last Glacial Maximum temprano (~33-19 ka), el Heinrich Stadial 1 (~18-14 ka), el Younger Dryas (~13-11 ka) y la Pequeña Edad de Hielo (~0.8-0.2 ka). Los resultados sugieren teleconexiones interhemisféricas entre la evolución de los glaciares de la Cordillera Blanca y las fases de enfriamiento boreal debidas a interrupciones de la Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) que impulsa un fortalecimiento del South American Summer Monsoon (SASM), un desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) y un aumento de la humedad que resultó en balance de masa positivo y avances glaciares en la Cordillera Blanca.

Optimización de mapeo de superficies glaciares mediante un algoritmo de clasificación de píxeles permanentes y temporales en la subcuenca Quillcay, Ancash, Perú

Rodrigo Julio Cueva Espinoza¹, Samantha Briseyda Achic Arredondo, Bram Leo Willems

¹Universidad Peruana Cayetano Heredia

El retroceso acelerado de los glaciares tropicales en la subcuenca del río Quillcay, Cordillera Blanca (Perú), representa un desafío ambiental crítico, afectando la disponibilidad, calidad del agua y la generación de riesgos asociados para más de 140 000 habitantes. Estos glaciares han experimentado una pérdida sostenida de superficie, dificultada en su monitoreo por la alta nubosidad y la variabilidad estacional. Este estudio presenta un enfoque innovador que combina imágenes Sentinel-2 preprocesadas, un modelo de aprendizaje automático Random Forest y un algoritmo de permanencia desarrollado en lenguaje Python para delimitar con precisión la cobertura glaciaria. El modelo Random Forest, entrenado con tres mil puntos de referencia, alcanzó un F1-score de 0.956 y un coeficiente Kappa de 0.933, demostrando alta capacidad discriminativa. La aplicación del algoritmo de permanencia sobre series mensuales entre 2016 y 2024 generó mapas anuales que evidencian el retroceso progresivo y clasifican la dinámica glaciaria según la permanencia de los píxeles. La validación con el inventario del INAIGEM mostró alta concordancia, con solo 0.08% de diferencia en el área estimada para 2020, un Índice de Intersección sobre Unión (IoU) de 0.883 y un área de intersección de 24.79 km². Estos resultados superan ampliamente el método tradicional NDSI y acercan las estimaciones a la realidad observada. La metodología propuesta es una herramienta robusta, replicable y precisa para el monitoreo dinámico de glaciares tropicales, fortaleciendo la gestión de riesgos y la planificación hídrica en un contexto de cambio climático.

Balance de masa geodésico del nevado Coropuna (2005 - 2024)

Daryl Ayala¹, Alexzander Santiago Martel, Luzmila Davila Roller

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

El sur del Perú presenta condiciones climáticas áridas, donde una parte significativa de la población vulnerable depende del agua de deshielo proveniente de glaciares para consumo humano, riego y generación de energía. El Nevado Coropuna, ubicado en la región de Arequipa, constituye la masa de hielo más grande de los trópicos, lo que resalta su importancia hidrológica y climática.

El presente estudio cuantifica la pérdida de masa glaciar del Coropuna entre 2005 y 2024 mediante un balance de masa geodésico. Para ello se emplearon pares estereoscópicos de imágenes ASTER, procesados con el paquete PyMMASTER, que integra el software MicMac especializado en la generación de Modelos Digitales de Elevación (DEM) a partir de imágenes ópticas. Posteriormente, los DEM fueron coregistrados utilizando el método de Nuth & Kääb, minimizando errores sistemáticos y sesgos.

Los resultados indican que, en casi dos décadas, el Nevado Coropuna ha perdido aproximadamente $-631,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua equivalente, lo que refleja un retroceso significativo de su masa glaciar. Esta pérdida representa una reducción sustancial en la disponibilidad de recursos hídricos para las comunidades aledañas y evidencia la acelerada respuesta de este glaciar tropical al cambio climático.

Este trabajo contribuye a mejorar el conocimiento de la dinámica glaciar en los Andes tropicales y proporciona información clave para la gestión de recursos hídricos y la formulación de políticas de adaptación en zonas de alta vulnerabilidad climática.

Estimación de la reserva de agua que almacena el casquete glaciar Quelccaya, mediante la combinación de técnicas de radio sondaje y modelamiento de espesores glaciares

Oscar Vilca¹

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

El casquete glaciar Quelccaya, es un indicador clave de los efectos del cambio climático en los ecosistemas glaciares. En el contexto del calentamiento global, este glaciar ha sufrido una reducción de 23.4 km² en los últimos 40 años, en la actualidad tiene un área aproximada de 37.4km². El registro de datos en campo se realizó mediante técnicas de radio sondaje a través de un Georradar de Penetración de baja frecuencia de 10.4 MHz, diseñado para condiciones de hielo macizo con un alcance de hasta 200 m de profundidad, además se optimizó el modelo Glabtop para una mejor representación de las características de los diferentes glaciares que conforman el Quelccaya. Se obtuvo un total de 30,871 puntos con datos de profundidad obtenidos en 44 km de longitud en diferentes transectos sobre el glaciar, estos datos se sometieron a comparación con resultados obtenidos en diferentes corridas del modelo Glabtop logrando optimizar el modelo que mejor representa las condiciones de los glaciares que conforman el casquete. El Quelccaya almacena 2239 Hm³ de agua aproximadamente, cantidad de agua suficiente para abastecer por 100 años a la población actual de la ciudad del Cusco, lo que lo convierte en un gran lago congelado, donde el 53% se encuentra en la cuenca del río Urubamba (Cusco) y el 47% en la cuenca del río Inambari (Puno). El conocimiento actual de los recursos hídricos congelados, así como del retroceso de los glaciares, permitirá estimar el futuro de la reserva de agua en un contexto de Cambio Climático.

Impacto de la fusión glaciar en la formación de lagunas supraglaciares y la estabilidad de las morrenas en el glaciar cubierto Kinzl

Yadira Curo¹, Alexzander Santiago Martel, Renzo de la Cruz, Rahab Sanchez

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

Los glaciares cubiertos por detritos representan una importante reserva de agua en estado sólido. Estas crioformas están protegidas por una capa superficial de material detrítico, la cual actúa como un aislante frente a las condiciones atmosféricas, retardando así su respuesta frente al cambio climático. No obstante, a pesar de esta protección, estos glaciares están siendo significativamente afectados por los procesos de fusión, los cuales se ven evidenciados en la formación de lagunas supraglaciares, y la inestabilidad de las morrenas circundantes. Durante el periodo de estudio comprendido entre junio de 2024 y mayo de 2025, el glaciar Kinzl presentó notables transformaciones en su superficie glaciar. En un área de análisis de 437 315.6 m², se registró una pérdida de volumen de -404 356.2 m³ de hielo por fusión glaciar y una pérdida máxima de espesor de -32.4 m, estos cambios fueron registrados en la áreas de formación de lagunas supraglaciares. Además, en junio del 2024 se identificaron 15 lagunas y al cierre del estudio este número se incrementó a 17 lagunas, registrándose la formación de dos nuevas lagunas, una de ellas con una superficie superior a los 8500 m². Finalmente la inestabilidad de las morrenas, como los registrados en la zona oriental del glaciar donde se aprecian los agrietamientos y 11 zonas de desprendimientos a lo largo del acceso al nevado Chopicalqui, generando un desprendimiento de material morrénico de 1378.7 m³ y en la zona occidental se identificó 9 áreas de desprendimiento, con un movimiento de material de 977.1 m³.

Influencia de la capa detrítica en la atenuación térmica del aire en el glaciar Llaca, cordillera Blanca, Perú

Fredy Hualpa Inquilla¹, Alexzander Santiago, Luzmila Dávila, Efraín Lujano

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

La Cordillera Blanca alberga una de las mayores concentraciones de glaciares tropicales del planeta. Sin embargo, el cambio climático ha acelerado su retroceso, con repercusiones directas en la disponibilidad de recursos hídricos. En este contexto, la capa detrítica, compuesta por sedimentos, rocas y otros materiales que cubren parcial o totalmente la superficie glaciar, juega un papel clave en la modulación de los procesos de deshielo y la atenuación de la temperatura del aire. Este estudio evalúa la influencia de la capa detrítica en la atenuación térmica del aire en el glaciar Llaca, Cordillera Blanca, Perú, para lo cual se instalaron sensores de temperatura con una secuencia de registro continuo en tres tipos de condiciones: (1) enterrado en la capa detrítica (ECD), (2) superficie del glaciar cubierto (SGC) y (3) superficie libre de detritos (SLD). Los resultados indican que el ECD actúa como un aislante térmico eficiente, manteniendo temperaturas cercanas a 0 °C con baja variabilidad diaria. En contraste, el SGC presentó amplitudes térmicas diarias de 3,5 °C a 7,0 °C, evidenciando menor capacidad aislante y mayor respuesta a las condiciones atmosféricas. La SLD mostró valores intermedios (2,5 °C a 4,6 °C), atribuibles al efecto del albedo del hielo expuesto. Las diferencias en las temperaturas diarias entre las capas fueron altamente significativas ($p < 0,01$), confirmando que la capa detrítica modula el microclima térmico de la superficie glaciar. Estos hallazgos tienen implicaciones para la comprensión del derretimiento diferencial y la gestión de los recursos hídricos en ambientes de alta montaña.

Impacto de la fusión glaciar en la formación de lagunas supraglaciares y la estabilidad de las morrenas en el glaciar cubierto Kinzl

Yadira Curo¹, Alexzander Santiago Martel, Renzo de la Cruz, Rahab Sanchez

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

Los glaciares cubiertos por detritos representan una importante reserva de agua en estado sólido. Estas crioformas están protegidas por una capa superficial de material detrítico, la cual actúa como un aislante frente a las condiciones atmosféricas, retardando así su respuesta frente al cambio climático. No obstante, a pesar de esta protección, estos glaciares están siendo significativamente afectados por los procesos de fusión, los cuales se ven evidenciados en la formación de lagunas supraglaciares, y la inestabilidad de las morrenas circundantes. Durante el periodo de estudio comprendido entre junio de 2024 y mayo de 2025, el glaciar Kinzl presentó notables transformaciones en su superficie glaciar. En un área de análisis de 437 315.6 m², se registró una pérdida de volumen de -404 356.2 m³ de hielo por fusión glaciar y una pérdida máxima de espesor de -32.4 m, estos cambios fueron registrados en la áreas de formación de lagunas supraglaciares. Además, en junio del 2024 se identificaron 15 lagunas y al cierre del estudio este número se incrementó a 17 lagunas, registrándose la formación de dos nuevas lagunas, una de ellas con una superficie superior a los 8500 m². Finalmente la inestabilidad de las morrenas, como los registrados en la zona oriental del glaciar donde se aprecian los agrietamientos y 11 zonas de desprendimientos a lo largo del acceso al nevado Chopicalqui, generando un desprendimiento de material morrénico de 1378.7 m³ y en la zona occidental se identificó 9 áreas de desprendimiento, con un movimiento de material de 977.1 m³.

PRESENTACIONES ORALES

INFLUENCIA DEL CLIMA Y TRANSPORTE DE AEROSOLES EN EL RETROCESO GLACIAR



Cobertura de nieve y retroceso glaciar en el centro y sur del Perú: Tendencias y relación con índices climáticos

Andres Atilio Durand Cruces¹

¹Universidad Nacional Agraria La Molina

El retroceso glaciar en los Andes peruanos refleja los impactos del cambio climático y constituye una amenaza para la seguridad hídrica de las poblaciones altoandinas. En este estudio se analizó la dinámica de la cobertura de nieve en dos regiones: un conjunto glaciar representativo del Parque Nacional Huascarán en la zona centro, y el glaciar Ausangate en la zona sur. El objetivo fue identificar diferencias en las tasas de pérdida y explorar la influencia de los principales índices climáticos durante los últimos 25 años. Para ello, se emplearon datos de cobertura glaciar del producto Mapbiomas Glaciares v3 (2025), observaciones satelitales MODIS (2000–2024) y series de índices climáticos. Los resultados muestran que la zona sur registra un retroceso más acelerado, con una tendencia negativa significativa en la cobertura de nieve ($\tau = -0.24$), superior a la del centro ($\tau = -0.14$) según la prueba de Mann-Kendall. Asimismo, el periodo 2010–2024 presentó mayores pérdidas respecto a 2000–2009, lo que evidencia una intensificación reciente del retroceso. En cuanto al vínculo con la variabilidad climática, se encontró una mayor correlación en el sur con TSA (-0.6) e ICEN (-0.38), mientras que en el centro destacaron TSA (-0.39), ONI (-0.39) y PDO (-0.33). Estos hallazgos sugieren que los glaciares del sur son más sensibles a las fluctuaciones climáticas y al calentamiento global. El estudio aporta evidencia regional sobre la relación entre retroceso glaciar y variabilidad climática, información clave para la gestión hídrica y estrategias de adaptación.

Variabilidad climática y retroceso glaciar en el nevado Huascarán (1972 - 2024)

Leonardo F. Anicama¹, Luciano S. Garcia, Valery P. Huerta, Jared M. Quispe

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

El Nevado Huascarán, ubicado en la Cordillera Blanca, exhibe un acelerado retroceso glaciar como consecuencia del cambio climático, lo que compromete la disponibilidad hídrica y eleva el riesgo de desastres naturales. Este estudio analizó la relación entre la variabilidad climática y la deglaciación del nevado entre 1972 y 2024, mediante una metodología cuantitativa que combinó datos meteorológicos de estaciones cercanas con análisis geoespacial de imágenes satelitales Landsat. Para ello, se aplicó el índice NDSI y se utilizaron modelos digitales de elevación en QGIS, lo que permitió identificar variaciones en la cobertura de nieve. Los resultados evidencian un incremento progresivo de temperaturas y una disminución de precipitaciones, especialmente en la vertiente occidental, afectada por el efecto sombra orográfica. El análisis satelital mostró una pérdida del 17,84 % en la cobertura de nieve entre la estación húmeda de 1988 y 2019, y del 11,96 % entre la estación seca de 1987 y 2019, además de una marcada estacionalidad climática. Se resalta que la deglaciación no responde únicamente al aumento térmico, sino a una interacción de variables como la humedad relativa, la radiación solar y fenómenos como El Niño. La reducción de humedad favorece la sublimación, mientras que el incremento térmico intensifica el flujo de calor hacia la superficie glaciar, acelerando la ablación. Asimismo, el cambio en el tipo de precipitación, de sólida a líquida, limita la acumulación nival. Para el año 2030, se estima que el área glaciar se reducirá a aproximadamente 4 731,68 ha, frente a las 4 963,56 ha registradas en 2019.

Impacto de la variabilidad climática del ENSO en la dinámica glaciar del nevado Ticlla (2013 - 2024)

Luis Fernando Echevarria Malpartida¹, Rut Huamani Mendez, Karol Shayra Rivera Cayetano, Johana Joyssy Quinto Galarza

¹Universidad Nacional Agraria La Molina

El retroceso acelerado de los glaciares tropicales es uno de los indicadores más visibles del cambio climático, con efectos directos sobre la disponibilidad hídrica en las regiones altoandinas. En este contexto, el nevado Ticlla, ubicado en la Cordillera Central del Perú, representa una reserva hídrica clave para comunidades y ecosistemas de montaña. Este estudio analiza su respuesta frente a la variabilidad climática relacionada al ENSO.

El objetivo principal es evaluar la relación entre los datos del MODIS y el Índice Oceánico de El Niño (ONI) durante el período 2013–2024. Se construyó una serie temporal mensual del NDSI mediante Google Earth Engine y se aplicaron análisis de correlación de Pearson y rezagos de hasta seis meses para detectar posibles respuestas diferidas del glaciar ante eventos ENSO. La serie temporal mensual del NDSI muestra una alta variabilidad intermensual e interanual (8 %–44 %), pero con una tendencia decreciente, pasando de 26 % en 2013 a 20 % en 2025. Asimismo, se identificó una correlación negativa moderada y significativa ($r = -0.51$) entre la temperatura media y el NDSI, lo que indica que incrementos térmicos reducen la cobertura nival, coherente con la alta sensibilidad de los glaciares tropicales a pequeñas variaciones de temperatura.

Los resultados evidencian que los eventos El Niño disminuyen la extensión nival con un desfase de 4 a 6 meses, reforzando la utilidad del NDSI y el ONI como indicadores complementarios para el monitoreo glaciar.

En conclusión, este estudio permite anticipar impactos, fortalecer la gestión hídrica y prevenir riesgos en las zonas altoandinas.

Variación altitudinal y estacional de la isoterma 0°C en la cabecera de cuenca del río Chucchún (Cordillera Blanca, Perú) durante el año 2024

Marlene Lidia Coral Granados¹, Rolando Cesai Cruz Encarnación, Bryan G. Mark, Robert A. Hellstrom, Edwin Julio Palomino

¹Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

La isoterma 0 °C es la altitud a la que la temperatura del aire se mantiene en cero grados. En glaciología, este parámetro es clave porque delimita el área donde la nieve puede acumularse y donde comienza la fusión glaciar. Este estudio analiza la variación altitudinal y estacional en la cabecera de la cuenca del Río Chucchún, Cordillera Blanca (Carhuaz, Áncash), durante el año 2024. Para registrar la temperatura y humedad relativa se utilizaron registradores Lascar EL-USB-2, instalados en estaciones ubicadas entre 3 603 y 4 472 m s. n. m. Los sensores recopilaban datos de forma continua durante todo el año. Con la información mensual y las altitudes, se aplicó regresión lineal para estimar la altitud de la isoterma 0 °C cada mes. Los resultados muestran un patrón estacional definido: la altitud mínima se registró en agosto (5 283,5 m) durante la estación seca, con temperaturas más frías; la máxima, en diciembre (5 865,7 m) en la temporada de lluvias, cuando las temperaturas aumentan. El promedio anual fue de 5 567,8 m, con una oscilación superior a 400 m. Esta variación influye en la ubicación de la zona de equilibrio glaciar: con la isoterma más baja, la nieve se acumula a menores altitudes; con la isoterma más alta, se amplía la zona de fusión y la ablación glaciar. El monitoreo continuo de este indicador permite comprender mejor la respuesta de los glaciares a la variabilidad climática y proyectar impactos en la disponibilidad hídrica de cuencas altoandinas.

