

VI CONGRESO SOCHICRI

Del 22 al 25 de mayo de 2024 en Punta Arenas.

Tipo de presentación

Póster

1

SP533FM

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Amapola Albornoz Tapia

Herramienta de identificación y monitoreo satelital de lagos glaciares en cuencas de la provincia Capitán Prat, Región de Aysén

Herramienta de identificación y monitoreo satelital de lagos glaciares en cuencas de la provincia Capitán Prat, Región de Aysén

Amapola Albornoz Tapia^{1,2}, Marcelo Bernardín Sepúlveda^{1,2}, Sebastián Fernández Morales¹, Jorge O'Kuinghtons Villena¹

(1) Dirección General de Aguas (DGA), Región de Aysén, Chile(2) Gobierno Regional, Región de Aysén, Chile

Los lagos glaciares constituyen una componente importante para el almacenamiento de los deshielos provenientes del retroceso y adelgazamiento de los glaciares. En las décadas recientes, diversos trabajos científicos han detectado un aumento de estos cuerpos de agua, tanto en número como en superficie (Shugar *et al.*, 2020), donde Chile, y en particular la región patagónica, no ha sido una excepción a esta tendencia (Wilson *et al.*, 2018). Dependiendo de distintos parámetros, los lagos glaciares pueden constituir una amenaza potencial ante un vaciamiento abrupto de las aguas represadas (conocido como GLOF: *Glacial Lake Outburst Flood*) (Carrivick y Tweed, 2016), generando importantes crecidas e inundaciones que pueden afectar tanto a la población como a la infraestructura existente aguas abajo. A modo de ejemplo, este hecho ocurre actual y periódicamente en las lagunas represadas por los glaciares Steffen y HPN4, en Campo de Hielo Norte, región de Aysén (Minuta técnica N° 2, 2024,DGA-Aysén). En este contexto, la subdivisión de Glaciología y Nieves de la DGA-Aysén, licitó el año 2022 (ID 1154-34-LE22) la realización de una herramienta con la que se puedan identificar estos cuerpos de agua a partir de imágenes satelitales, y dar un seguimiento temporal a sus variaciones en superficie, con la finalidad de que potencialmente pueda ser usado como un instrumento complementario a las actividades de terreno para el monitoreo satelital de los lagos.

Keywords: Palabras clave: lagos glaciares; GLOF; monitoreo satelital.

Acknowledgments: Se agradece a la empresa Atacama Ambiente, en colaboración con la Universidad Austral de Chile, el haber llevado a cabo el estudio "Monitoreo satelital de lagos glaciares en cuencas de la región de Aysén", ID 1154-34-LE22.

2

QH742CF

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Barbara Alveal

Análisis geomorfológico de los glaciares Mellizo Sur y Bravo: Implicancias del retroceso glaciar en sistemas proglaciares

Barbara Alveal Pérez¹, Francisco Fernandez¹, Marion San Juan¹

(1) Universidad Andrés Bello, Ingeniería, Geología, Quillota 980, Viña del Mar, Chile

Los ambientes proglaciares, caracterizados por su rápida dinámica geomorfológica, responden a un régimen climático, hidrológico y geomorfológico típico con un relieve distintivo (Slaymaker, 2011) y experimentan cambios significativos en un corto período de tiempo, perceptible a escala humana. Esta dinámica se ve impulsada por varios factores como la pérdida de masa glaciar y episodios más frecuentes de lluvias intensas, todos relacionados con el cambio climático. Es sumamente importante recolectar datos para desarrollar diagramas conceptuales que describan la evolución del paisaje proglaciar.

En la campaña de terreno desarrollada este verano se levantó un inventario de geoformas proglaciares de los frentes del glaciar Mellizo Sur y el Bravo con el objetivo de comprender cómo el retroceso glaciar influye en la dinámica de los procesos superficiales y las geoformas resultantes en las zonas glaciar y proglaciar. Para estudiar las características geomorfológicas del glaciar y las variaciones que ha tenido en los últimos años se utilizaron modelos digitales de elevación (DEM), imágenes satelitales y fotografías de un vehículo automático no tripulado (VANT).

Los glaciares Mellizo Sur y Bravo corresponden a glaciares efluentes, según el Inventario Público de Glaciares de la DGA, ubicados en el brazo poniente del lago O'Higgins, dentro del valle Santa Lucía. El área de estudio posee escasos estudios lo que ha llevado a un desconocimiento sobre las características de cada glaciar y la interacción entre los componentes de los sistemas glaciar y proglaciar que presentan ambos glaciares en la conjunción de sus frentes.

Como resultado preliminar se ha desarrollado una zonificación de sistemas morfogenéticos identificando diversos ambientes como laderas rocosas, márgenes glaciares, glaciares, lagos, planicies de acreción, abanicos de lavado (*washover fan* deltaicos), entre otros. Además, se generó un inventario de geoformas proglaciares del glaciar Mellizo Sur y el glaciar Bravo y una interpretación de los procesos superficiales más activos. Este trabajo se enfoca principalmente en la interacción de los diferentes componentes geomorfológicos para entender cómo funcionan y su posible evolución futura.

Finalmente, durante el desarrollo de esta investigación se proyecta complementar con un estudio de flujo de sedimentos y cursos de agua para realizar la evolución de los sistemas proglaciares del glaciar Mellizo Sur y el Bravo.

Keywords: Glaciar, Zonificación, Ambiente proglaciar, Procesos activos, Geomorfología

Financing: Instituto Chileno de Campos de Hielo (ICCH) Subprograma Ciencia Joven 2024 Laboratorio de Análisis Isotópicos (LAI)-UNAB

Acknowledgments: Al Instituto Chileno de Campos de Hielo por la logística para realizar esta investigación. A Francisco Fernandez y Marion San Juan, mis profesores, por su dedicación con mi trabajo. Finalmente a mi familia por su apoyo incondicional.