Escalamiento de datos meteorológicos horarios mediante técnicas de aprendizaje automático para glaciares tropicales

Christian Torres, Viankor Cashpa, Rolando Cruz, Cinthya Bello¹, Luz Vilca

¹Universidad Científica del Sur

El monitoreo de variables meteorológicas en glaciares tropicales presenta importantes desafíos debido al difícil acceso y la logística requerida en estas regiones remotas. Además, productos de reanálisis como ERA5 no representan adecuadamente las condiciones locales en zonas montañosas como los Andes, debido a su baja resolución espacial. En este estudio, desarrollamos un enfoque basado en aprendizaje automático para mejorar la precisión de datos meteorológicos horarios sobre glaciares tropicales. Utilizamos observaciones de cuatro estaciones meteorológicas automáticas instaladas sobre tres glaciares de la Cordillera Blanca para entrenar un modelo de regresión XGBoost (XGB) enfocado en siete variables: radiación de onda corta y larga entrante, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, presión superficial y precipitación total. Como predictores, se emplearon datos del reanálisis ERA5 de las mismas variables. Los resultados muestran que el modelo XGB mejora significativamente la calidad de los datos escalados puntualmente, con reducciones del error cuadrático medio (RMSE) y del sesgo (Bias), y un aumento en la correlación (R), en comparación con métodos tradicionales de escalamiento. Para la temperatura del aire, XGB alcanzó $R = 0.83$, $RMSE = 0.30\text{ °C}$ y $Bias = 0.01\text{ °C}$, frente a ERA5 ($R = 0.67$, $RMSE = 5.86\text{ °C}$ y $Bias = 5.84\text{ °C}$). En el caso de la velocidad del viento, el RMSE se redujo de 2.00 m/s a 0.55 m/s . El enfoque propuesto ofrece una herramienta valiosa para generar datos meteorológicos más precisos en glaciares tropicales. Estos datos luego pueden ser utilizados para correr modelos glaciológicos basados en procesos físicos como los aplicados a algunos glaciares ubicados en el Perú, Ecuador y Chile, donde se registraron balances energéticos similares dominados por la radiación neta de onda corta, ocasionando variaciones en el albedo y consecuente derretimiento de los glaciares.

Transporte de carbono negro desde la Amazonía central hacia el glaciar Huaytapallana (Junín, Perú)

Mariori A. Inga¹, Daniel M. Alvarez Tolentino, Franco R. Aguilar

¹Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa

El carbono negro (CN) es un forzante climático de corta vida con alta eficiencia radiativa, especialmente crítico en ecosistemas glaciares andinos al reducir el albedo y acelerar la ablación. Pese a su relevancia, la dinámica temporal de su transporte desde regiones emisoras hacia zonas altoandinas permanece poco comprendida. Este estudio analizó la relación del arribo de CN desde la Amazonía central hacia el glaciar Huaytapallana (región Junín, Perú) durante la estación seca de 2024. Se obtuvieron las concentraciones horarias de CN en dos estaciones: (i) Chanchamayo (751 m s.n.m.), medidas con sensor ObservAir de la red UNISCJSA, y (ii) el Observatorio Glaciar Huaytapallana (4709 m s.n.m.), con etalómetro de la red CEMGEM-INAIGEM. Se aplicó un análisis de correlación Time-Lag con desfases de 1, 2 y 3 horas, complementado con retrotrayectorias atmosféricas de 72 horas inversas (resolución de 6 h, a 1000 m) utilizando el modelo HYSPLIT (NOAA) con datos Reanalysis. En agosto se observaron correlaciones positivas crecientes ($r = 0.167-0.176$; $p < 0.05$), lo que sugiere un transporte efectivo en lapsos de 1 a 3 horas, mientras que julio y septiembre no registraron relaciones significativas ($p > 0.05$). Las trayectorias de masas de aire, en agosto, provinieron mayoritariamente (48.6 %) del flanco oriental andino (Amazonía de Ucayali y Brasil), y parcialmente del noreste amazónico (21.9 %), asociado a la estación de Chanchamayo. Estos hallazgos evidencian un transporte aéreo efectivo en agosto de la selva central, y refuerzan la necesidad de mitigar emisiones amazónicas que afectan los glaciares andinos.

Interacción criósfera-atmósfera inducida por aerosoles absorbentes de luz en los Andes tropicales de alta montaña

Elver Villalobos-Puma¹, Viankcor Cashpa¹, Andrea Miranda¹

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

Los aerosoles absorbentes de luz (AAL), como el carbono negro (CN), desempeñan un papel clave en la interacción criósfera-atmósfera, al contribuir a la pérdida acelerada de masa glaciar. Al depositarse sobre la nieve y el hielo, estas partículas reducen el albedo, incrementan la absorción de radiación solar y elevan el forzamiento radiativo, intensificando así el derretimiento glaciar. Para evaluar estos procesos, se desarrolló un estudio piloto en la cordillera Huaytapallana (Andes centrales del Perú), que integró observaciones in situ de CN con simulaciones numéricas, permitiendo cuantificar de forma integral su impacto en la dinámica glaciar. El método de simulación consistió en forzar un modelo de transferencia radiativa con condiciones iniciales de concentración equivalente de CN estimada en la superficie glaciar, obteniendo un albedo espectral más realista, el cual se incorporó posteriormente en un modelo glaciológico para estimar el balance de energía y de masa glaciar.

Los resultados revelan que el CN contribuye significativamente a la reducción del albedo y al retroceso glaciar en esta región, altamente vulnerable al cambio climático. Asimismo, se identificaron rutas de transporte y patrones de variabilidad temporal del CN, encontrando que las concentraciones más altas están asociadas con la estacionalidad, los vientos valle-montaña y las circulaciones sinópticas del este. Las quebradas de transición Andes-Amazonía actúan como corredores de transporte, siendo la quebrada norte responsable de aproximadamente el 80 % del CN que alcanza a Huaytapallana. Este estudio subraya la urgencia de incluir a los AAL en las evaluaciones de retroceso glaciar, y enfatiza que las estrategias de mitigación deben priorizar las áreas cercanas a cordilleras glaciares y la cuenca amazónica, a fin de proteger la disponibilidad de agua en zonas de alta montaña.

Transporte atmosférico del carbono negro y aerosoles hacia la estación científica peruana, Isla Rey Jorge, Antártida

Daniel Álvarez Tolentino¹, Alex Huamán de la Cruz, Roger Franco Aguilar Rojas, Leonel Paccosonco
Sucapuca

¹Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa

La Antártida desempeña un papel clave en el sistema climático global. Sin embargo, contaminantes como el carbono negro (BC) y el material particulado (PM) atmosférico alteran el balance radiativo y aceleran el retroceso de masas glaciares. El transporte de aerosoles desde fuentes lejanas representa una amenaza creciente, especialmente en la Península Antártica. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la variabilidad, composición y fuentes del BC y PM en la Estación Científica Antártica Peruana Machu Picchu (ECAMP), Isla Rey Jorge, durante febrero de 2020 (verano austral). Se realizaron mediciones in situ de BC mediante etalómetro AE33 y de distribución de tamaños de aerosol con contador óptico (modelo 212), complementadas con análisis elemental de PM₁₀ y PM_{2.5} por ICP-MS, y retrotrayectorias de masas de aire utilizando el modelo HYSPLIT. Los resultados muestran una marcada dominancia del BC de origen fósil (BC_{ff}) sobre la fracción proveniente de biomasa (BC_{bb}), con valores diarios de hasta ~300 ng/m³, evidenciando transporte atmosférico a larga distancia desde zonas continentales. Eventos puntuales de BC_{bb} sugieren aportes esporádicos de quema de biomasa. Los elementos como Na, Fe, Mg y Si, fueron atribuidos a fuentes marinas, corteza terrestre (Fe y Al) y meteorización por desglaciación (Ba y Si). La presencia de V y BC sugieren aportes de combustión fósil. El análisis multivariable y los factores de enriquecimiento confirman una mezcla de fuentes naturales y antrópicas. En conjunto, los hallazgos revelan el impacto de emisiones distantes y procesos locales en la atmósfera antártica, con implicancias significativas para la dinámica del hielo.

PRESENTACIONES ORALES

PARTÍCULAS ABSORBENTES
DE LUZ Y CONTAMINANTES
EN GLACIARES



Del blanco de hielo al negro del carbón: Partículas absorbentes de luz en glaciares de México, Perú y Bolivia

Guillermo Ontiveros Gonzales¹

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

Este trabajo presenta los primeros resultados comparables entre regiones sobre la concentración de carbono negro equivalente (BCe) en nieve, hielo glaciar y agua de deshielo en montañas de gran altitud de México (Iztaccíhuatl y Citlaltépetl), Perú (Vallunaraju) y Bolivia (Cordillera Real). Las partículas que absorben luz (LAPs), como el carbono negro y el polvo mineral, disminuyen el albedo de la nieve y el hielo, acelerando el derretimiento glaciar y afectando los ecosistemas de montaña.

Se encontraron concentraciones promedio de 1400 ng/g en nieve, 1100 ng/g en agua y 450 ng/g en hielo, con valores extremos entre 12 y 2678 ng/g. Las concentraciones más altas se asociaron a zonas cercanas a ciudades, actividad agrícola, emisiones volcánicas y transporte de contaminantes a gran escala, como evidencian los análisis de trayectorias atmosféricas (HYSPLIT).

Los resultados permiten comparar el grado de contaminación en glaciares tropicales de distintas regiones andinas y mesoamericanas, aportando evidencia clave sobre la vulnerabilidad de estas zonas frente al cambio climático y la contaminación atmosférica.

Efectos de la deposición de partículas absorbentes de luz por incendios forestales sobre el albedo y la pérdida de masa del glaciar Vallunaraju (2024 - 2025)

Marisol Mariory Julca Cadillo, Rolando Cesai Cruz Encarnación, **Magaly Bestabe Valverde Fructuoso**¹, Cesar Salazar Checa

¹Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

Los incendios forestales liberan contaminantes atmosféricos que pueden ser transportados a regiones remotas como los glaciares, alterando sus propiedades superficiales. Este estudio evalúa el impacto de un número récord de incendios en la concentración de material particulado total (TPM), partículas absorbentes de luz (LAP), albedo y balance de masa específico (BME), comparando estos parámetros con los registrados durante nevadas recientes. Se recolectaron 16 muestras de nieve y hielo a lo largo de un perfil altitudinal. En laboratorio se determinaron las concentraciones totales de partículas y se usó el método LAMH para cuantificar las LAP. Asimismo, se instalaron balizas y sensores de bajo costo en el glaciar para monitorear el albedo y el derretimiento superficial. Durante el estudio se registraron 396 incendios en la Cordillera Blanca. El TPM en superficie glaciar varió entre 140 y 1355 g/m² (media: 655), y las LAP entre 472 y 683 µg/m² (media: 573,25). El albedo osciló entre 0,21 y 0,48 (media: 0,35), y el BME alcanzó un valor máximo de -4,3 m eq.agua. En contraste, durante las nevadas se observaron menores valores de TPM (0,14–1,32 g/m²), LAP (13,8–38,6 µg/m²) y mayor albedo (0,61–0,73; media: 0,68). Se evidenció una alta correlación entre LAP y BME ($r^2 = 0,93$). Los resultados sugieren que la deposición de TPM y LAP debido a incendios contribuye a un BME negativo, promoviendo un acelerado derretimiento glaciar por reducción del albedo y mayor absorción de radiación.

Forzamiento radiativo por partículas absorbentes de luz y microalgas en los glaciares tropicales: caso de estudio glaciar Huaytapallana, región Junín, Perú

Viankcor Cashpa¹

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

La nieve desempeña un rol fundamental en la dinámica del balance de masa de los glaciares al regular el Forzamiento Radiativo (FR) disponible para la fusión. En los últimos años, se ha evidenciado un incremento en la presencia de agentes externos como partículas absorbentes de Luz (PAL) y microalgas en la superficie de los glaciares, los cuales contribuyen al aumento del FR. No obstante, estas contribuciones han sido estimadas principalmente para glaciares de latitudes altas, cuya dinámica de la nieve difiere notablemente de los glaciares tropicales. En este contexto, el objetivo de la presente investigación es estimar el FR inducidos por estos agentes en un glaciar tropical como el Huaytapallana en Perú. Para ello, se empleó un modelo de transferencia radiativa acoplado a un componente bio-óptico, forzado con datos observados de propiedades glaciológicas, PAL y variables meteorológicas. Adicionalmente, se realizaron expediciones para la toma de firmas espectrales de la reflectancia de la nieve e irradiancia solar, empleadas para validar el modelo. Los resultados muestran un alto desempeño del modelo para condiciones de un glaciar tropical, con un Error Medio Absoluto de 1.1%. Se evidenció por primera vez la presencia de microalgas en un glaciar tropical, cuya acción conjunta con las PAL redujo el albedo de la nieve hasta en un 18%, lo que generó un incremento del FR de hasta 20 W/m². Asimismo, se identificó que los meses con mayor FR se concentran entre agosto y noviembre, coincidiendo con una mayor ocurrencia de incendios forestales y menor espesor de nieve.

Presencia de algas y microplásticos en el glaciar Suyuparina, cordillera del Vilcanota - Cusco, 2025

Katy X. Ramos¹

¹Universidad Andina del Cusco

El retroceso de glaciares tropicales andinos es una señal del cambio climático global, lo que plantea nuevos desafíos para su monitoreo integral. Este estudio tiene como objetivo identificar la presencia de dos elementos poco estudiados en glaciares tropicales peruanos: algas glaciares y microplásticos. Se realizó un muestreo en el glaciar Suyuparina, ubicado en la cordillera del Vilcanota, Cusco; durante la temporada seca del año 2025. Se recolectaron muestras superficiales de nieve en zonas de ablación, las cuales fueron analizadas en laboratorio mediante observación microscópica para la identificación de algas glaciares y técnicas de filtrado y observación para la detección de microplásticos. Además de esta observación, se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth para observar cambios en la cobertura glaciar entre 2015 y 2025. Los resultados confirmaron la presencia de algas microscópicas pigmentadas en la superficie glaciar, principalmente de tonalidad rojiza, con distribución visible en áreas de fusión activa. Asimismo, se detectaron fragmentos plásticos menores a 5 mm en una proporción significativa de las muestras analizadas, lo que evidencia la influencia de actividades humanas en la zona. Si bien este estudio no cuantifica el efecto directo de estos elementos sobre la fusión del glaciar, sus hallazgos refuerzan estudios previos que sugieren que tanto las algas como los microplásticos pueden reducir el albedo y acelerar el derretimiento glaciar. Según el estudio realizado, se recomienda ampliar estas investigaciones en el futuro para incluir análisis cuantitativos y estacionales.

Primer reporte de microplásticos en los Andes peruanos: el caso del glaciar Paccha en la cordillera Central, Huarochirí, Lima

Valeria Quiñones Osorio, Yury Andree Damiano Aguirre¹, Jesús Roy Arellano Juan de Dios, Fernanda Elizabeth Ruiz Anchelía, Diego Alejandro Sotomayor Melo

¹Universidad Nacional Agraria La Molina

Los glaciares tropicales están en grave peligro, especialmente debido a las actividades antrópicas. Este estudio tuvo como objetivo investigar la presencia y caracterizar microplásticos (MPs) en el glaciar tropical Paccha, ubicado en la Cordillera de los Andes en Perú, con el fin de aportar evidencia sobre la contaminación por plásticos en ecosistemas de alta montaña. Se recolectaron muestras superficiales de nieve y hielo, de las cuales se aislaron trece micropartículas sospechosas, que fueron analizadas mediante espectroscopía micro-Raman para determinar su composición polimérica. Los resultados confirmaron la presencia de polipropileno (PP), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y, de forma tentativa, isotáctico polipropileno (iPP), además de señales compatibles con otros polímeros sintéticos como PVC clorado, alcohol polivinílico y poliacenaftileno. La mayoría de las partículas presentaron formas fragmentarias o fibrosas, y colores asociados a materiales de origen antropogénico. Los MPs detectados probablemente provienen tanto del transporte atmosférico de larga distancia como de actividades humanas locales. Su acumulación en la superficie glaciar representa un riesgo ambiental por su posible influencia en el derretimiento acelerado del hielo y la vulnerabilidad ecológica de estos entornos. Este trabajo representa el primer registro de microplásticos en glaciares peruanos y resalta la urgencia de profundizar la investigación en la criósfera tropical.

PRESENTACIONES ORALES

PROYECCIÓN FUTURA DE GLACIARES Y OTROS



Proyecciones futuras de las altitudes de la línea de equilibrio climática y la altura del nivel de congelación en los glaciares de la cordillera Vilcanota, Perú

Aracely Dayana Machaca Condori¹

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

Los glaciares son indicadores visibles de los efectos del cambio climático en todo el mundo, siendo los glaciares tropicales especialmente sensibles a los cambios en el clima. Por ello, resulta fundamental comprender su respuesta frente a escenarios de cambio climático futuro. En el presente estudio, se emplearon proyecciones climáticas del conjunto de datos WorldClim (WC) y CHELSA (CH), para estimar la altitud de la línea de equilibrio climática (ELAc) y la altura del nivel de congelación (FLH), en cinco sectores de la Cordillera Vilcanota: Ausangate, Quelccaya, Quisoquipina, Japu Punta y Osjollo Anante (Chumpe). Los datos climáticos provenientes de los conjuntos WC y CH fueron evaluados respecto a su desempeño durante el período de referencia. Posteriormente, su resolución espacial fue mejorada mediante downscaling estadístico utilizando el método de Regresión Ponderada Geográfica tanto para el periodo de referencia como para escenarios futuros. Los análisis revelaron una correlación significativa entre la FLH y la ELAc en los cinco sectores. Se proyectaron escenarios futuros (2021-2040, 2041-2060, 2081-2100) empleando siete modelos climáticos globales del CMIP6 bajo distintos escenarios socioeconómicos (ssp1-2.6, ssp3-7.0, ssp5-8.5). Los resultados indican que, la mayoría de los glaciares en la cordillera Vilcanota muestran un retroceso significativo, siendo más drástico en los glaciares Quisoquipina y del casquete glaciar Quelccaya según los escenarios analizados, la ELAc superaría la cumbre del casquete glaciar Quelccaya y el glaciar Quisoquipina, para mediados del siglo XXI. Por otro lado, gracias a su mayor área de acumulación, los glaciares Ausangate, Chumpe y Japu Punta tienen mayor probabilidad de persistir más allá de 2090, aunque en una extensión reducida.

Modelo predictivo del glaciar Yanamarey - Ancash usando análisis de superficies observacionales y satelitales periodo 1984 - 2025

Manuel Fernando Rios Depaz¹

¹Autoridad Nacional del Agua

La investigación tuvo como objetivo predecir la posible desaparición del glaciar Yanamarey, ubicado en la provincia de Recuay, Áncash – Perú, mediante el análisis de datos de superficie glaciar obtenidos por observaciones de campo e imágenes satelitales entre 1984 y 2024. Este estudio se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 13 y 6), aportando evidencia científica sobre los efectos del cambio climático en glaciares tropicales y su impacto en la seguridad hídrica de las zonas altoandinas. El estudio fue de tipo básico, con enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de alcance explicativo y longitudinal. Se aplicó un modelo predictivo de regresión polinomial múltiple que incorporó variables climáticas como radiación solar (W/m^2), temperatura media anual ($^{\circ}C$) y precipitación acumulada (mm). Los datos satelitales (USGS y Sentinel-2) presentaron una diferencia promedio de $\pm 0.06 \text{ km}^2$ respecto a los datos observados, con mayor subestimación entre 1987 y 1993; sin embargo, ofrecieron mejor continuidad temporal, siendo complementarios a los datos de campo. La superficie glaciar se redujo de 1.13 km^2 en 1984 a 0.21 km^2 en 2024, con una pérdida total de 0.92 km^2 y una tasa media anual de retroceso del 4%. El modelo combinado predice su desaparición entre 2033 y 2037 bajo un escenario climático crítico.

Proyección al 2100 de volumen y superficie del glaciar Kinzl, mediante el modelo numérico Open Global Glacier Model (OGGM) en la cordillera Blanca, Perú.