3

JL977CR

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Pablo Ernesto Arancibia Ramos

Aumento de la resolución temporal y espacial de datos satelitales combinando diferentes fuentes de imágenes para el monitoreo de nieves en la zona alta de la cuenca del Aconcagua

Pablo Ernesto Arancibia Ramos¹, Freddy Saavedra Pimentel¹

(1) Universidad de Playa Ancha, Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas y Facultad de Ingeniería, Subida Leopoldo Carvallo 211, Valparaíso, Chile

El estudio se enfoca en mejorar el monitoreo de la criósfera en la región de Valparaíso mediante la fusión de imágenes de los satélites Landsat (8 y 9) y Sentinel-2. Esta combinación permite obtener una visión más completa y detallada de la cobertura de nieve y hielo en la región, incrementando la disponibilidad de imágenes satelitales temporales y mejorando su resolución espacial y temporal.

Es fundamental verificar la disponibilidad de imágenes simultáneas de ambos programas satelitales y establecer su coherencia.

Para ello, se optó por elaborar una base de datos que contiene imágenes simultáneas Landsat y Sentinel-2 y utilizar índices normalizados, como el NDSI, para detectar la presencia de nieve en las imágenes.

El método de *pansharpening*, que combina imágenes multiespectrales de baja resolución con imágenes pancromáticas de alta resolución, es una posibilidad a considerar para la fusión de imágenes. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la fusión solo se recomienda en el caso de utilizar imágenes Landsat 8 y 9 juntas, ya que esto aumenta la disponibilidad de imágenes satelitales, con un período de revisita cada 8 días.

A pesar de los avances mencionados, es importante destacar que las imágenes residuales no abarcan toda el área de interés, lo cual puede conducir a decisiones basadas en datos incompletos y resultar en interpretaciones sesgadas o parciales. Sin embargo, la información obtenida sigue siendo valiosa y proporciona una base sólida para futuros análisis y estudios.

En resumen, al fusionar, por ejemplo, 16 imágenes en común de Landsat y Sentinel-2 a través del método *pansharpening*, se generan 8 imágenes nuevas que potencian la disponibilidad temporal de datos satelitales para la región. Esta técnica no solo verifica la compatibilidad de las imágenes, sino que también contribuye a la construcción de una base de datos unificada, optimizando así el monitoreo de la criósfera en la región de Valparaíso. Además, la implementación de índices normalizados, como el NDSI, y el aprovechamiento de la fusión de imágenes con *pansharpening*, presentan enfoques prometedores para obtener información más precisa y detallada.

Keywords: Nieve, Monitoreo, Temporal, Espacial, Teledetección

Financing: Investigación financiada por el proyecto "Observatorio satelital de nieves" IDeA I+D, Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF ID20i10058), Universidad de Playa Ancha

Margaux Becker Chapartegui^{1,3}, Juan-Luis García^{2,3,4}, Fabrice Lambert², Magdalena Fuentealba², Alejandro Salazar Burrows^{2,3,4}
(1) Ecole Normale Supérieure de Lyon, Département de Géographie, Lyon, France(2) Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile(3) Observatoire homme-milieux International Patagonia-Bahía Exploradores (OHM-i), Labex DRIIHM (Programme Investissements d'avenir: ANR-11-LABX-0010), INEE-CNRS, Paris, France(4) Estación Patagonia de Investigaciones Interdisciplinarias UC, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Multiple GLOF events have occurred in the Patagonian icefields during the last decades, with major landscape consequences and damage to infrastructure and communications. Over the last two decades, the number of tourists in the Aysén region increased sharply, reaching 566,000 in 2016 (SERNATUR, 2017). This activity brought about US\$54.6 million to the region. However, the lack of knowledge on GLOF triggers and areas to be affected by this phenomenon is potentially exposing the industry, impacting the tourism economy and local communities in the future. Although GLOFs are not new, the Exploradores Valley in the Aysén region has become the epicenter of several recent events (Colavitto *et al.*, 2024). This valley receives meltwaters from the Exploradores and Grosse glaciers, both of which have undergone an accelerated deglacial trend since the last decades (Aniya *et al.*, 2007; Mardones *et al.*, 2018). In December 2015, Lago Chileno, on the eastern flank of the Exploradores Glacier, released an overflow of water that caused flooding of houses, crops and cattle fields in the El Chileno valley (Wilson *et al.*, 2019). Two additional GLOFs marked 2018, one in April following the collapse of a marginal moraine where Lake Triangulo emptied, and the other in October, 27 km from the valley, again due to the emptying of a high-altitude lake, causing a landslide and a new lake (Colavitto *et al.*, 2024). Previous studies have recognized an obvious direct causal link between climate, glacial phase and GLOFs, but the question of whether the present-day climate and glacier change will increase the frequency of GLOFs remains open, with direct consequences on risk and human exposure to GLOFs. To obtain a complete record of historical GLOFs, we will look for geomorphic and sedimentological evidence of flooding during the Late Holocene, to assess the long-term changes in the frequency and magnitude of these events affecting the Exploradores Valley. Here, we present preliminary results obtained in the field and laboratory. Sediment cores taken from bogs occurring in high floodplains of the Río Exploradores archives are planned to be obtained in April 2024, downslope of the Exploradores and Grosse glacier fronts. Our method is based on previously successful approaches applied in Patagonia (e.g., Vandekerkhove *et al.*, 2020), where grain size and organic matter content of the cores were analyzed. An age model will be later constructed using ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs dating techniques, and ¹⁴C AMS dating of bulk sediment samples. In this poster session, we look forward to discuss the frequency of GLOFs in the region, triggering factors, and areas prone to flooding in the study area. We also plan to formulate recommendations for local communities interested in the GLOF risk in the Exploradores Valley.