Renzo Angel de la Cruz Gonzales¹, Fredy Hualpa Inquilla, Efrain Lujano

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

Los glaciares tropicales andinos, son considerados fuente crucial de agua dulce para las comunidades altoandinas, especialmente en la estación seca. Sin embargo, están experimentando una rápida pérdida de su masa glaciar debido al cambio climático, amenazando la sostenibilidad hídrica regional. La complejidad de generar información de espesor de hielo en glaciares cubiertos o libres de detritos limita la comprensión sobre la evolución del espesor glaciar. En este estudio se proyectó la pérdida de área y volumen del glaciar Kinzl (Cordillera Blanca, Perú) mediante el modelo numérico Open Global Glacier Model (OGGM) bajo tres escenarios de cambio climático. Los inputs fueron, la delimitación glaciar proporcionada por el INAIGEM, proyecciones climáticas globales del IPCC y un modelo digital de elevación SRTM. La metodología consistió: (i) generación de líneas de flujo mediante enrutamiento de mínimo costo para definir áreas de captación y anchos del glaciar, (ii) cálculo del balance de masa climático calibrado con datos geodésicos globales y (iii) proyección del volumen glaciar hasta el año 2100. Entre 2000 y 2020, el glaciar presentó un balance de masa negativo promedio de $-189.9 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$. La calibración requirió un factor de precipitación de 4.66 y el espesor máximo modelado alcanzó $\sim 300 \text{ m}$. Las proyecciones muestran reducciones de volumen incluso en el escenario más optimista: para el SSP1-2.6, de 4.8 km^3 en 2020 a 3.5 km^3 en 2100; en el SSP3-7.0, a 2.0 km^3 ; y en el SSP5-8.5, a 1.7 km^3 . Estos resultados evidencian que el glaciar continuará disminuyendo, lo que subraya la necesidad de estrategias adaptativas para la gestión del agua en la cordillera Blanca.

PRESENTACIONES ORALES

INCREMENTO DE PELIGROS DE ORIGEN GLACIAR



Procesos de remoción en masa vinculados al retroceso glaciar en la cuenca de la laguna Upischocha, nevado Ausangate (Ocongate, Perú), 2023 - 2024

Yaqueline Shirley Abrella Chise¹, Ricardo Edsson Vila Garrafa¹, Oscar Dante Vilca Gómez¹

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

Este estudio analiza los cambios morfológicos recientes en la cuenca de la laguna Upischocha, distrito de Ocongate, a partir de la comparación de Modelos Digitales de Elevación (MDE) generados con ortofotos adquiridas mediante drones (RPA). El uso de esta tecnología permitió obtener información de alta resolución espacial en un área de difícil acceso, constituyéndose en una herramienta clave para el monitoreo de ecosistemas de alta montaña y la identificación de procesos asociados al retroceso glaciar.

Se realizaron dos campañas de adquisición de imágenes (junio de 2023 y octubre de 2024), procesadas en Agisoft Metashape para generar nubes de puntos. Estas se alinearon posteriormente en CloudCompare utilizando el algoritmo Iterative Closest Point (ICP), lo que permitió calcular diferencias topográficas y volumétricas de manera confiable. La validación del procedimiento, basada en el cálculo del Root Mean Square Error (RMS), arrojó un valor de 1.47 m, confirmando la precisión en la correspondencia geométrica entre modelos.

Los resultados evidencian un retroceso glaciar significativo acompañado de procesos activos de remoción en masa. Se identificaron siete avalanchas de hielo, cinco caídas de rocas y cinco deslizamientos. El análisis volumétrico mostró que las avalanchas concentraron el 82.6 % de pérdida de la masa ($\approx 949\,343.34\text{ m}^3$) y el 17.4 % de acumulación ($\approx 199\,341.73\text{ m}^3$), principalmente en zonas llanas. Las caídas de rocas representaron el 27.6 % de pérdida ($\approx 94\,093.55\text{ m}^3$), localizadas en áreas inestables con pendientes superiores a 45° , y el 72.4 % de acumulación ($\approx 247\,202.18\text{ m}^3$), generando depósitos de detritos. Por su parte, los deslizamientos alcanzaron el 40.1 % de pérdida ($\approx 69\,076.79\text{ m}^3$), concentrados en laderas con fuertes pendientes, y el 59.9 % de acumulación ($\approx 103\,063.4\text{ m}^3$) en zonas de drenaje que favorecen la movilización de masa.

Estos cambios podrían estar vinculados con el calentamiento global, la reducción de la cobertura glaciar y la meteorización acelerada de las laderas. Sus impactos sobre la laguna Upischocha se expresan en un mayor aporte de sedimentos y una creciente susceptibilidad a desbordes. En conjunto, los hallazgos subrayan la importancia del empleo de RPA y del análisis comparativo en CloudCompare como metodologías innovadoras y efectivas para el análisis geomorfológico y de peligros de origen glaciar.

Inundaciones por desborde violento de lagunas glaciares (GLOF) en la Cordillera Blanca durante el 2025

Hilbert Villafane, Manuel Cosi, Adriana Caballero, **Enver Melgarejo**¹, Angel Salas

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

En los Andes peruanos se han registrado 145 inundaciones por desborde de lagunas glaciares (GLOF) desde finales de la Pequeña Edad de Hielo; estos eventos se caracterizan por su alta capacidad destructiva provocando significativas pérdidas de vidas humanas y materiales. El presente estudio tiene como objetivo caracterizar los GLOFs ocurridos en 2025 en la laguna Cancagua Alta (Quebrada Uta - Carhuaz), y en las lagunas A y B (Quebrada Llaca - Huaraz), a fin de documentar dichos eventos. La metodología comprendió la caracterización geomorfológica, análisis de imágenes satelitales y estudio geotécnico de suelos para el modelamiento de los GLOF. Los resultados indican que el desborde de la laguna Cancagua Alta fue desencadenado por una avalancha de hielo que impactó la laguna, generando ondas de impulso y desborde; debido al gran volumen de material de arrastre, este se transformó en un flujo de detritos que recorrió la quebrada Uta, río Buin, hasta el río Santa. En el caso de las lagunas A y B, los desencadenantes fueron: un flujo de detritos originado en la naciente del valle colgado (primera vez), y un derrumbe de rocas proveniente del margen derecho (segunda vez) que impactó con la laguna A, generando su desembalse y un aluvión que recorrió la quebrada hasta el río Santa. En los casos analizados, las lagunas tenían diques de roca con escaso borde libre, condición que favoreció su desborde. Estos eventos pese a su pequeña magnitud, tuvieron efectos destructivos, por su capacidad de arrastre, alta energía y condiciones climáticas subyacentes.

Tendencias climáticas y su relación con las avalanchas de hielo en el nevado Huascarán Sur

Hilbert Villafane¹, Susan Coaguila^{1,2}, Henry Castañeda¹, Diego Cusicanqui³

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

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

³ Institut des Sciences de la Terre (ISTerre), CNES, CNRS, IRD, Univ. Grenoble Alpes, Grenoble, Francia.

El nevado Huascarán Sur (6768 m s.n.m.) ha experimentado un incremento en la ocurrencia de avalanchas durante el período reciente, con eventos documentados en mayo, junio y julio de 2025. Este estudio analiza el comportamiento de variables climáticas y su vínculo con las avalanchas, mediante análisis de series corregidas de temperatura, precipitación líquida y sólida entre 1950 y 2025 con datos de ERA5 Single Levels, corregidos por Quantile Mapping con datos observados de las estaciones meteorológicas Saucepampa y Yungay del SENAMHI (2010-2025). Los resultados muestran un aumento de la temperatura media anual (+0.03 °C/año), con mayor calentamiento desde 1980, intensificado por eventos de El Niño y La Niña. La precipitación líquida aumenta moderadamente (3.68 mm/año en Saucepampa y 3.91 mm/año en Yungay), mientras que la precipitación sólida disminuye desde 1980 (-0.77 mm/año). Desde el inicio de la época seca del 2025, se han registrado 18 avalanchas intensificando la frecuencia en el periodo de cambio de estación (otoño-invierno) con incremento de temperaturas máximas (19 - 27°C) y ausencia de la precipitación líquida para las estaciones meteorológicas analizadas. El aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación líquida se asocian con la inestabilidad de las masas de nieve y hielo. Desde una perspectiva climática, se evidencia un régimen térmico más cálido y una disminución estacional de la precipitación sólida, condiciones que podrían favorecer la ocurrencia de avalanchas. Además, estos eventos responden a una dinámica multifactorial vinculada a la topografía, agrietamiento del glaciar y sismos.

PRESENTACIONES ORALES

IMPACTOS ECOSISTÉMICOS
Y SOCIOECONÓMICOS POR
EL RETROCESO GLACIAR



Comportamiento reproductivo y microclima de nidos del Fringilo Glaciar (*Idiopsar speculifer*) en el casquete de hielo Quelccaya, sureste del Perú

Carlos Alberto Lazo Oscanoa¹, Renny Daniel Díaz Aguilar, Alexis Díaz Campo, Gimi Cristian Mamani, Miguel Angel Luza Victoria

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

En los ecosistemas glaciares, entre los más extremos y menos estudiados del planeta, comprender cómo sobreviven y se reproducen los organismos es clave para su conservación, especialmente ante el rápido retroceso glaciar por el cambio climático. El Fringilo Glaciar (*Idiopsar speculifer*) es la única ave conocida que anida de forma consistente en cavidades de hielo de glaciares tropicales. No obstante, existen importantes vacíos de información sobre sus nidos activos y las condiciones microclimáticas que los rodean. En este estudio, realizado en tres sectores del lado occidental del casquete de hielo Quelccaya (sureste de Perú, por encima de los 5300 m s. n. m.) entre el 2024 y 2025, documentamos la estructura de los nidos, el comportamiento parental y el microclima en las cavidades en el hielo usadas para anidar. Nuestros hallazgos revelan que los nidos son estructuras grandes, de copa abierta, contruidos con pastos altoandinos recolectados localmente. Observamos cuidado biparental, con 8 a 9 visitas diarias, centradas en alimentación y limpieza, sin actividad nocturna. También registramos, por primera vez, un caso de depredación por zorro andino. También encontramos que las cavidades glaciares actuaron como amortiguadores térmicos, manteniendo temperaturas cercanas a 0 °C, alta humedad relativa (90–100 %) y baja tasa de evaporación ($0,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), lo que genera un entorno más estable y favorable que el ambiente exterior. Estos resultados aportan conocimientos clave sobre los mecanismos físicos y conductuales que permiten la reproducción en hábitats glaciares, y ofrecen herramientas valiosas para evaluar los efectos del retroceso glaciar sobre esta especie.

Caracterización de bacterias sulfato - reductoras en un bofedal impactado con drenaje ácido de roca de la Cordillera Blanca utilizando marcadores moleculares y Metabarcoding 16S

Gonzales Llontop María Julia ¹, Cotera Huayhua Cesar Obed², Quispe Llano Anahi¹, Neyra Valdez Edgar²

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

²Universidad Peruana Cayetano Heredia

El drenaje ácido de roca (DAR) es un proceso natural y complejo, generado por la oxidación de minerales sulfurados en presencia de agua y oxígeno, lo que origina soluciones ácidas cargadas de metales pesados. Este fenómeno impacta negativamente la calidad del agua, el suelo y la biodiversidad de ecosistemas adyacentes como los bofedales altoandinos. Frente a esta problemática ambiental, actualmente se evalúan organismos vivos que sean capaces de transformar o inmovilizar metales y restaurar ambientes contaminados. Las bacterias sulfato - reductoras (BSR) cumplen un rol ecológico crucial al reducir sulfatos a sulfuros, favoreciendo la inmovilización de metales pesados, neutralizando el pH en drenajes ácidos y remediando agua y suelos contaminados. Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar comunidades de BSR, mediante el uso de herramientas moleculares, presentes en un bofedal impactado por DAR ubicado en la Unidad Hidrográfica Pachacoto, Cordillera Blanca. Para la caracterización se emplearon marcadores moleculares amplificados por Nested-PCR y secuenciamiento Metabarcoding del gen 16S rRNA. Se logró identificar hasta nueve géneros de BSR como: Desulfovibrio, Desulfosporosinus, Desulfobulbus, Desulfocapsa, Desulfobacterium, Desulfatirhabdium, Desulfonema, Desulfomicrobium, Desulfobacca, por marcadores moleculares. Mientras que se identificaron 10 géneros con índices de abundancia relativa más alta, dentro del Phylum Desulfobacterota: Geobacter, Syntrophobacter, Desulfatirhabdium, Desulfobacterium, Citri fermentans, Desulfobacca, Desulfobulbus, Desulfovibrio, Syntrophorhabdus, Geotalea, por Metabarcoding 16S.

Estos hallazgos permiten comprender mejor el perfil de BSR en bofedales afectados por DAR y resaltar su potencial uso biotecnológico en estrategias de biorremediación, que facilite la recuperación de los Ecosistemas Altoandinos.

Riesgos e impactos del drenaje ácido de roca en los medios de vida de la población rural en la subcuenca del Río Quillcay, Huaraz, Áncash

Eliana Cerdán Estrada¹

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

El drenaje ácido de roca (DAR) asociado al retroceso glaciar acelerado por el cambio climático, está generando la acidificación y presencia de metales en las aguas superficiales, amenazando actividades altamente dependientes al recurso hídrico como la agricultura y la ganadería. Este estudio evaluó los impactos socioeconómicos del DAR en los medios de vida de la población de la microcuenca del río Auqui, identificada como la zona de mayor impacto potencial. Mediante un enfoque mixto, se recopiló información primaria a través de encuestas y entrevistas semiestructuradas a la población local, líderes comunitarios y funcionarios públicos, complementada con información secundaria. La valoración económica se realizó mediante el método de precios de mercado y costos de oportunidad. Los resultados evidencian cinco centros poblados expuestos al DAR, con 1.128 habitantes y 5.189 hectáreas de cultivos y pastizales en riesgo. La alta sensibilidad de estos elementos, junto a una baja capacidad de respuesta y adaptación, resulta en una alta vulnerabilidad de los medios de vida frente al DAR. El impacto económico estimado es de 17,5 millones de soles en la provisión de agua potable. Adicionalmente, la producción agropecuaria en riesgo fue valorada en 3 millones de soles. Frente a un proceso irreversible como el DAR es urgente implementar acciones multisectoriales que protejan los medios de vida de las comunidades locales y aseguren la sostenibilidad del suministro de agua potable para la ciudad de Huaraz.

Cambio climático y salud mental: Evidencias en comunidades andinas en un escenario de retroceso glaciar

Fredy Santiago Monge Rodriguez, Enma Tereza Huaman Chulluncuy¹

¹Universidad Peruana Cayetano Heredia

El cambio climático constituye una de las principales amenazas para la salud mundial, no solo en el ámbito físico, sino también en la salud mental. En las comunidades altoandinas, que conviven directamente con los efectos del retroceso glaciar, estos impactos resultan especialmente relevantes, aunque aún poco estudiados. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las percepciones de riesgo sobre el impacto del cambio climático en la salud mental de los habitantes de Phinaya, comunidad ubicada al pie del Nevado Quelccaya, uno de los glaciares tropicales más grandes del mundo y actualmente en acelerado retroceso. Se encuestó a 96 participantes (38,4% mujeres y 61,6% varones) mediante un cuestionario validado con Análisis Factorial Confirmatorio (AFC). Los resultados revelan niveles elevados de percepción de riesgo respecto a los efectos del cambio climático en la salud mental y emocional (53% – 70,8%), más pronunciados en mujeres, personas con menor nivel educativo y en quienes dependen de la agricultura y la ganadería, actividades estrechamente ligadas a la disponibilidad del agua proveniente del glaciar. Estos hallazgos evidencian cómo el retroceso glaciar intensifica la vulnerabilidad psicosocial de las comunidades altoandinas, resaltando la urgencia de incorporar enfoques psicosociales en las políticas de adaptación. Asimismo, se subraya la necesidad de estrategias de comunicación culturalmente pertinentes que reconozcan las percepciones locales y fortalezcan la resiliencia comunitaria frente al cambio climático.

PRESENTACIONES ORALES

IMPACTOS HIDROLÓGICOS
POR EL RETROCESO GLACIAR



Modelación de la contribución hidrológica nival en la cuenca Chicón, Cusco

Lourdes Diaz Espinoza¹, Camila Naidelyn Pichihua Mendoza, Pedro Rau

¹Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), Centro de Investigación y Tecnología del Agua (CITA)

Los glaciares tropicales son reservas de agua dulce. En particular, en la cuenca glaciar Chicón su retroceso afecta la disponibilidad de agua en poblaciones como Urubamba, Chichubamba, Yanacona y San Isidro en la región Cusco. La presente investigación busca abordar los vacíos de información sobre los procesos hidrológicos que la caracterizan enfocándose en la época seca. Se aplicó el modelo conceptual hidrológico GR4J con el módulo CEMANEIGE. Para ello, se generó una base de datos de temperatura y precipitación a resolución de 100 m aplicando downscaling a partir de 6 estaciones meteorológicas. Los productos de reanálisis climatológico con base satelital CHIRPS y ERA5-Land Daily Aggregated complementaron la información in situ de precipitación y temperatura respectivamente en el periodo 2020-2022, el cual coincide con un periodo completo de la estación hidrométrica instalada en la zona de San Isidro de Chicon. CEMANEIGE requirió la curva hipsométrica de la cuenca realizada con el modelo ALOS PALSAR definiendo 5 zonas de elevación (2841-5694 m) con pesos según su proporción espacial y gradientes de temperatura = -0.0065 °C/m y precipitación = 0.0004 mm/m. El periodo de warm up correspondió a 30 días, calibración 489 días y validación 186 días. La calibración obtuvo eficiencias de Nash(Q) = 44.67%, Nash(ln(Q)) = 26.07%, KGE = 71.14 %. La contribución nival mensual promedio fue de 14% a 24% (enero, febrero, marzo, abril); 2 % a 5% (mayo, junio, julio); 13.6% (agosto), 41.9% (septiembre), 43.5% (octubre), 50.1 % (noviembre) y 41.8% (diciembre). Se demuestra el porcentaje considerable de aporte de la parte nival y por consiguiente de la parte glaciar hacia la época seca en la cuenca del Chicón.

Evaluación del retroceso glaciar y su impacto hidrológico en la microcuenca del Río Quillcay (2009 - 2019) mediante el modelo SWAT - GL

Isabel Gonzales Lucana¹, Andres Fernando Figueroa Curo, Andres Atilio Durand Cruces, Janpier Luis Denis Meza Salazar, Johana Joyssy Quinto Galarza, Brigida Jazmine Maita Gonzales, Summy Angi Flores Quispe

¹Universidad Nacional Agraria La Molina

Los glaciares tropicales son indicadores sensibles del cambio climático; el Perú alberga el 68 % de estos glaciares y ha perdido más del 50 % de su superficie en las últimas cinco décadas, afectando gravemente la disponibilidad hídrica en época seca. El sistema glaciar Chinchey alimenta la microcuenca altoandina del río Quillcay (87 km²), cuya superficie glaciar alcanzaba los 15.1 km² en 2009. Este estudio evalúa el retroceso glaciar y su influencia en el régimen hidrológico mediante SWAT-GL, una versión acoplada del modelo SWAT que integra la dinámica de volumen de hielo por bandas de elevación. Se incorporaron datos físicos (uso de suelo, tipo de suelo, DEM, espesor glaciar) y dinámicos (precipitación, temperatura y caudales observados) para el periodo 2009–2019. La calibración hidrológica se realizó con registros de una estación a 4000 m.s.n.m., con caudales entre 0.5 y 4 m³/s. El modelo mostró un desempeño razonable en condiciones de alta montaña, con NSE $\approx$ 0.4, KGE $\approx$ 0.7, PBIAS de -4.6 % y R² $\approx$ 0.5, reproduciendo adecuadamente la estacionalidad, aunque con limitaciones en caudales bajos. Se estimó una pérdida de volumen glaciar promedio del -30 % entre 4500–5000 y del -20 % entre 5000–6000 m.s.n.m.. El volumen total perdido entre 2009 y 2019 se estimó entre 70 y 100 hm³. Este trabajo representa uno de los primeros esfuerzos en los Andes en aplicar SWAT-GL a escala de microcuenca, lo que permite comprender los impactos del retroceso glaciar sobre la oferta hídrica.