Keywords: GLOF, Risk, Glacier, Climate change, Land-use planning

Financing: Fundings from OHM-i, Patagonia-Bahía Exploradores. LabEx DRIIHM (Programme «investissements d'avenir»: ANR-11-LABX-0010), INEE-CNRS, 3 rue Michel-Ange, 75016, Paris, France.

Acknowledgments: A particular thanks to Jaime, Rosa and Raquel for the help during the field. We also would like to thanks the Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Proyecto PATSER ANID RF0F0002, Coyhaique, Chile.

5

MN724GF

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Jorge Berkhoff

Thickness monitoring and distribution of glaciers across Chile

Jorge Berkhoff¹, David Farias-Barahona²

(1) Institut für Geographie Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg. (2) Departamento de Geografía, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Ice thickness reconstruction is essential for understanding the dynamics of cryospheric systems, particularly in the context of climate change. Various methods have been employed globally to estimate ice thickness, providing vital data for assessing glaciers' response to climate change and predicting their future behavior. These methods serve as the foundation for projecting the evolution of glaciers under different climatic scenarios, enabling the simulation of various conditions and the assessment of their impact on ice mass. Such understanding is essential for addressing risks such as sea-level rise and for developing adaptation and mitigation strategies, considering glacier retreat.

Some models have utilized simplified approaches, introducing uncertainty into estimated ice volumes. For instance, comparisons on Mount Kilimanjaro revealed uncertainties of approximately 26%. This project aims to employ the inverse method (SIA) to infer ice thickness and subglacial topography by assimilating surface observations and actual thickness measurements using Ground Penetrating Radar data.

The current volume of glacier ice represents one of the greatest uncertainties for future glacier evolution projections. The model proposed is grounded in the principle of mass conservation and estimates glacier flow across its entire area utilizing specific parameters and data.

Two approaches have been utilized: the first is based on the shallow ice approximation, and the second on the perfect plasticity of ice. Both methods require a set of data and parameters to reconstruct ice thickness. Challenges associated with defining surface slope using old glacier inventories versus modern inventories obtained through remote sensing are also discussed.

The ice thickness reconstruction study encompasses all of Chile, focusing on 27 glaciers with field measurements of ice thickness. Results indicate that the "TAU" model shows the most promising accuracy and bias reduction, with lower Root Mean Square Error (RMSE) (4.7) and bias (0.65) compared to other evaluated models.

Keywords: Glacier retreat, Cryospheric systems, Ice thickness, Ground Penetrating Radar

6

PC914MQ

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Jorge O'Kuinghttons

Campaña de adquisición de datos de espesor de hielo en zonas de acumulación en los glaciares Calluqueo y Mosco 2023-2024

Marcelo Bernardin¹, Amapola Alborno¹, Jorge O'Kuinghttons¹, Roberto Figueroa¹

(1) DGA, Aysén, Coyhaique, Chile

La Provincia de Capitán Prat - Región de Aysén, alberga 4 de los glaciares de estudio comprometidos con el programa GORE "Protección y Transferencia de Información de Glaciares en la Provincia de Capitán Prat". Estos son: glaciar O'Higgins, glaciar Calluqueo, glaciar Mosco y glaciar Lucía. El programa regional está alineado con la Estrategia Nacional de Glaciares de la Dirección General de Aguas (2009) que orienta sus esfuerzos para registrar cambios volumétricos en los glaciares del país de manera anual y a escala regional. Durante los meses de octubre de 2023 a enero de 2024, se diseñó y llevó a cabo una campaña de adquisición en los glaciares Calluqueo y Mosco. El propósito principal de las campañas consistió en determinar el espesor del hielo en las áreas de acumulación para establecer un registro histórico de variaciones en el espesor. Este registro no solo facilitará la planificación y ejecución de futuras campañas, sino que también será crucial para monitorear las tendencias de cambio en el espesor del hielo dentro del marco del cambio climático, el cual ha provocado una reducción sistemática de las masas de hielo. Este enfoque es esencial para comprender y anticipar los impactos ambientales y ecológicos de estos cambios a largo plazo. Utilizando un radar GPR (Ground Penetrating Radar), equipado con unidades de captura (Rx) y emisión (Tx) y GPS integrados para una sincronización precisa de tiempos de medición, se logró obtener información valiosa sobre el espesor de estos glaciares. Estos hallazgos de medición de espesor en ambos glaciares serán ofrecidos de manera abierta a la comunidad científica, promoviendo así su análisis e interpretación. Nuestro trabajo como subunidad de glaciología de la región de Aysén no solo proporciona datos cruciales para la comprensión de la dinámica glacial en la región de Aysén, sino que también establece un precedente para futuras investigaciones en la glaciología, promoviendo la colaboración y el acceso abierto a la información científica. Estamos convencidos de que los hallazgos de esta campaña contribuirán significativamente al avance del conocimiento en el campo de la glaciología.

Keywords: Radar de Penetración Terrestre (GPR), Mediciones, Perfil, Profundidad de hielo

Financing: Institucional.

BP899GD

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Tomás R. Bolaño Ortiz

Estimación temporal del impacto de las partículas absorbentes de luz en la disminución del albedo de la nieve en las cuencas altas de la región del Maule, Chile (2000-2023)

Estimación temporal del impacto de las partículas absorbentes de luz en la disminución del albedo de la nieve en las cuencas altas de la región del Maule, Chile (2000-2023)

Elizabeth A. Espinoza Muñoz¹, **Tomás R. Bolaño Ortiz**¹, Lina Castro²

(1) Universidad Católica del Maule, Departamento de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, km. 6 Los Niches, Curicó, Chile(2) Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Obras Civiles, Avenida España 1680, Valparaíso, Chile

La nieve desempeña un papel crucial en el equilibrio climático de nuestro planeta al actuar como un eficaz filtro solar, protegiéndonos del calentamiento global. Los glaciares y campos nevados, en particular, poseen un albedo elevado, lo que significa que pueden reflejar más del 90% de la radiación solar que reciben. Sin embargo, los modelos climáticos sugieren que el albedo de la nieve está disminuyendo globalmente debido a la acumulación de partículas absorbentes de luz, como el carbono negro y el polvo mineral. Esta disminución contribuye al derretimiento de la nieve y, como resultado, a la pérdida de su capacidad para reflejar la radiación solar. En el contexto de la región del Maule, las cuencas hidrográficas del Maule y Mataquito son de vital importancia para el suministro de agua potable y el desarrollo económico de la zona habitada. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la variación temporal de las partículas absorbentes de luz, en la reducción del albedo de la nieve en las cuencas mencionadas. Para lograr esto, se utilizaron datos de observaciones de albedo superficial de nieve del sensor satelital MODIS, y deposición de polvo mineral y carbono negro de los datos de reanálisis MERRA-2, desde marzo de 2000 hasta febrero de 2023. Se asumió que la concentración de polvo mineral y carbono negro en la superficie de la nieve equivale a los valores atmosféricos que entrega MERRA-2. Se analizaron datos mensuales usando un procedimiento de tendencia mediana (Theil-Sen), para el albedo de la nieve, concentraciones de carbono negro y polvo mineral, así como temperatura del aire superficial. Los resultados revelaron una relación directa entre el aumento del carbono negro y la disminución del albedo de la nieve en ambas cuencas. Por otro lado, los datos sobre el polvo mineral sugieren una influencia leve o insignificante en el albedo de la nieve en comparación con el carbono negro. En cuanto a las temperaturas, se observaron aumentos significativos durante los meses más cálidos, especialmente en noviembre, diciembre y enero en la zona central. Sin embargo, se destaca que las deposiciones de contaminantes, especialmente el carbono negro, podría estar acelerando el derretimiento de la nieve durante estos meses, al reducir su capacidad de reflejar la radiación solar. Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar la acumulación de partículas absorbentes de luz en la nieve para mitigar los efectos del cambio climático en las cuencas del Maule y Mataquito, así como en otras regiones similares.

Keywords: MODIS, MERRA-2, Polvo Mineral, Chile, Carbono negro

Acknowledgments: Se agradece a los proyectos ANID-FONDECYT 3230555 y ANID-FONDECYT 11220482.

8

NJ696TC

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Tomás R. Bolaño Ortiz

Transecta altitudinal de medición de aerosoles atmosféricos y estimación de su origen: caso de estudio en el Glaciar Ritacuba Blanco, Colombia

Tomás R. Bolaño Ortiz¹, Fredy A. Tovar Bernal², Eduardo D. Fontanilla Amaya², Viverlys L. Díaz Gutiérrez², Magín Lapuerta³, Zoë L. Fleming⁴

(1) Universidad Católica del Maule, Departamento de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, km. 6 Los Niches, Curicó, Chile(2) Universidad del Magdalena, Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales - GIMSA, Facultad de Ingeniería, Carrera 32 No 22-08, Santa Marta, Colombia(3) Universidad Castilla-La Mancha, Grupo de Combustibles y Motores, Ciudad Real, España(4) Universidad del Desarrollo, Centro de Investigación en Tecnologías para la Sociedad, Facultad de Ingeniería, Av. Plaza 680 - Las Condes, Santiago, Chile

Los aerosoles atmosféricos juegan un papel en el clima global, ya que intervienen en procesos como las precipitaciones al ser los núcleos de condensación de las nubes, pero además influyen en el efecto invernadero y el clima global al participar en el balance radiativo del planeta. Este balance radiativo también se puede apreciar a nivel superficial en áreas nevadas y glaciares, donde los aerosoles que absorben luz se pueden depositar en la nieve, reducir su albedo e incrementar la tasa de derretimiento por absorber más radiación solar. Este fenómeno es importante porque afecta la hidrología nival al alterar el ciclo natural de ablación nival. Para analizar la presencia de estos aerosoles, durante octubre de 2023 se realizaron dos ascensos desde los 3000 msnm (campamento base) hasta \approx 5000 msnm (Glaciar Ritacuba Blanco), realizando mediciones de aerosoles atmosféricos (375 nm y 880 nm) por medio del aetaolmetro portátil MA200 (Aethlabs, USA) con mediciones cada 5 minutos y caudal de 170 ml/min. Posteriormente, un posprocesamiento de los datos permitió la estimación del exponente de Ångström (eA) para inferir el tipo de origen de los aerosoles monitoreados. Los resultados de eA muestran que al principio y al final de la transecta los aerosoles sería de origen minero (polvo), pero podrían también encontrarse aerosoles carbonáceos producto de combustión como Black Carbon en una zona intermedia de esta transecta, situada entre los 4400 y los 4600 msnm. Estos resultados son importantes para comprender mejor el tipo y origen de aerosoles que pueden llegar a los glaciares tropicales. Además, el monitoreo ayuda a comprender y mitigar este efecto, crucial para la gestión sostenible de recursos hídricos en regiones dependientes del agua de deshielo glaciar.

Keywords: Exponente de Ångström, Polvo, Black Carbon, Glaciares Tropicales

Financing: Universidad del Magdalena (Colombia) en el marco del programa de fortalecimiento de la investigación año 2023.