Sistemas de flujo subterráneo en la cordillera Huaytapallana: Evidencias de conectividad hidrológica en áreas glaciares

Albert Johan Mamani Larico¹, Alissa Anabel Vera Mamani, Wilson Chambilla Espinoza, Tatiana Erika Boza Espinoza

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

La conectividad criósfera-agua subterránea en ecosistemas de montaña es reconocida como una señal perdida en el ciclo hidrológico de montaña debido a la complejidad de los entornos hidrogeológicos que limitan su exploración a detalle cómo se realiza en llanuras de valles. La comprensión de esta conectividad permite definir los tipos de intervenciones que garanticen el aporte hídrico en época de estiaje, atribuido principalmente al almacenamiento de las capas jóvenes de suelo y del aporte hídrico subterráneo del bloque de montaña. En este estudio se analizó la conectividad hidrológica de los componentes glaciar - agua subterránea de la cordillera Huaytapallana, por su alta importancia en el abastecimiento hídrico de la ciudad de Huancayo. Se determinó el tipo de recarga de montaña mediante el análisis de carga hidráulica y conductividad eléctrica. La carga hidráulica se determinó mediante el desarrollo de 17 ensayos de sondajes eléctricos verticales a lo largo de la subcuenca Shullcas y considerando también los cuerpos de agua superficiales como lagunas y glaciares. Finalmente, mediante la representación de los sistemas de flujos subterráneos de Toth, se identificaron las principales rutas de flujo de la subcuenca Shullcas, con énfasis en el sistema glaciar Huaytapallana. Los resultados muestran que los acuíferos fisurados y los acuitardos de la subcuenca generan rutas de flujo agrupadas en tres zonas, y los tiempos de viaje medio de los acuíferos es alrededor de 100 días. La conectividad de estas 3 zonas se viene estudiando a mayor detalle con trazadores isotópicos.

Escenarios de deglaciación y disponibilidad hídrica en cuencas altoandinas, Lima, Perú

Karles Alessandro Pescoran Heredia¹, Pedro Rau

¹Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC

El retroceso glaciar ha aumentado el déficit hídrico y la vulnerabilidad de los ecosistemas en regiones altoandinas. Debido a su orografía, estas zonas carecen de observaciones hidrometeorológicas y mediciones in situ, lo que dificulta su estudio y las medidas de adaptación ante el derretimiento. El objetivo de este estudio es determinar y proyectar al 2060 la disponibilidad hídrica y el balance de masa glaciar en la cuenca de Yuracmayo, utilizando el modelo SWAT y el módulo SWAT-GL. Los forzantes climáticos se obtuvieron de los productos: ERA5, PISCOV1, PISCOV2, RAIN4PE, CHIRPS y estaciones meteorológicas para compensar la falta de datos in situ. Los mapas de uso y tipo de suelo, y elevación se obtuvieron de productos Sentinel 2, DSOLMap y ALOS-PALSAR, el espesor de suelo se ajustó con productos NASA, y la profundidad glaciar se estimó con GlabTop2. Se compararon los GSA: Sobol, M-I y VISCOUS para determinar los parámetros sensibles, manteniendo aquellos con ST (total) altos y S2 (de interacción) bajos. La calibración multiobjetivo se realizó utilizando el algoritmo PADDs considerando el balance de masa del glaciar Sullcon (2003-2008), y las entradas estimadas al reservorio Yuracmayo (COES-SEIN, 1989-2015). Los resultados mostraron una mejora en la eficiencia del modelo con un $R^2 = 0.79$, $KGE = 0.84$ y $NSE = 0.75$ para SWAT-GL con PISCOV2, con una contribución media de los glaciares del 15% en época seca (1990-2015). Las proyecciones se realizaron mediante el downscaling de los modelos CMIP6, mostrando una pérdida de los glaciares de hasta un 90% para 2060.

Evaluación del retroceso glaciar y su influencia en la disponibilidad hídrica en la unidad hidrográfica del río Quillcay bajo escenarios climáticos CMIP6 (2000-2050)

Eduardo Luis Enrique Sanchez Carrión¹

¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo

Currently, climate change has accelerated the loss of glacier mass in tropical regions, affecting water availability and posing risks to ecosystems and communities that depend on these resources. The progressive reduction in glacier volume represents a risk to water security, especially in areas where these glaciers act as primary sources of water, compromising the provision of water for human consumption, agriculture, and hydroelectric power generation in the coming decades.

The objective of this research was to evaluate the influence of glacier retreat on water availability in the Quillcay River hydrographic unit under CMIP6 climate scenarios (SSP126 and SSP585) for the period 2000–2050. Using GIS and remote sensing, a multitemporal analysis was performed using Landsat 5-8 satellite images and glaciological modeling using GlabTop and OGGM to estimate changes in glacier area, thickness, and volume.

The study recorded a significant reduction in the volume of water contained in the glaciers. By 2050, the Palcaraju, Tullparaju, and Shallap 1 glaciers would lose between 26% and 64% of their current volume. In the low-emissions scenario (SSP126 - MRI-ESM2-0), Palcaraju's water volume would decrease by 26% (118.15 Mm³), while in the most extreme scenario (SSP585 - UKESM1-0-LL-f2), the reduction would reach 64% (58.18 Mm³). Similarly, Tullparaju would lose between 69% and 90% of its water volume, and Shallap 1 between 50% and 87%. These losses imply a drastic reduction in water availability for the hydrographic unit, especially in the dry season.

The retreat of the glacier will have a direct impact on water availability, increasing the vulnerability of water systems in the coming decades. The projections suggest the need to plan adaptation and water management strategies to mitigate the effects of climate change on populations dependent on the hydrographic unit's water resources.

PRESENTACIONES ORALES

RESPUESTAS Y RESILIENCIA ANTE EL RETROCESO GLACIAR



Transformación ritual y ontológica: La peregrinación a Qoyllur Rit'i ante el retroceso glaciar

Ludwing Federico Bernal Yabar¹

¹Centro de Investigación Participativo Agua Vida y Territorio (CIPAVyT)

El retroceso acelerado del glaciar Qulqipunku (la montaña frontera entre selva y amazonía) transforma radicalmente las prácticas rituales de los danzantes en su peregrinación al santuario del Señor de Qoyllur Rit'i. Este trabajo intenta desde el paradigma andino mostrar las maneras como estas comunidades articulan estrategias pan-andinas ante su "estar en el Pacha", que para el horizonte occidental moderno sería de crisis socioambiental.

Siguiendo los planteamientos de Guillermo Salas sobre "meteorología moral andina", Catherine Allen sobre la lógica indígena que conecta glaciares con rocas sagradas, y Frank Salomon sobre materialidad ritual, analizamos cómo los Qapaq Chuncho —herederos transformados de los antiguos wayri ch'unchu— reconfiguran sus relaciones rituales.

Las illas, entendidas como lugares sagrados bendecidos por el rayo donde interactúan agua y sol, constituyen nodos de regeneración en los flujos de vida andinos que trascienden la materialidad de las piedras talladas (mollos). El Ukumari, como mediador liminal, encarna esta conexión entre el mundo de las illas — espíritus de animales, plantas y difuntos — y las prácticas rituales que buscan restaurar la continuidad vital en el paisaje sagrado transformado.

La transformación ceremonial no constituye meramente compensación simbólica, sino reconfiguración ontológica donde, como señalan Carmen Escalante y Ana M. Pino Jordán, las comunidades renuevan activamente sus vínculos con el territorio. La danza se convierte así en tecnología ritual de reciprocidad que mantiene la vitalidad ceremonial mediante nuevas formas de relacionalidad con sujetos no-humanos, evidenciando la capacidad andina de regeneración cultural frente a un colapso climático, en este caso.

CIEP-SUPAA – Una respuesta desde la ciencia comunitaria para la adaptación al retroceso glaciar

Dina Farfan Flores¹, Jan R. Baiker, Marco Otto

¹Asociación para la Conservación y Estudio de Montañas Andinas - Amazónicas (ACEMAA)¹, Cusco, Perú

El Centro de Investigación y Experimentación Participativa para Sistemas de Uso Pastoril Altoandinos (CIEP- SUPAA) es el resultado de un proceso de co-construcción entre la ciencia local (tanto ancestral, como actual) y la academia para encontrar soluciones prácticas a los desafíos que representa el acelerado cambio global (variabilidad climática, retroceso glaciar, políticas socio-económicas y dinámicas sociales). El CIEP-SUPAA se ubica en la cabecera de cuenca del río Pitumarca y ocupa un área de aproximadamente 25 000 hectáreas en las Comunidades Campesinas Chillca, Mollohuire y Ausangatecocha (Pitumarca, Canchis, Cusco, Perú). El centro desarrolla dos líneas de investigación: 1) El Sistema de Monitoreo Ecohidrológico Participativo (SMEHP) que está compuesto de 14 estaciones ecohidrológicas (para la medición de parámetros de agua, suelo y vegetación) en un total de 08 bofedales, distribuidos en subcuencas de la cabecera del río Pitumarca; 2) La investigación experimental que se trabaja junto a las pastoras y pastores de las comunidades locales para la co-generación de técnicas y tecnologías para adaptarse a los efectos del derretimiento glaciar sobre su sistema productivo. Estos enfoques promueven la gestión de recursos naturales en base de series de datos ecohidrológicos en alta resolución espacial y temporal. Debido al incremento de los caudales por el derretimiento glaciar acelerado hacia fines de la época de estiaje, el sistema de riego tradicional se ve afectado, haciendo necesarias nuevas formas de intervención, basadas en una estrecha colaboración entre las comunidades y la academia para la co-creación de nuevos conocimientos (metodologías y tecnologías) sobre el manejo ecosistémico y pastoril.

Respuestas locales frente al deterioro de calidad de agua por drenaje ácido de rocas: Una mirada desde la co - producción de conocimientos

Sofía Castro Salvador¹, Fabian Drenkhan, Leisel Figueres Lara, Eyvind Herrera More

¹Pontificia Universidad Católica del Perú

El retroceso glaciar en los Andes del Perú está generando una serie de impactos que afectan a la seguridad hídrica de los sistemas socio-ecológicos. En algunas cuencas en desglaciación, la exposición, meteorización y lixiviación de rocas facilita la liberación de aguas ácidas y elementos tóxicos, un proceso conocido como drenaje ácido de rocas (DAR). Esto ocasiona un deterioro de calidad de agua que afecta a los sistemas humanos-naturales. Los impactos del DAR implican transformaciones territoriales y cambios en el paisaje hídrico, debido a que las comunidades tienen que adaptarse a nuevos medios de vida, a una menor disponibilidad de agua potable y buscar respuestas que les permita reducir estos impactos en sus vidas.

Este estudio de caso ilustra cómo ha respondido la comunidad campesina Cordillera Blanca (cuenca del río Negro, Áncash) junto con otros actores ubicados fuera de su territorio (ONGs, Estado, academia) frente al retroceso glaciar y DAR desde un enfoque de la co-producción de conocimientos. La metodología utilizada es principalmente cualitativa, la cual permite comprender el funcionamiento del territorio de estudio desde los propios actores locales así como las respuestas desplegadas.

Este estudio que integra investigación hidrológica, percepciones locales y análisis de gobernanza encuentra que las respuestas diseñadas desde la investigación y la política pública para contrarrestar los impactos del DAR no son suficientes debido a factores biofísicos, históricos, sociales e institucionales. Por ello, para garantizar respuestas eficaces y sostenibles, tanto la investigación y gestión del agua futura deben tomar en cuenta estos factores.

Resiliencia climática frente a peligros climáticos en territorios glaciares en Pacchanta: Un estudio de caso participativo

Miguel A. Arestegui¹, Tatiana M. Ordoñez, Cinthia H. Almeida, Giorgio A. Madueño, Katherine S. Swayne

¹Practical Action

La comunidad campesina de Pacchanta, ubicada en la zona del nevado Ausangate (Cusco, Perú), depende de servicios ecosistémicos altamente sensibles al cambio climático. Esta condición presenta una situación de vulnerabilidad frente a peligros climáticos tales como desbordes de lagunas glaciares (GLOFs) y olas de calor, afectando sus vidas y medios de vida, seguridad alimentaria y economía local. Este estudio se enmarca como un estudio de caso evaluativo, cuyo objetivo fue analizar la resiliencia climática comunitaria frente a los mencionados peligros.

Se aplicó el marco de Medición de la Resiliencia Climática para Comunidades (Keating et. al, 2025), que combina métodos cualitativos y participativos para evaluar capacidades locales y sistémicas en base a los 5 capitales del desarrollo sostenible, complementado con el ciclo de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD). Asimismo, se incorporó el enfoque metodológico del Análisis Participativo de Capacidades y Vulnerabilidades (Oxfam, 2012) mediante técnicas como el mapeo comunitario y líneas del tiempo, lo que permitió profundizar en percepciones locales.

Los resultados sugieren retos significativos en cuanto a resiliencia frente a GLOFs y olas de calor. Los capitales natural, humano y físico presentan niveles intermedios; el financiero y social reflejan alta vulnerabilidad. Se identificaron fortalezas en una mirada de reducción prospectiva del riesgo, debido al conocimiento local de los peligros; existen limitaciones sobre la recuperación y la evidencia escrita sobre eventos pasados.

Este caso demuestra el valor de combinar herramientas estructuradas e instrumentos participativos para fortalecer la planificación local en territorios de alta montaña.

Paisaje sagrado de la cordillera Blanca: saberes climáticos y prácticas adaptativas a nivel comunitario

Tarik Tavera¹, Leisel Figueres Lara

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

En el Perú, los glaciares andinos se distribuyen en 20 cordilleras, destacando la Cordillera Blanca como la más extensa de los trópicos a nivel mundial. Sin embargo, en las últimas décadas, el retroceso glaciar ha afectado gravemente cordilleras como la Blanca, Vilcanota y Vilcabamba, cuya pérdida conjunta supera el 50 % de la superficie glaciar (INAIGEM, 2025).

Estos glaciares no solo tienen valor ecológico, sino también cultural y espiritual. Representan una herencia viva para las comunidades andinas, en tanto fuentes de agua, biodiversidad y eje central de su cosmovisión (Dangles et al., 2015). La deglaciación compromete el bienestar de estas poblaciones y profundiza la tensión entre el conocimiento tecnocientífico y los saberes ancestrales.

El objetivo de este estudio es analizar cómo el retroceso glaciar influye en la reproducción de conocimientos tradicionales vinculados al cuidado de la naturaleza y la reciprocidad con el territorio. Desde un enfoque intercultural, se propone una revisión bibliográfica sobre la cosmovisión andina y sus vínculos con la gestión y conservación de los glaciares.

A través de entrevistas en Huaylas, Huaraz y Yungay (Áncash), se identifican conflictos de diálogo entre saberes locales y científicos, además de brechas en las capacidades de los tomadores de decisiones frente a desafíos socioambientales. Aunque se evidencia una pérdida de conocimientos ancestrales, los procesos de sincretismo cultural y deglaciación han resignificado la relación simbólica con los glaciares en un contexto geográfico de segregación socioespacial arraigada. El paisaje sagrado mantiene su estatus de control territorial y fuentes de emociones colectivas asociadas al riesgo y la incertidumbre, manteniendo su centralidad en la organización social y espiritual del espacio andino.

PÓSTERES

ESTUDIOS GLACIOLÓGICOS



Análisis de la dinámica del glaciar Sullcón mediante UAV en la cordillera Central 2018 - 2024, Lima, Perú

Alberto Castañeda Barreto¹, Alexzander Santiago Martel

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

En las últimas décadas, el calentamiento global ha provocado impactos significativos en los glaciares tropicales, por su susceptibilidad a la variación climática, como es el caso del glaciar Sullcón (Lima, -11.884° S, -76.064° W). En los años sesenta, este glaciar aportaba a los ríos Rímac y Mantaro. El continuo retroceso que experimentó redujo su área y alteró el flujo de sus aguas, cuyo aporte actual solo es al Mantaro, reduciéndose significativamente la disponibilidad hídrica para la ciudad de Lima. El retroceso del Sullcón ha sido influenciado por la formación de lagunas en contacto glaciar y los desprendimientos de rocas desde las paredes laterales y posteriores sobre la masa glaciar. Para comprender la dinámica de este glaciar, se usaron vehículos aéreos no tripulados pilotados remotamente (UAV) a fin de estimar la reducción superficial, pérdida de espesor glaciar, velocidad superficial y la evolución de una laguna en contacto glaciar. Los resultados muestran que, entre el 2018 y 2024, la zona de ablación del Sullcón experimentó una reducción del 27.7 % (0.034 km^2), y una pérdida promedio de espesor de 2.8 m/año, con mayores cambios en las proximidades de la laguna proglaciar. El mayor desplazamiento superficial se registró en dirección NNW a un ritmo de 24.3 m/año (145.6 metros en 6 años). En tanto que, la laguna proglaciar Sullcón incrementó de superficie 3.6 veces, variando su área de 5167 a 18555 m^2 , con una tendencia al incremento de tamaño en los próximos años.

Análisis espacio - temporal del retroceso glaciar en el Nevado Sahuasiray usando el NDSI (2005 - 2015 - 2022)

Brahyan Huanca Pacuala, Luis Gabriel Mojonero Ccorihuaman, Ana Paola Quiñones Cueva¹

¹Universidad Andina del Cusco

El retroceso de los glaciares es una de las señales más evidentes del cambio climático. En este estudio analicé la disminución de la cobertura nival del Nevado Sahuasiray, ubicado en la región del Cusco, Perú, durante los años 2005, 2015 y 2022, con el fin de evaluar los efectos del calentamiento global en este glaciar andino. Para ello, utilizamos imágenes satelitales Landsat (5, 8 y 9) descargadas del portal USGS, con una resolución de 30 metros. Apliqué el Índice Normalizado de Nieve (NDSI), considerando un umbral mayor a

0.4 para identificar las áreas cubiertas por nieve. Las imágenes fueron seleccionadas en temporada seca para evitar errores por nubosidad, y el análisis multitemporal se realizó mediante ArcGIS 10.8. Los resultados muestran una pérdida progresiva del glaciar: en 2005 su cobertura era de 7.986 km², en 2015 disminuyó a 6.383 km², y en 2022 solo quedaban 5.100 km². Esto representa una pérdida total de 2.885 km² en 17 años, equivalente al 36.13% del área original. Este retroceso acelerado está relacionado con el aumento de la

temperatura, la disminución de las precipitaciones y el incremento de la radiación solar. La pérdida de masa glaciar no solo evidencia la crisis climática, sino que también pone en riesgo la seguridad hídrica de las comunidades altoandinas que dependen de estos ecosistemas.