Acknowledgments: Se agradece a Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia, y al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Se agradece también a los proyectos ANID-FONDECYT 3230555 y FONDEQUIP Mayor EQY200021.

La nieve es fundamental para almacenar y proveer agua en primavera y verano. Además, la nieve actúa como una capa protectora del suelo reduciendo la erosión por efectos del agua y viento, y cumple función de aislante térmico protegiendo el suelo de un congelamiento profundo que afecte a microorganismos y raíces de plantas. La nieve no solo impacta localmente, sino que una cascada de procesos se gatilla desde las partes altas de las cuencas hasta las bajas, impactando el caudal de ríos, funciones ecológicas y servicios ecosistémicos derivados. En la Región de Aysén los ríos tienen un régimen glacio-nivo-pluvial, siendo la influencia nival la más considerable, sin embargo, se encuentra pobremente estudiada a pesar de ser una de las variables críticas para cuantificar los recursos hídricos a lo largo del año.

En este trabajo se presentan un análisis preliminar de los eventos de precipitación en el Cerro Divisadero en la Región de Aysén, donde a fines de abril de 2023 se instaló una estación meteorológica automática a 1420 m s.n.m. Esta estación incluye sensores de acumulación nival (SR50 y LiDAR) y un pluviómetro OTT, entre otros sensores meteorológicos. Especial énfasis se ha dado a los eventos asociados a ríos atmosféricos (RAs) debido a sus potenciales impactos; como eventos importantes de acumulación de nieve o como episodios de derretimiento. Para analizar este impacto se buscó y categorizó la ocurrencia de RAs usando reanálisis ERA5. Durante el mes de mayo se registraron varios RAs, entre categorías 1 a 4, en los cuales predominó la precipitación líquida. De hecho, un RA categoría 4 determinó un evento de ola de calor registrada en la estación DMC Teniente Vidal, Coyhaique Ad. Precipitación líquida se observó en estas fechas en el Cerro Divisadero. A fines de mayo se aprecian los primeros eventos de acumulación nival asociados a RAs. La acumulación de nieve llegó a una altura de 0.75 m, no obstante, se aprecia ablación posterior al evento. La acumulación sostenida de nieve se observa a partir de junio, y principalmente marcada por un evento de acumulación a principios de julio. En esta fecha se registró un RA categoría 3. A partir de aquí y hasta mediados de agosto la nieve se mantuvo en torno a 1.25 m. Entre el 12 y 15 de agosto se registró un RA categoría 3. Con la acumulación de este evento, el manto nival llegó a una altura en torno a 1.50 m. El resto del invierno la nieve se mantuvo en torno a 1.50 m con máximos de 1.75 m. En octubre comienza a apreciarse el comienzo de la ablación. A mediados de diciembre, la predominancia de temperaturas positivas, llegando a máximos del orden de 15°C, determina la rápida disminución del manto nival. La información derivada de este y futuros análisis permitirá entender la dinámica de la acumulación nival y principalmente sus forzamientos sinópticos.

Keywords: Acumulación de nieve, ríos atmosféricos, Cerro Divisadero, Estación meteorológica

Financing: Este proyecto es financiado por Fondos de Investigación Semilla PATSER-CIEP y por el CECs.

10

TN251PH

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Jonathan Burton

Las vidas sociales de los GLOFs

Las vidas sociales de los GLOFs

Jonathan Burton¹

(1) University of Colorado Denver, Geography, Planning, and Design, Liberal Arts and Sciences, 1204 Larimer Street, Denver, United States

Las inundaciones repentinas de lagos glaciales (Glacier lake outburst flood o GLOFs en inglés) han atraído cada vez más atención por parte de la glaciología y la investigación de desastres, particularmente debido al cambio climático. Las zonas de alta montaña se encuentran entre los ambientes que están cambiando más rápidamente, atribuible tanto al cambio climático como a las evoluciones tecnológicas, económicas y sociopolíticas que, a su vez, impactan rápidamente a las comunidades y a los paisajes.

Si bien los GLOFs se han estudiado durante mucho tiempo como procesos físicos, también son profundamente sociales. El impacto desastroso de los GLOFs ha dado forma a las geografías históricas del desarrollo, y ha generado esfuerzos futuros de mitigación.

Esta investigación busca comprender la dinámica GLOFs de la región de Aysén en Chile, un paisaje que está siendo reconstruido por innumerables fuerzas como el cambio climático, la globalización (mercados como el turismo) y los esfuerzos de conservación.

Este trabajo busca integrar su comprensión científica física con los procesos sociales subyacentes a los GLOFs en esta región.

Reuniendo diversos métodos, como modelos hidrológicos y muestras de campo con entrevistas e historias orales, se obtiene una comprensión más holística y culturalmente informada que puede conducir a una mejor comprensión de la dinámica de los desastres y los esfuerzos de mitigación entre los diversos actores interesados. Es necesario comprender e incluir los componentes sociales de la investigación, planificación y mitigación de peligros del GLOFs para implementar intervenciones significativas, equitativas y culturalmente apropiadas.

Keywords: GLOF, Depositos, Geomorfología, Desastres

Financing: Esta investigación se hizo posible por el programa "PATHWAYS - Transect of the Americas" financiado por National Science Foundation

Acknowledgments: Quiero agradecer a CIEP, especialmente a Iñigo Irarrazaval, por el apoyo de terreno, a Benjamin Soto, Waldo Aguayo @scoutingrios, y Esteban Sagredo.

GC878KM

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Yuliana Bustos López

Caracterización nacional de lagos de dominio glaciar

Yuliana Bustos López¹, Alexis Segovia Rocha², Daniela Carrión Olivares²

(1) Universidad de Chile, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Portugal 84, Santiago, Chile(2)

Dirección General de Aguas, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Morandé 59, Santiago, Chile

Se realizó una caracterización nacional de lagos glaciares, en donde se analizó la cantidad y superficie de estos en las cuatro macrozonas glaciológicas (Norte, Centro, Sur y Austral). Además, se realizó un análisis del peligro y riesgo asociados a posibles "Glacial Lake Outburst Floods" (GLOFs). Lo anterior es importante debido al contexto actual de retroceso glaciar en donde los lagos de dominio glaciar están fuertemente influenciados por esas dinámicas, creándose nuevos, desapareciendo, o teniendo vaciamientos repentinos.

La metodología consistió en remapear, corregir y validar mediante el uso de software GIS el Inventario Público de Lagos Glaciares de la DGA, realizado originalmente por la Universidad Austral de Chile. Se usó un total de 62 imágenes satelitales de Sentinel-2 y Landsat 8 que abarcan desde el año 2020 a 2022 y cubren las cuatro macrozonas glaciológicas. Luego, se procedió a sistematizar la información del inventario de lagos para caracterizar las diferentes macrozonas glaciológicas, siendo un dato muy relevante el peligro de GLOF que se calculó considerando distintos parámetros fisiográficos. Una vez obtenido el peligro, se relaciona con el número de elementos expuestos, obteniendo el riesgo asociado.

Como resultado de esto la Universidad Austral de Chile mapeó originalmente 5.396 lagos de dominio glaciar, que una vez corregidos y remapeados pasaron a ser 5.384. En total abarcan un área de 1548,4 km² a nivel nacional. Si bien la macrozona glaciológica Austral es la que ocupa mayor superficie de lagos glaciares con 1.455 km² (a diferencia de las otras 4 que no superan los 70 km²), no tiene ningún lago glaciar con riesgo "Alto" o "Muy alto". Lo contrario ocurre en las macrozonas Centro y Sur, que concentran la totalidad de los lagos de dominio glaciar con riesgo "Alto" y "Muy alto". Lo anterior se debe a que en la zona Austral hay pocos poblados cercanos a los lagos glaciares que se puedan ver afectados por un posible evento de GLOF en comparación a las otras macrozonas.

Keywords: GLOF, Lagos glaciares, Riesgo, Vaciamiento repentino

Acknowledgments: Agradezco a todo el equipo de la Subdivisión de Glaciología y Nieves, en especial a Alexis Segovia por su buena disposición, orientación y apoyo en lo que ha sido el proceso de mi práctica profesional.

12

JC772MD

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Jorge Fernando Carrasco Cerda

EVALUATING THE PERFORMANCE OF NEW CMIP6 SIMULATIONS AT KING GEORGE ISLAND, ANTARCTIC PENINSULA

Evaluating the performance of the new CMIP6 simulations at King George island, Antarctic Peninsula

Jorge Fernando Carrasco Cerda¹

(1) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica (CIGA), Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile

Near-surface temperatures in Frei Station were derived from the new state-of-the-art climate model simulations of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6). These results of present-day air temperature simulations were compared with real data for a detailed assessment of the model performance. This provides information to interpret future warming in the northern end of the Antarctic Peninsula.

The present climate was evaluated for the period 1978-2014. The annual air temperature behavior, simulated by different models, shows a wide dispersion. This complexity is further highlighted by the fact that the average of all simulations resolves February as the warmest and August as the coldest months instead of the usual January and July, respectively, derived from the average data observed at the Frei and Bellingshausen Stations.

The simulated interannual variability also resolved a large dispersion compared to the observed data. However, the mean simulation ensemble does not resolve the interannual variability. It is close to the average for 1978-2000, but it does not resolve the observed cooling from 2000 to 2014. The Taylor Skill Score (TSS) was applied to all simulations to select the 10 best model performances. Although these models still show large dispersion, the mean ensemble resolves better the annual cycle and partially the interannual variability. These models were used to select the 10 best simulations for the SSP126 and SSP585 future scenarios. The mean 10-best simulations predict even warmer air temperatures (around 0.2-1.0 degrees) than the all-mean simulations for both the best (SSP126) and worst (SSP585) future scenarios.

Keywords: CMIP6, Air temperature, King Goerge Island, Warming

Financing: ANID-FONDECYT 1221122 AND 1231904

13

GS689KL

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Benjamín Carrillo Pavez

Fusión de imágenes satelitales para la detección de afloramientos fosilíferos en zonas periglaciares del Parque Nacional Torres del Paine, sur de Chile

Benjamín Carrillo Pavez¹, Juan Carlos Aravena Donaire^{2,3}, Judith Pardo Pérez^{2,3}, Carlos Cárdenas², Erling Johnson²

(1) Universidad de Magallanes, Dirección de Postgrado, Magíster de Ciencias Antárticas, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(2) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Instituto de la Patagonia, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(3) Universidad de Magallanes, Cape Horn International Center (CHIC), Teniente Muñoz 166, Puerto Williams, Chile