Biodiversidad de las microalgas de nieve en glaciares peruanos

Camila Granados Quispe¹, Ana Paola Alberto Cruz, Grecia Cornejo Pallin, Matias Atoche Sandoval, Darinka Mercado Aliaga, Yoel Lipe Machaca, Paula Infante García

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

El estudio sobre la biodiversidad de algas de nieve en el glaciar Paccha se enfocó en caracterizar estas comunidades microbianas extremófilas durante la estación seca y evaluar preliminarmente su influencia en el albedo glaciar, clave en el equilibrio energético de la criósfera. Para ello, se recolectaron muestras de nieve en tres puntos del glaciar, diferenciados entre zonas de acumulación y ablación, que fueron analizadas mediante observación microscópica. Los resultados preliminares mostraron la presencia de diversas microalgas, como *Mesotaenium*, diatomeas del género *Cymbella*, algas verdes (*Chlorophyta*) y otros organismos como rotíferos y microplásticos, destacando una mayor diversidad en las muestras que contenían restos de suelo. Estos hallazgos confirmaron la viabilidad de la metodología empleada y permitieron validar parcialmente el impacto de las algas sobre el albedo, el cual se ve disminuido por su presencia, lo que podría acelerar el derretimiento glaciar. Este estudio se aún continuará con la etapa de extracción de ARN, secuenciación NGS y análisis bioinformático.

Evolución del retroceso glaciar en los Nevados Huascarán y Chopicalqui mediante el cálculo del Índice Diferencial Normalizado de Nieve entre 1984 y 2023 en la Cordillera Blanca, Perú

Fabrizio Alexander Viera Castañeda¹, Alexandra Mireya Altamirano Gallardo

¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Los glaciares son indicadores del cambio climático y desempeñan un rol importante en los recursos hídricos. En Perú, los glaciares han disminuido un 56.22% desde 1962 (INAIGEM), afectando la hidrología y causando eventos como inundaciones y deslizamientos. Por ello, el objetivo de esta investigación es analizar y cuantificar el retroceso glaciar en los nevados Huascarán y Chopicalqui en el periodo de 1984-2023. El área de estudio abarca los nevados Huascarán y Chopicalqui, situados en la Cordillera Blanca dentro del Parque Nacional Huascarán. La región se caracteriza por un clima húmedo con precipitaciones significativas y temperaturas variables, lo que contribuye al retroceso glaciar. Para ello, incluyó una revisión exhaustiva de literatura científica y la utilización de imágenes satelitales multiespectrales Landsat (1984-2023) procesadas con ArcGIS mediante el método NDSI, permitió calcular y analizar las áreas glaciares de ambos nevados, mostrando una disminución total de 2,040.74 hectáreas y una reducción del 31.09% en el área glaciar desde 1984. La tasa de retroceso promedio fue de 52.33 hectáreas por año, con una aceleración notable en las últimas dos décadas debido al calentamiento global y eventos climáticos extremos como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Los resultados revelan una pérdida de superficie glaciar significativa, con el año 2023 mostrando solo el 68.9% del área original en 1984. La discusión aborda cómo el retroceso está alineado con las tendencias globales y la sensibilidad de los glaciares tropicales a cambios de temperatura y precipitación. Los eventos ENSO han acelerado el retroceso glaciar, mientras que los eventos de La Niña han mostrado efectos estabilizadores temporales. Se concluye que existe retroceso glaciar en los nevados Huascarán y Chopicalqui, marcado por la pérdida de masa glaciar como tendencia progresiva.

Impacto de la variabilidad climática en el retroceso del Glaciar Osjollo Ananta, Cordillera Vilcanota

Haydei Veliz Vasquez¹, I. Granados Quispe, C. Guerra Hinostroza, S. Sansoni Koga, M. Escobar Rodas, A. Liendo Parea

¹Círculo de Investigación en Glaciares· Universidad Nacional Agraria La Molina

Los glaciares tropicales de los Andes peruanos exhiben cambios significativos en respuesta a las variaciones de las condiciones climáticas, observándose una pérdida constante y progresiva en los últimos años. En este estudio, analizamos el impacto de las variables meteorológicas en el retroceso de los últimos 30 años del glaciar Osjollo Ananta, ubicado en la Cordillera de Vilcanota, para ello se usó teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleando la técnica del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) aplicado a imágenes de Landsat level - 2 y, el uso de datos climatológicos de temperatura y precipitación proporcionada por la SENAMHI. Resultando que del periodo de 1995 al 2024 indican un continuo y constante retroceso de superficie glaciar que constituye una disminución de más del 30% de su masa en consecuencia de los patrones climáticos cambiantes. Asimismo, se encontró una relación significativa entre la temperatura media anual, especialmente entre los años de 2020 al 2024 y el retroceso glaciar; mientras que por la prueba de correlación de Pearson sugiere una correlación negativa moderada para la precipitación media. En conclusión se muestra una tendencia significativa en la pérdida de superficie glaciar influenciado por la variables climáticas, lo que evidencia la vulnerabilidad de los glaciares tropicales frente al cambio climático.

Análisis del retroceso glaciar en la microcuenca Cunya - Cordillera Blanca, mediante imágenes satelitales y variables climáticas

Juan Antonio Lopez Manrique¹, Irene Castro

¹Universidad Católica Sedes Sapientiae

El retroceso glaciar en la Cordillera Blanca en Perú constituye uno de los indicadores más visibles del cambio climático en los Andes tropicales. El objetivo de la investigación fue analizar la dinámica del retroceso glaciar en la microcuenca Cunya, entre 1987 y 2021. La delimitación de las áreas glaciares se realizó mediante imágenes satelitales multitemporales Landsat 5 TM, y Landsat 8 OLI, aplicando el índice espectral NDSI (Normalized Difference Snow Index), complementado con análisis geoespacial en las plataformas QGIS y ArcGIS. Así como con trabajo de campo, lo que permitió comparar, validar los datos obtenidos, y cuantificar la pérdida de superficie glaciar en km². Asimismo, se empleó el software RStudio para el análisis de las variables climáticas, específicamente temperatura superficial y precipitación. Los resultados evidenciaron una pérdida del 46,7 % de la superficie glaciar en 34 años, con una velocidad promedio de retroceso de -0,89 km²/año. El análisis de series temporales mostró un incremento de 0,4 °C en la temperatura media, pasando de 9,1 °C en 1987 a 9,5 °C en 2021. Asimismo, la precipitación anual acumulada disminuyó de un promedio de 526,4 mm a 442,5 mm, lo que representa una reducción de 83,9 mm. El glaciar se redujo de 6,58 km² a 3,51 km², fragmentándose en dos zonas: una occidental con mayor cobertura y una oriental más afectada. En conjunto, las variaciones en temperatura y precipitación, sumadas a la influencia de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, han contribuido significativamente al acelerado retroceso glaciar en la microcuenca Cunya.

Monitoreo de glaciares en la Cordillera Blanca mediante Random Forest y sensores radar (SAR)

Junior Adrián Figueroa Miranda^{1,2}, Edwin Loarte^{1,2}, Katy Medina^{1,2}

¹Centro de Investigación en Ciencias de la Tierra, Ambiente y Tecnología - ESAT, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Huaraz, Perú.

²Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Huaraz, Perú

El retroceso glaciar en la cordillera Blanca, considerando que este, es uno de los sistemas glaciares tropicales más afectados por el cambio climático, representa un desafío crítico para la gestión de recursos hídricos. Este estudio evaluó la efectividad del algoritmo de clasificación Random Forest con imágenes Sentinel-1 (SAR) para el mapeo de la cobertura glaciar, procesando datos IW-GRD (VV/VH, órbitas ascendentes/descendentes) de 2016 y 2020. La metodología utilizó la plataforma de Google Earth Engine que ya contenía imágenes con las correcciones radiométricas y geométricas, estas fueron complementadas con el filtrado speckle, para posteriormente ser evaluadas por el método k-fold (k=5) y finalmente ser validadas en la plataforma SNAP con la matriz de confusión utilizando los resultados de inventarios oficiales. El modelo fue entrenado con muestras de los glaciares Artesonraju, Shallap y Gueshgue, además se utilizaron 3 combinaciones para el entrenamiento, donde la mayor precisión general e índice de Kappa fue la obtenida por la combinación 1 que es la polarización VV (74.82%, Kappa=0.47 en 2016; 78.03%, Kappa=0.55 en 2020). Los resultados demuestran la utilidad de Random Forest en imágenes SAR para identificar la cobertura glaciar, siendo aplicable solo para la zona estudiada, y también destaca la necesidad de complementar el modelo con otras correcciones como las topográficas, aumentar la representatividad de la zona y la integración con otras imágenes satelitales. También subraya el potencial de las técnicas de aprendizaje automático supervisado aplicadas a imágenes SAR, para el monitoreo de la criósfera en las regiones montañosas complejas.

Comparación altitudinal del balance de masa glaciar entre cordilleras volcánicas y no volcánicas del Perú

Magaly Valverde Fructuoso¹

¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo

El balance de masa glaciar constituye un indicador fundamental para evaluar los efectos del cambio climático en ecosistemas de alta montaña. Este estudio tiene como objetivo comparar el comportamiento altitudinal del balance de masa entre glaciares ubicados en cordilleras volcánicas y no volcánicas del Perú del periodo del 2023 al 2024. Para ello, se aplicó el método glaciológico que consiste en la instalación de balizas en la zona de ablación y la medición de la acumulación de nieve mediante pozos. A partir de estas mediciones in situ, expresadas en metros equivalentes de agua (m w.e.), se determinaron los gradientes altitudinales de pérdida de masa comprendidos entre 4680 y 6225 m s.n.m. en siete glaciares: seis localizados en cordilleras no volcánicas (Artesonraju, Shallap, Yanamarey, Chuecón, Quisoquipina y Yanaucsha) y uno en una cordillera volcánica (Cavalca, Cordillera Ampato). Los resultados muestran que los glaciares de cordilleras no volcánicas presentan una variación más abrupta del balance de masa, con valores que oscilan entre -10.9 y 1.07 m w.e. y una media de -2.36 m w.e. En contraste, el glaciar ubicado en la cordillera volcánica exhibe una variación menos pronunciada, con valores entre -2.2 y 0.59 m w.e. y una media de -1.11 m w.e. Se concluye que las diferencias en los patrones altitudinales del balance de masa están fuertemente influenciadas por factores climáticos y orográficos propios de cada cordillera. Estos resultados aportan información clave para el modelamiento de balance de masa y las proyecciones de disponibilidad hídrica en escenarios de cambio climático.

Monitoreo multitemporal de la Laguna Vilacota mediante índices espectrales: Dinámica hídrica en una laguna de origen glaciar Tacna, Perú, 2018 - 2024

Mayrin Hañari Nina¹, Arlette Estrada, Bertha Vilca

¹Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

La laguna Vilacota, ubicada a 4,445 m s.n.m. en el distrito de Susapaya, provincia de Tarata, departamento de Tacna, constituye un ecosistema altoandino fundamental para la regulación hídrica regional. Los cuerpos lacustres glaciares son sensibles al cambio climático, requiriendo monitoreo continuo de su dinámica. Se analizó la evolución del área y perímetro lagunar (2018-2024) mediante imágenes Landsat 8 procesadas en Google Earth Engine, aplicando filtros de nubosidad 10% y composiciones medianas anuales. Se calcularon índices NDSI y NDWI. Según Dozier (1989), $NDSI \geq 0.4$ discrimina nieve de agua, vegetación y suelo, combinando bandas verde (B3) e infrarrojo de onda corta (B6). El NDWI contrasta bandas verde (B3) e infrarrojo cercano (B5) para delimitar cuerpos de agua superficiales.

Los resultados evidencian incremento del área entre 2018-2021 (1,024.81 a 1,054.78 ha), reducción en 2022 (1,001.95 ha) y recuperación parcial en 2023-2024. El perímetro mostró mayor variabilidad: 10-11 km la mayoría de años, con picos en 2018 (15.12 km) y 2023 (14.84 km), reflejando bordes más dinámicos.

En conclusión, la laguna Vilacota muestra un comportamiento relativamente estable en extensión, pero con alta variabilidad en su perímetro. La disminución del área en 2022 y el posterior aumento del área y del perímetro en 2023 constituyen eventos críticos posiblemente asociados a condiciones climáticas extremas o a la gestión hídrica local.

Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para estimar el espesor de detritos del Glaciar LLaca, Cordillera Blanca, Perú

Renzo Angel de la Cruz¹, Fredy Hualpa, Efrain Lujano

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

Los glaciares cubiertos de detritos constituyen importantes reservorios de agua dulce, aportando caudales significativos a las cuencas durante la estación seca. Además, el estudio del espesor de detritos permite identificar áreas potencialmente peligrosas, como lagunas glaciares susceptibles de generar aluviones. Sin embargo, la presencia de detritos y el difícil acceso dificulta el monitoreo de estos glaciares mediante técnicas convencionales. En este contexto, resulta fundamental el desarrollo de metodologías que permitan estimar con precisión el espesor de detritos, una variable aún poco documentada en muchas regiones de alta montaña. La investigación tuvo como objetivo estimar el espesor de detritos en la lengua del glaciar LLaca, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático. Se midieron datos de espesor en 55 puntos distribuidos aleatoriamente. Evaluando nueve algoritmos de aprendizaje automático: (1) regresión lineal (OLS, Ridge, Lasso y Elastic Net), (2) árbol de decisión, (3) Random Forest, (4) XGBoost, (5) Gradient Boosting Machine (GBM), (6) Support Vector Machine (con kernels lineal, radial y polinomial), (7) K-Nearest Neighbors (KNN), (8) modelo lineal generalizado bayesiano (Bayesian GLM) y (9) modelo aditivo generalizado (GAM). Las variables predictoras utilizadas fueron la elevación, pendiente, orientación y la temperatura superficial del suelo (LST). Los modelos fueron entrenados mediante validación cruzada con $k = 5$ particiones, y evaluados mediante el error absoluto medio (MAE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de determinación (R^2). En general, los modelos presentaron un MAE promedio entre 8 y 15 cm, un RMSE entre 11 y 17 cm, y valores de R^2 entre 0.21 y 0.40. El mejor desempeño, según las métricas MAE y RMSE (4.88 cm y 7.26 cm, respectivamente), correspondió al modelo Support Vector Machine con kernel lineal. Por otro lado, el mayor valor de R^2 (0.87) fue alcanzado por el modelo aditivo generalizado (GAM), lo que evidencia su capacidad para capturar relaciones no lineales complejas en la estimación del espesor de detritos.

Estimación de la distribución de espesor de hielo en el glaciar Yanaucsha mediante análisis GPR en un entorno de código abierto

Roger Manuel Chuquizuta Chuecha¹

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

El Perú ha experimentado una abrupta reducción de sus glaciares andinos, perdiendo aproximadamente el 56% de su superficie en los últimos 60 años. Esta pérdida, inducida por el aumento de las temperaturas globales y los cambios en los patrones de precipitación, representa una amenaza significativa para la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible del país. Particularmente, la cordillera de Huaytapallana es crucial para el régimen hídrico de las subcuencas de los ríos Shullcas y Pariahuanca, nutriendo la cuenca del Mantaro y garantizando la seguridad alimentaria. Sin embargo, la gestión y conservación de estos glaciares se ven entorpecidas por la escasez de datos sobre su espesor y volumen, información vital para evaluar su respuesta al calentamiento global y predecir su evolución futura.

En este contexto, este estudio se enfoca en el glaciar Yanaucsha de la cordillera Huaytapallana, implementando una metodología innovadora de análisis y procesamiento de datos de georradar (GPR) utilizando el lenguaje de programación R, un entorno de código abierto. Esta aproximación permite caracterizar detalladamente el relieve de la zona basal del glaciar. Los resultados preliminares son prometedores, revelando espesores promedio en perfiles específicos de 65, 43, 55, 44 y 64 metros. Estos hallazgos no solo proporcionan información valiosa sobre la morfología subglacial, sino que también son un paso fundamental hacia la estimación precisa del volumen total de hielo del glaciar Yanaucsha, contribuyendo así a una mejor comprensión y gestión de estos vitales recursos hídricos.

PÓSTERES

IMPACTOS Y RESPUESTAS ANTE
EL RETROCESO GLACIAR



Evaluación del satélite SWOT para el monitoreo de aluviones glaciales: Caso del GLOF del 28 de abril en Llaca, Huaraz

Alexis Daniel Rivera Flover · Andres Atilio Durand Cruces · Andres Fernando Figueroa Curo · Adriano Rasmid Quispe Fernandez · Brandon Ricardo Zambrano García, **Nicolas Fabricio Quintana Manrique¹**, Camila Fernanda Peñarán Zuñiga

¹Universidad Nacional Agraria La Molina

El 28 de abril de 2025, un aluvión de origen glaciar (GLOF) descendió por la quebrada Llaca, en Huaraz, tras el desborde en cadena de dos lagunas formadas por el retroceso del glaciar Vallunaraju. El evento fue desencadenado por un deslizamiento de rocas inducido por lluvias intensas, que impactó la laguna superior y provocó el colapso del sistema. A pesar del alto riesgo, persisten brechas significativas en el seguimiento de estos eventos debido a la ausencia de monitoreo constante y la falta de investigaciones. Es por ello que esta investigación evalúa el potencial del satélite SWOT para detectar y caracterizar aluviones glaciares en los Andes tropicales. Se utilizaron datos del satélite SWOT (2023–2025) y precipitaciones del producto CHIRPS. La metodología incluye el análisis multitemporal de imágenes satelitales, delimitación del área afectada para evaluar cambios hidrológicos asociados al evento. Los resultados indican que el SWOT representa adecuadamente la estacionalidad y los picos de elevación de la superficie del agua (WSE) en la quebrada Llaca. En 2025 (3900 a 4300 m) se registraron valores significativamente más altos que en 2024 (3300 a 3700 m) en su temporada húmeda, reflejando mayor contenido de agua superficial. Desde septiembre de 2024 se observa un aumento progresivo de WSE no explicado solo por lluvias, indicando acumulación. Junto a las intensas precipitaciones de marzo (~160 mm), esto generó condiciones críticas previas al GLOF del 28 de abril. Estos resultados son preliminares pero reflejan el potencial uso del satélite para el monitoreo de aluviones en zonas andinas glaciares.

Climate change and water resource management in the Vilcanota-Urubamba Basin

Anne Juliene Barcelona¹, Daniel V. Horna Muñoz, Pedro Rau

¹Massachusetts Institute of Technology

The Vilcanota-Urubamba region in the Peruvian Andes is confronting significant water resource challenges due to accelerated glacial retreat and shifting climate patterns. Over the past four decades, observed changes in temperature and precipitation have led to increased water resource variability, posing a critical threat to long-term water availability for local communities and ecosystems. This project addresses the urgent need for a comprehensive framework to inform sustainable development planning and policy formulation in response to these climate-induced impacts.