El continuo retroceso del glaciar Tyndall, ubicado en el Parque Nacional Torres del Paine, ha dejado a la vista extensos afloramientos de fósiles marinos, permitiendo que esta área sirva de calibración para la detección fosilífera en otras zonas con sus mismas características. La exposición de estos fósiles a la acción del clima y la erosión perturba su preservación de manera irreversible, perdiendo información valiosa y planteando un tema de urgencia en la necesidad de la detección de estos afloramientos. En este trabajo, se generó, mediante metodologías de sensores remotos, un método de determinación de posibles afloramientos fosilíferos para la zona de estudio en base a sus propiedades espectrales. Se utilizaron imágenes satelitales de Sentinel-1 (radar) y Sentinel-2 (ópticas), para realizar una clasificación supervisada utilizando el algoritmo de *Support Vector Machine* (SVM), extrapolándose la clasificación a las zonas periglaciares de los glaciares Pingo y Grey, y se corroboraron los datos obtenidos con afloramientos fósiles en terreno. Como resultado se obtuvo un mapa de coberturas donde los píxeles de interés clasificados como "Fósil" corresponden a rocas que comparten las mismas características de los afloramientos fósiles del área de entrenamiento, siendo éstas las zonas predictoras de mayor probabilidad de afloramientos. Se concluye que la metodología usada en el mapeo de coberturas entrega resultados satisfactorios, debiendo afinarse en algunos aspectos, además de corroborar en terreno una mayor cantidad de los resultados del mapa obtenido.

Keywords: Support Vector Machine, Glaciar Tyndall, Fósiles, Ambiente periglaciar, Sensores remotos

Financing: Proyectos PAI77200036 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo y NSF22-597 de la National Science Foundation.

Acknowledgments: Programa de "Investigación de los Campos de Hielo Patagónicos 2022" y "Nodo Ciencia Austral" de la UMAG. Proyectos PAI77200036 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo y NSF22-597 de la National Science Foundation.

Las montañas son conocidas como los "depósitos de agua" del mundo ya que albergan recursos hídricos como nieve, glaciares, lagos y formaciones relacionadas con el permafrost, los cuales son vitales para satisfacer una parte esencial de las demandas de agua, tanto naturales como antropogénicas. El cambio climático actual está provocando una rápida pérdida de la criósfera de montaña, en esta fase de deshielo, los glaciares rocosos podrían cobrar una importancia creciente como posibles reservorios de agua.

Los glaciares rocosos activos son geoformas periglaciales creadas por el deslizamiento previo o actual del suelo congelado, conocido como permafrost. Aunque todavía no se comprende completamente su papel en el ciclo hidrológico, en regiones áridas y semiáridas estas geoformas son cruciales.

El propósito de este estudio es entender la cinemática de los glaciares de roca en la subcuenca del Río Molina (33°22'S-70°14'O), en los Andes Centrales de Chile. Para esto se ocuparon imágenes satelitales SAR (radar de apertura sintética) y ópticas, así como mediciones in situ para cuantificar sus cambios cinemáticos. La cuantificación del movimiento de la superficie de un glaciar de roca se utiliza para documentar las condiciones del permafrost de montaña y como un parámetro para comprender su respuesta frente a cambios climáticos, dinámicos e hidrológicos.

Este estudio presenta resultados preliminares sobre la cinemática de los glaciares de roca en la subcuenca del río Molina, en donde se ha caracterizado el desplazamiento de 12 glaciares de roca con áreas que presentan velocidades de 10-30 cm/año, estas velocidades se obtuvieron a través de InSAR (Interferometría SAR), bajo una metodología semi automática (desenvolvimiento de fase) utilizando intervalos de 12 a 24 días entre cada imagen SAR, considerando las órbitas ascendentes y descendentes según la orientación de la pendiente de cada glaciar de roca.

Keywords: Glaciar de roca, remote sensing, geomorfología periglacial, InSAR, Cinemática Glaciar rocoso

Financing: Financiado por los siguientes proyectos: FONDECYT 3230146, SIA 85220007 y VRID 2023000810INI.

Acknowledgments: Al equipo de Criósfera UdeC, por su compañía, ayuda y discusión. A la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía UdeC, por facilitarnos el espacio necesario para poder avanzar en nuestras investigaciones.

15

CK895QJ

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Isabella Ciocca

Red Hidrométrica Nacional en Alta Montaña D.G.A.: actualización 2024

Red Hidrométrica Nacional en Alta Montaña (RHNAM) D.G.A.: Actualización 2024

Isabella Ciocca¹, Diego González¹, Jorge Huenante¹

(1) Dirección General de Aguas, División de Hidrología-Subdivisión de Glaciología y Nieves, Morandé 59, Of. 826, Santiago, Chile
Se presenta la Red Hidrométrica Nacional en Alta Montaña (RHNAM), que forma parte del Sistema Hidrométrico Nacional (Res. Ex. D.G.A. N° 359/2023), mantenido y operado por la Dirección General de Aguas (D.G.A.), en respuesta a la modificación del Código de Aguas el 06 de abril de 2022 (Ley 21.435), en cuanto a su función, operación y componentes. La definición de "Alta Montaña" fue adaptada del Reporte Especial SROCC SPM del IPCC (2019) y permite a la D.G.A. definir una región del país en que glaciares, nieves, lagos glaciares y permafrost son características destacadas del paisaje. En particular, la cobertura nival se restringe también a cuencas donde esta es relevante hidrológicamente.

El objetivo es realizar un breve análisis espacio-temporal de la red, de manera de entregar una aproximación del alcance de la información histórica generada por la D.G.A. respecto al monitoreo en "Alta Montaña" en las diferentes macrozonas glaciológicas del país. Para ello se revisa la distribución de la RHNAM en el territorio nacional, diferenciando los tipos de estaciones que la componen: estaciones meteorológicas, estaciones fluviométricas, estaciones nivométricas, estaciones de monitoreo de permafrost y estaciones de monitoreo de lagos glaciares; así como la temporalidad de los datos y las principales variables monitoreadas por cada una de ellas. Dicho análisis permite además identificar el déficit de monitoreo, planificar las proyecciones de ampliación de la RHNAM para una mayor y mejor cobertura, así como también contribuir en el acceso a la información del público general (transparencia pasiva).