Our research proposes a complementary approach with multiple methodologies to accurately project future water supply and demand and integrate these hydrological forecasts into comprehensive economic projections. The methodology used include: an initial data framework and analysis to establish historical trends (1980-2018), a System Dynamics model to capture the complex feedbacks between climate, water resources, and socio-economic systems, and the InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) model to quantify the economic value of water-related ecosystem services.

By integrating these robust models, this study will produce actionable insights into potential water scarcity and the economic consequences of glacial loss. The findings will provide local policymakers with a useful tool for designing adaptive strategies, implementing sustainable resource management, and building resilience in facing and responding to ongoing climate change. This work contributes a replicable framework for other regions with glaciers facing similar challenges.

Pérdidas y daños inducidos por el cambio climático – Un estudio de caso de la cuenca del Río Vilcanota-Urubamba (Cusco, Perú)

Colin I. McQuistan, Jan R. Baiker¹, Dina Farfan Flores, Javier Farfan Flores, Miguel Arestegui

¹Asociación para la Conservación y Estudio de Montañas Andinas-Amazónicas 'ACEMAA'

El riesgo climático en Perú ha aumentado en las últimas dos décadas, con el aumento de la temperatura promedio, la pérdida de superficie glaciar, sequías prolongadas y una mayor frecuencia de lluvias intensas que causan deslizamientos de tierra e inundaciones. A medida que las comunidades enfrentan cada vez más pérdidas y daños irreversibles (L&D por su acrónimo en inglés: los impactos del cambio climático que no pueden evitarse mediante la mitigación ni la adaptación), y alcanzan los límites de su adaptación, existe una necesidad urgente de implementar medidas para prevenir y recuperarse de estos eventos. El estudio desarrolla una comprensión compartida de los efectos mediante el análisis de la experiencia vivida por comunidades locales en la cuenca alta y media del río Vilcanota-Urubamba (Cusco), a través de grupos focales locales y entrevistas con funcionarios del gobierno local, dueños de negocios y productores agrícolas locales, y el análisis del panorama institucional actual, incluso mediante entrevistas a expertos.

La investigación propone una hoja de ruta integrada (roadmap) de L&D que consiste de cinco componentes: 1) Definición (taxonomía) y metodología clara para evaluar L&D; 2) Proceso de evaluación de L&D construido desde aquellas comunidades más afectadas (bottom-up, desde abajo hacia arriba); 3) Destinación de recursos a poblaciones en riesgo de sufrir L&D; 4) Co-construcción de planes preventivos previos y planes compensatorios post evento junto con las comunidades en riesgo / afectadas; 5) Mejoramiento de las capacidades de colaboración y coordinación entre agencias gubernamentales y hacia las comunidades en riesgo / afectadas.

Estimación multitemporal de la calidad del agua a partir de imágenes satelitales en la subcuenca del Río Negro – Cordillera Blanca

Eyvind Herrera More¹, Martin Leyva Molina, Fabian Drenkhan

¹Universidad Peruana Cayetano Heredia

El retroceso glaciar está generando una serie de impactos en los Andes peruanos, entre ellos el deterioro de la calidad del agua debido a la ocurrencia del drenaje ácido de roca (DAR). Tradicionalmente, la caracterización de la calidad del agua suele realizarse con el muestreo in-situ y equipos multiparámetro. Los datos hallados con estos métodos son limitados a nivel espaciotemporal, lo cual dificulta un análisis detallado sobre los efectos del DAR a largo plazo. Este estudio evalúa la variabilidad multitemporal de la reflectancia de cuerpos acuáticos como indicador de los cambios en la calidad del agua superficial en la subcuenca del río Negro. Para ello, se formularon índices físicos para estimar los parámetros pH y conductividad eléctrica (CE) a partir de la reflectancia de imágenes satelitales Sentinel-2 MSI y Landsat 8 OLI, empleando modelos de regresión. Los índices propuestos para ambos parámetros incluyen combinaciones de bandas de la región visible. Los resultados muestran una tendencia a la disminución del pH (de neutro a ácido) y un incremento de la CE en las lagunas Tararhua y Pumahuaganga entre el 2019 y 2025. Por el contrario, las lagunas Tucto-1 y Capac Cocha, situadas fuera del cauce de las quebradas con influencia de DAR, conservan condiciones neutras y valores bajos de CE. En sitios donde coexisten la formación Chicama y los glaciares, se identificó que la desglaciación es un driver clave del proceso de acidificación. Este estudio apoyará en la comprensión de los procesos espaciotemporales de la ocurrencia de DAR en cuencas altoandinas.

Modelación hidro-glaciológica bajo escenarios de cambio climático de la Microcuenca Llaca- Cordillera Blanca, Perú

Fredy Hualpa Inquilla¹, Alexander Santiago Martel

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

El cambio climático global está acelerando el deshielo en diversas regiones de montaña en el mundo, generando preocupación sobre el impacto que tendrá en los recursos hídricos. El objetivo fue modelar la dinámica hidro-glaciológica de la microcuenca Llaca bajo diferentes escenarios de cambio climático para el periodo 2026-2050. La dinámica de escorrentía y derretimiento del glaciar fueron evaluados a la microcuenca Llaca en la cordillera Blanca del Perú, aplicando el enfoque conceptual semi-distribuido con los modelos GSM (Glacier Snow Melt) y SOCONT (Soil Contribution), que integran procesos hidro-glaciológicos en zona glaciar y no-glaciar. Se consideraron dos periodos: base (2018 – 2021) y futuro (2026 – 2050) con escenarios de cambio climático SSP1 2.6 y SSP5 8.5, empleando datos diarios de temperatura y precipitación. En el periodo base de 5 años, el glaciar Llaca con una superficie de 3.67 km², experimenta una fusión de hielo de 1281509 m³, y la mayor contribución mensual de caudal de deshielo ocurre en el mes de noviembre (estación húmeda) y agosto (estación seca). Los escenarios futuros predicen que el glaciar Llaca, según los 10 modelos CMIP6, perderá gran parte de su masa de hielo, convirtiéndose en escorrentía en agosto de 2049 para el escenario SSP5 8.5 y para el escenario SSP1 2.6 se conserva parte de su masa de hielo. Este resultado advierte que, sin la presencia de masa glaciar (hielo y nieve) en el escenario SSP5 8.5, se experimentará una reducción del 25% en el caudal respecto al periodo base, lo que afectará el suministro de agua para uso agrícola y poblacional en las próximas décadas.

Calidad de agua en lagunas peri y proglaciares de la Quebrada Llaca, Cordillera Blanca, Perú

Lucia Castillo Salas¹, Francisco Castillo Vergara, Sofia Rodriguez Venturo, Brenda Castro Balarezo, Daniella Padilla Celestino, Edwin Loarte, Katy Medina

¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo

Las lagunas glaciares son reservorios importantes de agua dulce, las cuales son altamente sensibles a los efectos del retroceso glaciar. Esta investigación evaluó la calidad del agua en tres lagunas peri y proglaciares de la quebrada Llaca (cordillera Blanca, Perú), enfocándose en la concentración de metales totales y aniones inorgánicos para su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA Perú) 1A1 y 4E1 y el cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS). Para ello, se recolectaron 15 muestras de agua y se analizó el contenido de metales totales y aniones inorgánicos mediante ICP-MS y cromatografía iónica, respectivamente. Los resultados mostraron concentraciones elevadas de Al y Fe (0.5-3.02 mg/l), Si (1.18-9.58 mg/l) y SiO₂ (2.54-20.50 mg/l) en todas las lagunas. Asimismo, se registraron bajas concentraciones de Cl⁻ (0.01-0.081 mg/l), F⁻ y NO₃⁻ (0.11-0.77 mg/l) y SO₄-2 (1.34-2.86 mg/l). Sobre la calidad del agua, el Al y Fe superaron los valores del ECA 1A1 evidenciando la necesidad de tratamientos para la remoción de estos metales y, según el ICARHS, las lagunas periglaciares obtuvieron valores entre 81.90-96.56, y la laguna proglaciar un valor de 80.81. Por otro lado, en la categoría 4E1, se alcanzaron valores entre 99.5 y 100. Se concluyó que, la calidad del agua de las lagunas peri y proglaciares de la quebrada Llaca son buenas para la potabilización con desinfección y condiciones óptimas para la preservación del ecosistema acuático, aunque se recomienda monitorear metales como el Al y Fe por su potencial impacto ecosistémico.

Observatorio del Glaciar Quelccaya: una respuesta para el monitoreo multidisciplinario de glaciares y ecosistemas de montaña

Renny D. Diaz Aguilar¹

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

Los ecosistemas de montaña de los Andes tropicales brindan servicios ecosistémicos esenciales para la subsistencia de amplias poblaciones humanas, pero enfrentan una alta vulnerabilidad ante el cambio climático y las presiones antropogénicas. En este contexto, el INAIGEM impulsa la implementación del Observatorio del glaciar Quelccaya (OQ) como una plataforma de monitoreo e investigación científica multidisciplinaria y participativa centrada en el glaciar Quelccaya, ubicado en el suroeste del Perú, que hasta hace poco fue considerado el casquete glaciar tropical más grande del planeta sin embargo la alarmante reducción de su masa glaciar compromete los ecosistemas dependientes y pone en riesgo la seguridad hídrica de las comunidades locales y sectores económicos clave. El OQ tiene como objetivo comprender los impactos del cambio climático sobre los glaciares y ecosistemas de montaña, con el fin de contribuir al diseño de estrategias de adaptación basadas en un enfoque territorial, integral e inclusivo. El OQ se ha iniciado con investigaciones glaciológicas mediante radar de penetración terrestre, drones para el seguimiento del retroceso glaciar, se han instalado una red robusta de estaciones hidrometeorológicas y parcelas de monitoreo ecológico como el seguimiento del Pinzón Glaciar, especie única que anida en glaciares tropicales. En el componente social, se desarrollan estrategias de acercamientos con las comunidades locales mediante publicaciones como "Rutas del cambio climático y geoparque del Glaciar Quelccaya" y la promoción del geoparque del glaciar Quelccaya promoviendo una gestión participativa del territorio. El Observatorio Quelccaya se proyecta como referente científico internacional para el entendimiento de los procesos de adaptación al cambio climático en los ecosistemas de montaña, articulando el conocimiento glaciológico, ecológico y social en un territorio altamente sensible.

Inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares (GLOFs) tendencias y desencadenantes desde una perspectiva global y andina

Saddam Cusi Carazas, Luis Enrique Quispe Borda¹

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

Las inundaciones por desbordamiento de lagos glaciares (GLOFs) son eventos naturales que representan un riesgo creciente en zonas montañosas debido al rápido retroceso de glaciares asociado al cambio climático. Este estudio analiza las tendencias temporales y los mecanismos desencadenantes de los GLOFs a nivel global y en la región de los Andes, con énfasis en Perú. Utilizando una base de datos global de eventos, se aplican modelos estadísticos de regresión de Poisson y logística para evaluar la influencia del calentamiento antropogénico en la frecuencia y distribución de estos fenómenos. Los resultados muestran un aumento significativo en la incidencia anual de GLOFs, particularmente en los Andes, lo que resalta la necesidad de estrategias regionales para la gestión de riesgos y adaptación climática.

Sedimentological and geochemical analysis of Glacial Lake sediments from Laguna Palcacocha and Laguna Llaca, Cordillera Blanca, Perú.

Thomas Kanitz Rasmussen¹, Rodrigo Alberto Narro Pérez, Carolyn H. Eyles, Henry Gage, Luzmila Dávila Roller

¹School of Interdisciplinary Science, Faculty of Science, McMaster University

The Cordillera Blanca in Northern Peru is host to 25% of tropical glaciers identified globally and has experienced a 43% (276.5 km²) reduction in glacierized area since 1962. Accelerated glacial retreat has also resulted in the expansion of glacial lakes in the region and has enhanced risks to downstream communities that rely on the quantity and quality of these potable freshwater reservoirs. To understand the impact of recent glacial retreat on sedimentation processes and water quality, eight sediment cores, ranging in length from 34 to 93cm, were collected from two glacial lakes (Laguna Palcacocha and Laguna Llaca) and analyzed through facies identification and elemental analysis using iTRAX X-ray fluorescence. Semi-automated varve counting software was used to estimate the age of the cores to be between 60-120 YBP. Cored facies types include laminated and deformed fines (Fl, Fd), massive fines (Fm), and horizontally bedded sands (Sh). These facies types are interpreted as the product of intermittent underflow currents and seasonal variations in meltwater and sediment influx to the lake. All four Laguna Palcacocha cores demonstrate an upwards decrease in grain size. One of the Palcacocha cores shows an upward increase in iron (Fe) content, estimated to have started approximately 40-45 years ago, and likely the result of enhanced bedrock weathering during glacial retreat. We interpret the sedimentological and geochemical changes in the cores to reflect environmental changes related to glacial retreat over the past century, and they provide important information about the possible contamination of freshwater resources in the region.

Impactos del drenaje ácido de roca en la calidad del agua, sedimentos y vegetación ribereña en la Microcuenca Quillcayhuanca

Yeidy Montano¹

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

El drenaje ácido de roca (DAR) es un proceso natural originado por el retroceso glaciar, generando la acidificación y liberación de metales pesados por la oxidación de minerales sulfurosos. Durante el 2024 se evaluó en dos temporadas (húmeda y seca) la concentración de metales pesados en la vegetación ribereña, en el agua y sedimentos en la microcuenca Quillcayhuanca, Huaraz, Áncash, esta investigación aborda los impactos producto de la liberación de metales como manganeso (Mn), hierro (Fe), plomo (Pb), zinc (Zn) y aluminio (Al) en los tres componentes evaluados, además se registró las concentraciones de arsénico (As) y cadmio (Cd) en los sedimentos.

Los resultados registraron que el pH del agua tuvo un valor mínimo de 3.09, incumpliendo los Estándares de Calidad ambiental (ECA) para el agua que evidencia su acidificación, además se registraron concentraciones elevadas de metales como Mn (1.44 mg/L), Fe (6.99 mg/L), Pb (0.006 mg/L) y Zn (0.48 mg/L) superando la normativa principalmente en la época seca. En los sedimentos, se detectaron altas concentraciones de As (41.834 mg/kg) y Cd (0.906 mg/kg) que se compararon con los límites de las guías canadienses (ISQG/PSQG), mientras que en la vegetación evaluada (*Festuca* spp., *Juncus ebracteatus*, *Lobelia* spp., *Muehlenbeckia volcanica*, *Plantago* spp. y *Lachenilla pinnata*), los resultados registraron altas concentraciones de metales en el suelo de Al y que también el Fe registró altas concentraciones a nivel de las raíces y parte aérea de las plantas. El estudio demuestra que el DAR genera impactos negativos en los componentes de ecosistemas naturales.

PÓSTERES

ESTUDIOS EN ECOSISTEMAS
DE MONTAÑA



Infraestructura verde “Bofedales de *Distichia muscoides*” para la regulación del agua en microcuenca de alta montaña de puna seca.(Caso Chalhuanca Yanque Caylloma Arequipa. 1994-2025”)

Andrés Estrada Zuñiga¹, Juan Moscos Muñoz, Gabriela Condori Mamani, Jim Cárdenas Rodríguez

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

El proyecto de investigación titulado Infraestructura verde “Bofedales de *Distichia muscoides*” para la regulación del agua en puna seca se desarrolló entre los años 1994 y 2025 en la comunidad de Chalhuanca, ubicada en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, región Arequipa. Su objetivo principal fue implementar y consolidar bofedales de *Distichia muscoides* como estrategia para la conservación y regulación del agua en la microcuenca local. La primera etapa consistió en la formación de espejos de agua e infraestructura básica de captación, almacenamiento y distribución, mediante canales de tierra. Esta fase inició con la inundación de tierras eriazas o pajonales dominados por *Festuca orthophylla*, tras lo cual emergieron especies como *Festuca dolichophylla* y *Alchemilla pinnata*, mientras desaparecieron otras como *Margaricarpus* sp. y la misma *Festuca orthophylla*. Esta etapa tuvo una duración aproximada de dos años. La segunda etapa, correspondiente a la formación del bofedal propiamente dicho, comenzó en el tercer año y concluyó al cuarto con la aparición de *Distichia muscoides* formando almohadillas de crecimiento rápido, acompañada de especies como *Alchemilla diplophylla*, *Plantago* sp. y *Eleocharis albibracteata*, muy valoradas en la dieta de las alpacas. A partir del quinto año, se evidenció la etapa de maduración, caracterizada por un bofedal compacto, con alta cobertura de cojines de *Distichia muscoides* y presencia abundante de *Alchemilla diplophylla*, *Plantago* sp., *Eleocharis albibracteata*, *Myriophyllum elatinoide*s, *Calamagrostis* sp., *Cyperus* sp., *Liliacopsis andina* y *Festuca dolichophylla*. En esta fase, el volumen de ingreso de agua al bofedal se estabiliza e incluso puede incrementarse hasta en un 10 % al final de la microcuenca. Finalmente, la cuarta etapa, denominada de explotación y uso, inicia también a partir del quinto año, permitiendo el aprovechamiento pastoril intensivo, con una carga ganadera de hasta cuatro unidades de alpaca por hectárea por año, y manteniendo la regulación hídrica en la microcuenca.

Clasificación de turberas de alta montaña en el ámbito del casquete glaciar Quelccaya, Cusco y Puno.

Aracely Dayana Machaca Condori¹, Renny Daniel Diaz Aguilar

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

Las turberas son un tipo de humedal en donde la materia orgánica se acumula en condiciones de saturación permanente, representan aproximadamente el 3% de la superficie terrestre, sin embargo, almacenan cerca de un tercio del carbono de los suelos del mundo y el doble del carbono contenido en la biomasa de todos los ecosistemas forestales del planeta. En los Andes tropicales las turberas ofrecen servicios ecosistémicos esenciales que permiten el equilibrio de los ecosistemas de montaña y por ende la sostenibilidad de las poblaciones altoandinas. Proveen del servicio de regulación hídrica, contribuyendo a la seguridad hídrica lo cual es crucial en contextos de cambio climático y retroceso glaciar.

Sin embargo, las turberas son ecosistemas frágiles frente al cambio climático ya que las variaciones en la precipitación y la pérdida del glaciar afectan su principal fuente de agua aumentando la estacionalidad hídrica que acelera la descomposición de la turba provocando la pérdida de su capacidad para la captura de carbono. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo identificar turberas estacionales y turberas permanentes en el ámbito del glaciar Quelccaya localizado en los Andes del sur del Perú entre los departamentos de Cusco y Puno. Se utilizaron imágenes satelitales Sentinel-2 y de radar de Sentinel-1, bajo los índices espectrales y algoritmos dentro de la plataforma Google Earth Engine (GEE), y algoritmos de bosque aleatorio (RF) para clasificar las turberas. Se presentan resultados preliminares del mapeo de turberas, con una distribución estimada de 37 % para turberas estacionales y 63 % para turberas permanentes.

Trayectorias de composición de especies en la rehabilitación de pajonales altoandinos degradados por sobrepastoreo: Análisis preliminar en Piuray

Cesar Cristhian Alvarez Conza¹, Angela Mendoza Ato

¹Instituto para la Conservación de Especies Amenazadas· Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM

Las actividades humanas están causando una degradación de los ecosistemas en todo el mundo, principalmente por el cambio de uso de suelo, generando pérdida de la cobertura vegetal y biodiversidad, impactando en la provisión de servicios ecosistémicos. Frente a ello, aunque existen iniciativas de restauración de ecosistemas, las experiencias aún son escasas, por lo que urge considerar y evaluar alternativas de rehabilitación del funcionamiento de estos ecosistemas degradados. En la microcuenca de Piuray, Cusco, los pajonales han sido afectados principalmente por sobrepastoreo, causando una reducción en la cobertura vegetal y favoreciendo procesos de degradación. A una escala de parcela, se implementó un tratamiento de rehabilitación en un pajonal degradado, mediante la translocación de *Festuca dolichopylla*. Analizamos la trayectoria de composición de especies después de 4 años en parcelas permanentes (1 m x 1m). Cuantificamos la diversidad, basados en los números de Hill, un análisis PERMANOVA, un NMDS e identificamos las especies indicadoras. Los resultados no mostraron diferencias en la diversidad de especies manteniendo el número de especies efectivas y dominantes, pero sí mostraron diferencias significativas en la composición de especies entre el 1er y 4to año ($p < 0.05$), encontrándose también un cambio de las especies indicadoras ($p < 0.05$), tanto en control como tratamiento. Estos resultados preliminares no muestran una comprensión detallada de la eficacia del tratamiento como estrategia de rehabilitación, por el corto tiempo de evaluación, además el tamaño de la parcela podría estar influenciada por otros factores no considerados en el experimento. Por lo que resaltamos la importancia de continuar con evaluaciones de este tipo e implementar estos experimentos en una mayor área.

Comparación de modelos hidrológicos conceptuales para la evaluación de beneficios de bofedales en la cuenca alta del Río Vilcanota.

Eduardo Carpio¹, Pedro Rau, Mitchel Jara

¹Universidad de Ingeniería y Tecnología

Esta investigación aplica modelos hidrológicos conceptuales como parte del desarrollo de proyectos de infraestructura natural basada en bofedales, orientados a enfrentar la escasez hídrica estacional en la cuenca altoandina de Qasqara, ubicada en la cuenca alta del río Vilcanota, Cusco. Se busca brindar recomendaciones técnicas a los estudios hidrológicos para intervenciones de conservación, ampliación y restauración de bofedales, caracterizando volumen, caudal y dimensionamiento adecuado, manteniendo sus propiedades eco-hidrológicas para garantizar la disponibilidad hídrica en los periodos de estiaje. La investigación evalúa tres modelos hidrológicos que permiten comparar las incertidumbres del ciclo hidrológico en los bofedales y en la cuenca principal bajo diferentes escenarios. A escala de cuenca, se emplean los modelos SMA y GR4J en un esquema semi-distribuido mediante las herramientas HEC-HMS y RS-MINERVE, respectivamente. Los bofedales se incorporan mediante modificaciones de tipo reservorio, y el sistema se calibra y valida con registros de una estación hidrométrica instalada durante dos años. Los parámetros hidrológicos optimizados para los bofedales, según distintos escenarios, son integrados en la herramienta CUBHIC a escala de bofedal, basada en el método de curva número y balance hídrico diario. La propuesta busca demostrar la viabilidad de estas soluciones como mecanismos replicables y sostenibles para asegurar la seguridad hídrica en zonas altoandinas vulnerables. Esta investigación contribuye directamente al análisis de infraestructura hídrica basada en la naturaleza, articulando conocimiento técnico para una gestión hídrica adaptativa frente al cambio climático.

Redistribución de la precipitación en el dosel de Polylepis en los Andes peruanos: Variabilidad de eventos y relaciones ecohidrológicas

Efrain Lujano¹

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

Los bosques de Polylepis desempeñan un papel crucial en la regulación hídrica de los ecosistemas altoandinos, especialmente en cuencas de montaña con alta variabilidad en las precipitaciones. Para comprender la redistribución de la precipitación en el dosel de Polylepis en los Andes peruanos, se registraron datos de precipitación total (P) y precipitación a través del dosel (TF). Cada evento de P fue caracterizado por su cantidad (mm), duración (h) e intensidad (mm/h). La IC se estimó como la diferencia entre P y TF y se analizó la distribución porcentual de TF/P e IC/P según clases de intensidad de lluvia y duración. Se aplicaron análisis de correlación de spearman (ρ) y modelos de ajuste cuadrático para evaluar las relaciones entre los eventos de P, duración e intensidad y los componentes ecohidrológicos (TF e IC). Los resultados muestran una predominancia de eventos de lluvia moderada. La interceptación representó un 36 % de P y el TF un 64 %. Se observó un incremento progresivo en la fracción de TF/P conforme aumenta la intensidad y la duración de la lluvia, con un comportamiento inverso para IC/P. En eventos de duración media (1-6 h), los porcentajes de TF/P e IC/P se equilibran en torno al 49% y 51%, respectivamente. Se encontraron correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre P, duración e intensidad y TF e IC (ρ entre 0.72 y 0.98; $p < 0.001$). Estos hallazgos subrayan la relevancia ecohidrológica de los bosques de Polylepis y la necesidad de su conservación frente al cambio climático y a las alteraciones en los patrones de precipitación.

Bosques de montaña en Perú – ¿Paisajes creados por la naturaleza o el hombre?

Erickson Urquiaga Flores¹, Maaïke Bader, Michael Kessler

¹Pontificia Universidad Católica del Perú

Los bosques de montaña son formaciones vegetales ubicadas en la máxima elevación topográfica donde puedan desarrollarse. En Perú estos bosques están desde los 3600 hasta los 4800 metros sobre el nivel del mar, principalmente conformados por el género *Polylepis*. Estos bosques están ubicados topográficamente en zonas específicas de las montañas dependiendo de su ubicación y elevación, pueden ser indicadores de su estado (natural o antrópico). En los Andes peruanos se tiene larga data de actividad humana de miles de años atrás, esto conlleva a generar impactos en los bosques de montaña. Estos bosques se retrajeron a zonas topográficas que los protegían de las actividades antrópicas o descendieron en elevación, principalmente quemados y cambios de uso del suelo. Para determinar si los bosques de montaña son paisajes naturales o el resultado de las actividades antrópicas, realizamos análisis espaciales con sensoramiento remoto, imágenes satelitales de media y alta resolución, cuantificando las posiciones topográficas en la montaña (exposición, pendiente, índice de humedad) con y sin cobertura boscosa en franjas de altitud de 100 m, determinamos las elevaciones máximas de los bosques de montaña y de incendios a través de 2 décadas. El análisis muestra que hay señales claras cuando un bosque de montaña es el resultado o está impactado por actividades humanas, esto principalmente en función al comportamiento en su distribución en la montaña (elevación y topografía). Estableciendo, que las actividades antrópicas como el cambio de uso del suelo y los incendios influyen en los paisajes de montaña, en los Andes de Perú.

Caracterización ecohidrológica y climática del bofedal Qorikalis y Pastoruri en los Andes peruanos

Gimi Cristian Mamani¹, Renny Daniel Diaz, Helder Mallqui Meza, Nilton Montoya, Cristian Quispe Ccajavilca

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Los bofedales son ecosistemas frágiles distribuidos a lo largo de la región andina. Brindan múltiples servicios ecosistémicos a las poblaciones locales, especialmente a través de la regulación hidrológica, lo cual es fundamental para las actividades de pastoreo de subsistencia. Comprender la ecohidrología y climática es esencial para elegir medidas adecuadas de conservación y recuperación que permitan una gestión sostenible de estos ecosistemas. En este estudio, se analizaron y compararon las características de agua, suelo y vegetación de dos bofedales ubicados en el norte y sur del Perú. Estas mediciones permitieron comprender las diferencias entre los bofedales y relacionarlas con sus condiciones climáticas y los aportes hídricos provenientes de sus respectivas cuencas. Nuestros resultados muestran que el contenido de materia orgánica se correlaciona positivamente con variables como la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la porosidad. Se identificaron diferencias notables en la química del agua entre ambos bofedales, especialmente en el pH, lo cual podría indicar diferencias en las fuentes de agua dominantes. Asimismo, se encontraron valores significativamente más altos de conductividad hidráulica en el bofedal Pastoruri en comparación con Qorikalis, lo cual podría atribuirse a la diferencia en la pendiente del terreno. Las mayores variaciones del nivel freático se registraron en el bofedal Pastoruri, a diferencia del bofedal Qorikalis, donde las fluctuaciones fueron más moderadas. A través de este trabajo, pretendemos obtener una nueva comprensión de los factores que influyen en las propiedades del suelo, la calidad del agua, la vegetación y la hidrología de los bofedales.

Restauración de pastizal degradado en la comunidad campesina de Cátac, Ancash, 2024 - 2025

Herbert Valverde Balabarca¹, Mena Medina Nayda Leslye, Flores Milla Abel Luís

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

Los pastizales constituyen unidades clave para la provisión de servicios ecosistémicos y el sustento ganadero; sin embargo, >60 % presentan degradación derivados del sobrepastoreo, manejo inadecuado y cambio climático, comprometiendo su productividad y diversidad funcional. En la comunidad campesina (CC) de Cátac, la condición del pastizal se clasifica entre muy pobre y pobre. Este estudio evaluó la eficacia de seis tratamientos de restauración asistida en dos sectores contrastantes de manejo ganadero (Churana y Pampajalca) de la CC de Cátac (> 3 900 m s.n.m.), implementando parcelas experimentales de 250 m² con dos réplicas por tratamiento.

Los tratamientos fueron: T1 control cercado, T2 revegetación con *Cinnagrostis macrophylla*, T3 majadeo más revegetación con *C. macrophylla*, T4 revegetación con *Festuca loricata*, T5 majadeo más revegetación con *F. loricata* y T6 parcela imaginaria sin exclusión de pastoreo. Se monitorean variables edáficas (compactación, humedad, T°, infiltración) y vegetación (condición, composición florística, biomasa, crecimiento y sobrevivencia), mediante evaluaciones periódicas (quincenales y semestrales) y análisis estadístico (ANOVA y regresión).

El primer año evidencia: (i) incremento de retención hídrica y disminución de la compactación; (ii) supervivencia > 89 % en revegetación, destacando *F. loricata* por mayor vigor y potencial reproductivo; (iii) aumento de cobertura y riqueza florística, aún sin recuperación de especies palatables; (iv) incremento significativo (>2x) de la biomasa; y (v) mayor estabilidad micro climática en tratamientos revegetados.

La restauración es un proceso gradual que puede acelerarse mediante sinergia entre técnicas tradicionales (majadeo), exclusión temporal de pastoreo y revegetación. La gobernanza comunal y el monitoreo climático son determinantes para su sostenibilidad y escalabilidad.

Explorando los límites de la vida: Morfología de peces nativos del género *Orestias* en bofedales cercanos al Glaciar Quelccaya, Cusco, Perú, 2023 - 2024

Jack Rodriguez Pumacajia¹, Rolando Chaparrea Cardenas, Nayely Polanco Acostupa

¹Laboratorio de Genética y Evolución (GEVOL)¹ Museo de la Biodiversidad del Perú (MUBI)

El género *Orestias* (Valenciennes, 1839) comprende peces de agua dulce endémicos de los Andes centrales, conocidos localmente como carachi o ispi. Este grupo presenta una amplia radiación adaptativa en ecosistemas lénticos altoandinos, ocupando ambientes extremos de gran altitud. En este estudio se reporta la presencia de *Orestias* en bofedales cercanos al glaciar Quelccaya, en la región Cusco, a más de 4,800 m s.n.m., constituyendo uno de los registros altitudinales más altos conocidos para el género.

Los muestreos se realizaron durante el año 2024 en humedales periglaciares y en la laguna Sibinacocha. Se aplicaron técnicas de morfometría lineal y geométrica, y se analizaron 28 variables morfométricas lineales. Adicionalmente, se emplearon análisis multivariados como Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis Discriminante Lineal (LDA) y Análisis de Variables Canónicas (CVA) para evaluar la variación morfológica y la separación entre grupos. Los peces de Sibinacocha mostraron reducciones significativas en dimensiones corporales respecto a otras poblaciones a menor altitud, con una longitud total promedio de 57,12 mm.

Además, fue posible diferenciar visualmente machos y hembras por tamaño y coloración, evidenciando un dimorfismo sexual externo en esta población. Los resultados sugieren adaptaciones morfológicas a condiciones extremas de alta montaña. Este hallazgo resalta la diversidad fenotípica de *Orestias* y su capacidad de persistencia en ambientes severos, siendo un indicador de la vulnerabilidad de estos ecosistemas frente al retroceso glaciar y al cambio climático.

Evaluación del impacto de actividades agrícolas y pecuarias sobre bofedales en el distrito de San Jerónimo (Andahuaylas, Apurímac, Perú)

Jair Calle¹, Stéfany Gutiérrez, Jan R. Biker

¹Universidad Nacional José María Arguedas

Bofedales son espacios altoandinos hidromórficos con vegetación hidrófila. Estos ecosistemas ofrecen diversos servicios clave, como agua y forraje, fundamentales para las actividades agrícolas y pecuarias. La presente investigación evaluó el impacto de estas actividades sobre el estado de conservación del bofedal en dos zonas del distrito de San Jerónimo, Andahuaylas: Pampahuasi (Q1) y Parccomayo (Q2). Se aplicó la Guía de Evaluación del Estado del Ecosistema de Bofedal del Ministerio del Ambiente, analizando cuatro atributos ecológicos. Para medir el impacto agrícola se evaluaron concentraciones de nitratos y fosfatos en el agua, mientras que el impacto pecuario se determinó mediante avistamiento del tipo y número de especie. Los resultados del estado de conservación para ambas zonas fueron de estado "bueno". La concentración de los nitratos y fosfatos para ambas zonas fue muy variable, en nitratos fue < 0.1mg/L para diciembre, enero y máximo de 10.60 mg/L para marzo en la zona 1Q, en fosfatos fue también de <1.0mg/L para diciembre y marzo, alcanzando un máximo de 2.84mg/L en la zona Q1 para enero. En cuanto al número de especies domésticos en la zona Q1 se observó continuamente solo 01 especie: 350-450 ovejas adultas, mientras que en la zona 2Q se observó 03 especies: 15-25 vacas adultas, 20-40 ovejas, y 3-8 cerdos adultos. La toma de datos in situ y el procesamiento de resultados aún sigue en curso y se planifica ejecutar una última evaluación de las series de datos y su respectivo análisis e interpretación el 12 de octubre del 2025.

Diagnóstico y plan de manejo de los pastizales altoandinos de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (Arequipa, Perú)

Jan Roman Baiker¹, Samuel Edwin Pizarro Carcausto, Teodoro Bill Yalli Huamani, Juan Diego Bardales Zegarra, Hulfer Meguilto Lazaro Reyes, Edgar Vega Chuquirimay, Adolfo Mejía, John E. Machaca Centty, Juan Pablo Valer Miranda Nina, Kenton A. De La Cruz Gamarra, Delmy Poma Bonifaz, Fernando Camiloaga Jiménez

¹Asociación para la Conservación y Estudio de Montañas Andinas - Amazónicas (ACEMAA)

Los planes de manejo constituyen instrumentos de planificación territorial dentro del sistema de Áreas Naturales Protegidas, para promover el aprovechamiento de los recursos naturales renovables en bien de las comunidades campesinas locales. A nivel de manejo de pastizales existe una brecha de desconocimiento sobre su estado de conservación ("salud") y sus características hidrológicas. La Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (RNSAB) tiene un área de aprox. 366 936 hectáreas en los distritos de Yanque, San Antonio de Chuca y San Juan de Tarucani, en las provincias de Caylloma y Arequipa (departamento de Arequipa). Más del 70% del área de la RNSAB consisten de pastizales (pajonal, césped de puna, bofedal, tolar y otros) que en conjunto cumplen una función ecológica e hídrica esencial, actuando como fuente de forraje para la principal actividad económica local (crianza de alpacas para la producción de fibra y carne de alpaca) y como fuente de agua para más de un millón de personas (incluyendo la ciudad de Arequipa). Se describe la metodología participativa aplicada que integra los aspectos hidrológicos, socioeconómicos, socioculturales y de gobernanza, y que orienta la selección de estrategias que aseguren el aprovechamiento sostenible del territorio frente al cambio climático para la mejora de las actividades socioeconómicas vinculadas a los pastizales. Se da a conocer los resultados preliminares del diagnóstico del potencial y plan de manejo del recurso pastizal natural dentro de la RNSAB, considerando medidas de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) y las brechas identificadas en los enfoques transversales (género, interculturalidad e intergeneracionalidad).

Evaluación de elementos potencialmente tóxicos en ecosistemas extremos antárticos (Isla Rey Jorge) mediante líquenes e índices de presión antrópica

Jorge Coacalla Cutimbo¹, Leonel Paccosonco Sucapuca

¹Universidad Nacional de Moquegua

Los ecosistemas de montaña y glaciares, como los de la Antártida o la puna altoandina, son ambientes extremos y frágiles con una biodiversidad única y funciones ecológicas esenciales. Sin embargo, el conocimiento sobre la deposición de elementos traza en estos entornos sigue siendo limitado, dificultando su conservación frente a presiones ambientales, tanto remotas como locales. En este contexto, los líquenes del género *Usnea* destacan como bioindicadores altamente sensibles, capaces de reflejar la acumulación de contaminantes atmosféricos incluso en regiones prístinas. Este estudio evaluó la bioacumulación de elementos potencialmente tóxicos en *Usnea antarctica* y *Usnea aurantiacoatra*, recolectados durante el verano austral de 2024 en dos sitios de la isla Rey Jorge (Antártida): la Base Científica Antártica del Perú (ECAMP) y el cerro Machu Picchu (MP). Debido a su comportamiento similar, ambas especies fueron agrupadas para el análisis. Se cuantificaron 17 elementos (Al, As, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, K, Se, Na, V, Zn, Hg), encontrándose diferencias significativas únicamente en Pb, con mayores concentraciones en ECAMP. El análisis de componentes principales (PCA) explicó el 83.8 % de la varianza, diferenciando tres grupos: litogénicos (Al, Fe, Mn, Co), atmosféricos/marinos (Zn, K, Pb) y elementos móviles (Cu, Na, As). Hg mostró un comportamiento aislado. Los factores de enriquecimiento fueron elevados para Se y Hg en ECAMP, mientras que los índices Fc y Er señalaron a Cu, As y V como prioritarios. Los índices integradores CD, PLI y PER indicaron mayor presión ambiental en MP, sin evidencias de contaminación severa.

Avifauna en los bosques de Polylepis en el extremo sur del Perú y perspectivas sobre su estado de conservación – Tacna, Perú

Josmell R. Ticona¹, Stephanie Sedano

¹Asociación de Investigación Ecobiológica (AIECO)

Los bosques de Polylepis son ecosistemas únicos, que registran especies de aves endémicas cuya dependencia a este tipo de ecosistema hace que su conservación esté relacionada directamente a la existencia de estos bosques. Estos bosques actualmente se encuentran amenazados por el cambio climático y la extracción ilegal para uso de leña; lo que conlleva a una pérdida de su biodiversidad.

Este estudio se enfoca en los bosques de Polylepis de la región de Tacna ubicados entre los 3600 y 4200 m.s.n.m., donde se registró la diversidad y riqueza de su avifauna; así como de un análisis de las amenazas presentes en dicho bosque. La investigación se realizó mediante observación directa, durante los meses de mayo a diciembre del 2024, usando Listas de Mackinnon. La identificación se realizó por comparación de las características morfoanatómicas y la taxonomía fue en base de SACC. Los resultados de riqueza fueron de 46 especies agrupadas en 16 familias y 10 órdenes. Registrándose especies asociadas a los bosques de Polylepis como *Conirostrum binghami*, *Conirostrum tamarugense*, *Asthenes dorbignyi*, *Phrygilus atriceps* y *Leptasthenura striata* y *Xenodacnis parina*. Así mismo, se encuentran 10 especies categorizadas en alguna categoría (UICN, MINAGRI); *Conirostrum tamarugense*, *Conirostrum binghami*, *Metallura phoebe*, *Oreotrochilus estella*, *Patagona gigas*, *Psilopsiagon aurifrons*, *Bubo virginianus*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Falco femoralis* y *Geranoaetus polyosoma*. Se evidenció un alto índice de riqueza, la cual se refleja en el uso de hábitat como refugio, zona de alimentación y nidificación para especies asociadas a los bosques de Polylepis de Tacna.

Resultados preliminares de los Cambios en la composición vegetal de ecosistemas altoandinos, Post Incendio, en el CICAS-La Raya, Cusco

Karla R. Quispe¹, Angela M. Mendoza, Cristhian C. Alvarez

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Los Pajonales de puna y Bofedales son ecosistemas altoandinos, que brindan servicios ecosistémicos importantes para el equilibrio ecológico y el bienestar humano. Sin embargo, diversas presiones antrópicas, tales como los incendios forestales vienen generando impactos significativos sobre estos. La presente investigación se llevó a cabo dentro de los terrenos del CICAS-La Raya para comprender cómo son los cambios de la composición vegetal después de un incendio forestal. Para ello se instalaron diecinueve cuadrantes permanentes de 1 m², evaluados durante dos años (2023-2024). Las unidades muestrales se determinaron según el tipo de ecosistema, severidad del incendio y proporcionalmente al área de estudio. El Pajonal de puna en el 2023 presenta 32 especies distribuidas en 19 géneros y 15 familias; el 2024 con 33 especies, 30 géneros y 15 familias. Mientras en los Bofedales el 2023 presenta, 16 especies distribuidas en 15 géneros y 10 familias; el 2024 con 13 especies; 12 géneros y 13 familias.

Las especies con mayor cobertura en el pajonal de puna a través del tiempo son *Cinnagrostis filifolia* var. *Filifolia* y *Nasella mexicana*; en bofedales son *Cinnagrostis vicunarum* y *Distichia muscoides*. Además, se encontró una composición diferenciada en función a la severidad del incendio; evidenciando también, especies dominantes, funcionales y pioneras, lo cual es importante para fines de restauración y comprensión de los procesos ecosistémicos ante este tipo de perturbación.

Percepción remota de biomasa y captura de carbono forestal del bosque de *Polylepis fjeldsaoi* en Queñoa Loma – ZA – RNPGBA 2025

Kenyi M. Lope¹, Hernan A. Sosaya, Liz S. Mendoza

¹Universidad Peruana Unión

Los escasos estudios en bosques altoandinos han promovido el interés por fomentar la investigación en estos ecosistemas. El presente estudio tiene el objetivo de estimar la biomasa y el carbono almacenado por los bosques de *Polylepis fjeldsaoi*. Mediante un sistema de muestreo dirigido en un área representativa del bosque con una superficie de 1.1 Ha, se evaluaron 48 fotografías con lente gran angular con el software GAP (Gap Lap Analyzer) e imágenes de alta resolución (ortofotos) proporcionadas por la metodología de fotogrametría donde se realizó la cuantificación indirecta de la biomasa en componentes (fuste, ramas y follaje) para determinar la densidad básica de la madera y por su intermedio la biomasa a través del volumen. A partir de los datos obtenidos de biomasa total y por componentes se generaron modelos alométricos en función de variables como el diámetro normal, altura total en pie, altura al inicio de la copa y diámetro de copa, para la selección de los mejores modelos se aplicó el Criterio Bayesiano de Swart (BIC). Como resultados se obtuvieron 504 árboles por hectárea, 5386 hojas por árbol, folíolos con un ancho promedio de 1.23 cm y largo promedio de 2.1 cm con el factor de corrección de 0.75 para la forma del folíolo, el índice de área foliar fue de 0.053 esto significa que cubre cerca del 5.3% del área del suelo en la zona de estudio. Los bosques de *Polylepis fjeldsaoi* almacenaron 501.264 Mg/ha de biomasa y 250.632 Mg/ha de carbono.

PM₁₀ y elementos traza en ecosistemas altoandinos cercanos a minería a tajo abierto en el sur del Perú

Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca¹

¹Universidad Nacional de Moquegua

Los ecosistemas de montaña, como la puna altoandina, son ambientes frágiles que albergan biodiversidad única y comunidades rurales altamente dependientes de los servicios ecosistémicos. A pesar de su importancia ecológica y social, el conocimiento sobre la deposición de elementos traza en estas zonas es limitado, especialmente cerca de operaciones mineras. Entre el 26 de julio y el 1 de agosto de 2019, la Dirección de Evaluación Ambiental del OEFA realizó un monitoreo exploratorio en dos centros poblados altoandinos de Apurímac: Tambulla (CTB, 3880 m s.n.m) y Huanacopampa (CHP, 3891 m s.n.m), ubicados a 11 y 7 km respectivamente de una mina de cobre a tajo abierto. Se colectaron filtros de PM₁₀ y se cuantificaron elementos traza (Al, Ba, B, Ca, Cu, Cr, Sr, Fe, Mg, Mn, Si, Na y Ti). La concentración media de PM₁₀ fue mayor en CTB (42,9 µg m⁻³) que en CHP (25,3 µg m⁻³; p = 0,07), mientras que el Cu fue significativamente más alto en CHP (p < 0,05). Correlaciones de Spearman (r > 0,90) y análisis PCA (PC1 = 61 %) vincularon PM₁₀ con elementos terrígenos; PC3 (11 %) asoció Cu y Cr con influencia minera. El Cu mostró índices ambientales como el FE > 100, lgeo > 3, PI > 10 y Er ≈ 96, lo que sugiere un aporte considerable de origen antropogénico vinculado a actividades mineras y riesgo potencial para ecosistemas y población local. Índices CD, PER y TRI reforzaron este patrón. Las retrotrayectorias de HYSPLIT indicaron que el 68 % de las masas de aire cruzaron la zona minera antes de alcanzar los sitios de monitoreo. Los resultados reflejan una presión antrópica significativa sobre ecosistemas de montaña sensibles.

Evaluación de comunidades vegetales en ecosistemas altoandinos

Miguel A. Luza Victorio¹, Angela Mendoza Ato, Giacomo Velasco Abuhadba, Karla R. Quispe Paz, Wilfredo Huaman Arqque, Christian Álvarez Conza

¹Herbario Vargas Cuz

Las comunidades vegetales en los ecosistemas altoandinos presentan una alta diversidad de especies que se desarrollan sobre los 3500 msnm, adaptadas a condiciones extremas. Los estudios sobre la diversidad vegetal en ecosistemas de montaña en los andes son importantes para conocer la composición y las especies que representan a cada tipo de ecosistema. Se monitorea la vegetación en dos ecosistemas de montaña "Pajonal altoandino" y "Bofedal", en tres zonas diferentes en el ámbito de la región Cusco: Pajonal altoandino con erosión natural en la zona de Piuray, Pajonal altoandino y bofedal afectados por incendios en la zona de La Raya y Bofedal con pastoreo y variaciones hídricas en la zona de Quelccaya. Se establecieron puntos de evaluación con cuadrantes de 1x1 m (40 puntos en Piuray, 19 puntos en La Raya y 26 puntos en Quelccaya) haciendo un total de 85 m², los que se monitorean en la temporada de lluvias y secas, donde se evalúan las coberturas. Se obtuvieron para Piuray (142 especies), para La Raya (79 especies), para Quelccaya (25 especies), las familias más abundantes fueron Poaceae y Asteraceae. El análisis sobre las especies compartidas determinó 2% de especies compartidas en los tres ámbitos (*Alchemilla pinnata* y *Gentiana sedifolia*); para el caso de La Raya y Quelccaya presentan 3%; La Raya y Piuray 23%; Quelccaya y La Raya 1%. La composición vegetal en las tres zonas presenta una baja similitud, que puede estar afectada por los diferentes impactos que presenta cada zona; las especies compartidas en las tres zonas pueden contribuir como indicadores de la estabilidad de los ecosistemas.

Mapeo de humedales altoandinos con imágenes satelitales para determinar variabilidad espacio-temporal (2002–2023) en la Cuenca Cochas–Pachacayo

Sandra Fabiola Gózar Blas¹

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Los humedales altoandinos, o bofedales, son ecosistemas de alta montaña fundamentales por los servicios ecosistémicos que brindan, especialmente a comunidades campesinas. Sin embargo, su integridad ecológica se ve amenazada por la intervención humana y el cambio climático, lo que ha provocado procesos de pérdida y degradación progresiva.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la variabilidad espacio-temporal de un bofedal ubicado en la cuenca Cochas–Pachacayo, durante el periodo 2002–2023. Se emplearon imágenes satelitales Landsat 7 y 8, aplicando índices de vegetación (NDVI, NDWI y NDII) y analizando firmas espectrales. La validación en campo se realizó mediante levantamiento fotogramétrico con dron, herramienta precisa y eficaz para contrastar los datos obtenidos en gabinete.

Los resultados revelan una disminución en el área total del bofedal: 14.2086 ha en 2002 frente a 12.2108 ha en 2023 (época seca). Además, la calidad de la vegetación cambió de sana-tupida a marchita, con parches de pajonal. Se identificó un área de cambio de cobertura de 1.9754 ha, evidenciando una transición hacia morrenas.

Estos hallazgos reflejan la alta vulnerabilidad de los bofedales ante presiones ambientales, comprometiendo su capacidad reguladora y el bienestar de las poblaciones locales. Se recomienda trabajar con las comunidades campesinas, ya que, mediante sus “mapas parlantes”, demostraron ser apoyo vital en la validación en campo, reforzando que el elemento humano y el geográfico están interrelacionados.

Estimación de la transpiración y evaporación en pastizales altoandinos semiáridos con el método de S-W

Synthia Noemi Huisa Maquera¹, Albert Johan Mamani Larico, Vivien Bonnesoeur, Tatiana Erika Boza Espinoza

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

Los pastizales altoandinos son clave en la regulación hidrológica y la principal fuente de forraje animal. En ambientes semiáridos, la evapotranspiración (ET) suele subestimarse, pese a ser uno de los procesos más relevantes entre la dinámica hidrológica de vegetación y suelo. Su análisis, es importante para evidenciar la heterogeneidad del paisaje en el balance hídrico a escala de cuenca. Métodos tradicionales de estimación como Penman-Monteith (PM) o Priestley-Taylor, presentan limitaciones en ecosistemas semiáridos, donde predominan suelos desnudos y afloramientos rocosos. En este contexto, diferenciar los componentes de la ET resulta crucial, por sus respuestas variables al tipo de clima, suelo y cobertura vegetal. El enfoque de Shuttleworth-Wallace (S-W) permite descomponer la evapotranspiración en transpiración y evaporación mediante cinco resistividades: aerodinámica del dosel, del suelo, interna del dosel, estomática del dosel y superficial del suelo.

En la microcuenca Sansare, ubicado en Huarochirí, Lima, se identificaron tres tipos de pajonal según su densidad, cuenta con una estación meteorológica y sensores de humedad del suelo a 20, 50 y 100 cm de profundidad. Los resultados muestran en 2022 la ET fue de 954 mm, donde predomina la transpiración como vía principal de pérdida de agua (778 mm), regulada por el déficit de presión de vapor, mientras que la evaporación depende del contenido de humedad del suelo superficial (176 mm). El análisis de sensibilidad e incertidumbre paramétrica aplicando la metodología GLUE (con límites de predicción del 5%-95%), identificó que los parámetros de la altura del dosel y la tasa de decaimiento de la difusividad vertical fueron más influyentes. La función objetivo se estableció en referencia al modelo PM determinando un RMSE de 0.7 validando la aproximación del modelo.

Sucesiones primarias y colonización de especies de flora y fauna emergente en la zona del desplazamiento del Glaciar Quisoquipina

Verónica Vera Marmanillo¹

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

En el glaciar temperado Quisoquipina, ubicado en el Área de Conservación Regional Ausangate, se desarrolló un estudio sobre la sucesión ecológica primaria en áreas recientemente expuestas debido al retroceso glaciar. La metodología fue observacional, a través de transectos escalonados en un área de 100 m², debido a que no se podía evaluar por parcelas agrupadas por lo disperso de las especies presentes. Se identificó una incipiente colonización vegetal conformada principalmente por especies pioneras pertenecientes a las familias Asteraceae (*Gnaphalium americanum*, *Senecio nutans*) y Poaceae (*Deyeuxia chrysantha*), adaptadas a condiciones extremas de altitud y sustrato inestable. En estos ambientes de alta montaña, destaca la presencia de pequeños dípteros (familia Muscidae), especialmente en zonas de rocas fragmentadas, lo cual sugiere una temprana atracción trófica en estos microhábitats. Uno de los hallazgos más relevantes fue el registro de una especie de lagartija a 5100 msnm., superando el límite altitudinal conocido para esta zona, anteriormente establecido en 4800 msnm. Este hecho sugiere posibles cambios en la distribución de especies herpetológicas asociadas al retroceso glaciar y al cambio climático. El estudio también documentó evidencias geomorfológicas del desplazamiento glaciar, como estrías glaciares, morrenas y estructuras proglaciares. La dinámica de este glaciar forma un paisaje multiforme, reflejo de su estado actual de ablación y perturbación. Se observó una alta fragmentación de la roca pizarra, influenciada por factores eólicos y climáticos. Estas partículas, posiblemente responsables del aumento del carbono negro sobre la superficie glaciar, reducen el albedo y aceleran el proceso de derretimiento. Este estudio revela cómo el retroceso glaciar está generando nuevos escenarios ecológicos y físicos que merecen atención científica y conservación prioritaria.

Análisis comparativo de superficies quemadas detectadas por MODIS y Sentinel-2 en ecosistemas altoandinos de Cusco, Perú

Yerson Jaime Ccanchi Espinoza¹, Ricardo Zubieta

¹Instituto Geofísico del Perú

El monitoreo de incendios en ecosistemas de montaña requiere información espacialmente precisa y temporalmente oportuna. Este estudio evalúa la precisión del producto MCD64A1 de MODIS (2003–2023) frente a datos de Sentinel-2 procesados por el SERFOR (2017–2023) en la región altoandina de Cusco. Se observó que MODIS presenta una alta tasa de omisión en incendios menores a 100 ha y representa, en promedio, solo el 15 % del área quemada detectada por Sentinel-2. No obstante, MODIS permite analizar tendencias interanuales gracias a su frecuencia diaria y disponibilidad continua desde hace más de 20 años.

Entre 2017 y 2023 se identificaron más de 600,000 ha quemadas en ecosistemas altoandinos, siendo los más afectados los pajonales de puna húmeda (269,162 ha), matorrales andinos (193,171 ha) y bofedales (113,765 ha). También se registraron unas 7,655 ha quemadas en zonas periglaciares, especialmente en la cordillera de Vilcabamba, lo que resalta la sensibilidad de estas áreas frente a este tipo de perturbaciones.

La proximidad de las áreas quemadas a zonas agrícolas (< 1 km) evidencia una influencia espacial importante de actividades humanas del sector agropecuario, donde en algunos casos el fuego se usa para habilitación de suelos, limpieza de terrenos o renovación de pastos, propagándose de forma descontrolada hacia ecosistemas naturales por manejo inadecuado.

Aunque MODIS subestima el área afectada, su capacidad para detectar variaciones interanuales es consistente con Sentinel-2. Se recomienda combinar ambos sensores para generar información confiable que apoye la comprensión de los impactos del fuego y la gestión de ecosistemas altoandinos.

Sucesiones primarias y colonización de especies de flora y fauna emergente en la zona del desplazamiento del Glaciar Quisoquipina

Verónica Vera Marmanillo¹

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

En el glaciar temperado Quisoquipina, ubicado en el Área de Conservación Regional Ausangate, se desarrolló un estudio sobre la sucesión ecológica primaria en áreas recientemente expuestas debido al retroceso glaciar. La metodología fue observacional, a través de transectos escalonados en un área de 100 m², debido a que no se podía evaluar por parcelas agrupadas por lo disperso de las especies presentes. Se identificó una incipiente colonización vegetal conformada principalmente por especies pioneras pertenecientes a las familias Asteraceae (*Gnaphalium americanum*, *Senecio nutans*) y Poaceae (*Deyeuxia chrysantha*), adaptadas a condiciones extremas de altitud y sustrato inestable. En estos ambientes de alta montaña, destaca la presencia de pequeños dípteros (familia Muscidae), especialmente en zonas de rocas fragmentadas, lo cual sugiere una temprana atracción trófica en estos microhábitats. Uno de los hallazgos más relevantes fue el registro de una especie de lagartija a 5100 msnm., superando el límite altitudinal conocido para esta zona, anteriormente establecido en 4800 msnm. Este hecho sugiere posibles cambios en la distribución de especies herpetológicas asociadas al retroceso glaciar y al cambio climático. El estudio también documentó evidencias geomorfológicas del desplazamiento glaciar, como estrías glaciares, morrenas y estructuras proglaciares. La dinámica de este glaciar forma un paisaje multiforme, reflejo de su estado actual de ablación y perturbación. Se observó una alta fragmentación de la roca pizarra, influenciada por factores eólicos y climáticos. Estas partículas, posiblemente responsables del aumento del carbono negro sobre la superficie glaciar, reducen el albedo y aceleran el proceso de derretimiento. Este estudio revela cómo el retroceso glaciar está generando nuevos escenarios ecológicos y físicos que merecen atención científica y conservación prioritaria.

FERIA DE EXPERIENCIAS



1. INAIGEM
2. Municipalidad Provincial del Cusco
3. Consejo de Recursos Hídricos Vilcanota Urubamba
4. Centro Bartolomé de las Casas - CBC
5. Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica - ACCA
6. Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA
7. Asociación ARARIWA
8. Centro de Estudios y Prevención de Desastres - PREDES
9. Centro para el Desarrollo de los Pueblos Ayllu - CEDEP Ayllu
10. Gerencia Regional de Agricultura – GORE Cusco
11. Estación Experimental Agraria Andenes Cusco - INIA
12. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental - GORE Cusco
13. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR
14. PRACTICAL ACTION
15. Centro de Investigación Social y Medio Ambiente
16. PUKARA - CISMA PUKARA
17. EPS SEDA CUSCO

VIII SIMPOSIO
LAS MONTAÑAS
NUESTRO FUTURO

CUSCO
22 AL 25 OCTUBRE 2025

COORGANIZADORES



CON EL APOYO DE



OEA | Más derechos para más gente

PACA PERÚ | PROYECTO DE ACCIÓN CLIMÁTICA POR EL AGUA