Keywords: Red de monitoreo, Alta Montaña, Chile, Criósfera

Financing: Dirección General de Aguas

16

MF876PH

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Camila Cáceres Bahamondez

Inventario y cinemática de los glaciares rocosos de la subcuenca del río Azufre (34°41'S 70°20'W), Andes semiáridos, Chile

Camila Cáceres Bahamondez¹, Sebastián Viveros Andrade², David Farías-Barahona³

(1) Universidad de Concepción, Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Las Heras 915, Concepción, Chile(2)

Université de Fribourg, Geosciences, Faculty of Science and Medicine, Av. de l'Europe 20, 1700, Fribourg, Suiza(3) Universidad de

Concepción, Geografía, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Geografía, Victoria 486-490, Concepción, Chile

Los entornos de alta montaña son grandes reservorios de agua, ya que se caracterizan por la presencia de hielo perenne en la superficie y el subsuelo, el cual suele encontrarse en los glaciares y el permafrost. En particular los glaciares rocosos y el permafrost son importantes para la evolución del paisaje, el ciclo hidrológico, el balance sedimentario de las montañas, la estabilidad de las laderas y los riesgos naturales asociados. Los glaciares rocosos constituyen una de las geoformas más importantes del paisaje de montaña, debido al gran contenido de hielo que pueden llegar a almacenar, pudiendo desempeñar un papel clave como reservas estratégicas de agua a largo plazo en regiones áridas y semiáridas del mundo.

En este trabajo, presentamos una actualización del inventario de glaciares rocosos de la subcuenca del río Azufre, ubicada en la región de O'Higgins, en el margen sur de los Andes semiáridos de Chile, utilizando las recientes directrices del grupo de acción "Rock glacier inventories and kinematics" de la Asociación Internacional de Permafrost (IPA). Adicionalmente, se emplean imágenes satelitales ópticas, de radar y mediciones in situ para cuantificar con detalle los cambios cinemáticos. La generación de un inventario más preciso permitirá cuantificar y entender de mejor manera cómo y dónde están distribuidos los glaciares rocosos en la subcuenca. Y, por otro lado, la obtención de datos cinemáticos hará posible comprender su evolución en las laderas de las montañas y su respuesta frente al cambio climático.

Keywords: Recursos hídricos, Cambio climático, Glaciares rocosos

Financing: Proyecto FONDECYT 3230146, SIA 85220007 y VRID 2023000810INI.

17

SD974JR

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Josefina Errazuriz

Elaboración de un sensor de precipitación líquida y sólida, para su implementación en el proyecto SAGAZ

Josefina Errazuriz¹, Camilo Rada¹

(1) Universidad de Magallanes

La acelerada pérdida de masa de los glaciares en las últimas décadas ha provocado que en la actualidad exista un mayor riesgo asociado al vaciamiento repentino de los lagos glaciares (GLOF, Glacial Lake Outburst Flood), el cual se puede generar por el colapso de la pared de roca, morrena o hielo que los rodea. Considerando el riesgo asociado a estos eventos, nace el proyecto SAGAZ (Sistema de Alertas Glaciares Avanzado), que busca desarrollar un prototipo de sistema de alerta para reducir el impacto de las inundaciones relacionadas con los GLOFs. Dado que uno de los posibles gatillantes de un GLOF son los episodios de lluvias intensas, se hace imprescindible para SAGAZ medir la precipitación tanto sólida como líquida de forma precisa y eficiente, incluyendo tanto la acumulación como la intensidad. Sin embargo, en la actualidad existe consenso en la comunidad científica de que la medición de la precipitación total sigue siendo un desafío, en particular en zonas remotas, donde el hielo y la nieve juegan también un rol importante y, los sistemas tradicionales de medición son difíciles de implementar. Es por eso que el desarrollo de un sensor capaz de medir con precisión la precipitación total, tanto líquida como sólida, en zonas complejas, se vuelve fundamental y significa un gran aporte para el proyecto SAGAZ, y para las ciencias de la tierra en general. En este trabajo presentamos el desarrollo de dicho sensor, usando plataformas de software y hardware libre, enfocados en generar una red de sensores que sean fáciles de implementar en zonas de difícil acceso. El sistema de medición seleccionado fue el de pesaje, que presenta una serie de desafíos que deben ser resueltos. Para hacer más eficiente el proceso de diseño y construcción se ha usado impresión 3D, lo que permite probar distintos diseños de forma sencilla, facilitando la optimización del equipo. Además, para facilitar su implementación y adaptación a diferentes condiciones, se utilizó la plataforma Arduino, que permite adaptar fácilmente la electrónica del sistema. Dado lo complejo que resulta medir la precipitación, que interactúa tanto de forma líquida como sólida con el equipo, fue además necesario estudiar en detalle la interacción de los hidrometeoros con el viento y el flujo alrededor del equipo, recurriendo para ello a experiencias previas ya documentadas y a pruebas de laboratorio.

Keywords: Precipitación, Nieve, Sensor, Hardware abierto, Arduino

Financing: FONDEF IDeA I+D 2021 ID21110094, SAGAZ: Development of a prototype alert system to reduce the impact of glacier-related flood events.

18

GL489TG

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Felipe Cristian Fuentes Carrasco

Divulgación científica de la criósfera con énfasis en los glaciares de rocas. El Día Internacional del Agua 2024 como oportunidad para acercar a los glaciares a las comunidades en la primera Feria del Agua.

Divulgación científica de la criósfera con énfasis en los glaciares de rocas: Día Internacional del Agua 2024

Felipe Cristian Fuentes Carrasco¹, Cristobal Machuca¹, Nicole Cabrera¹, Luis López¹, Nicola Mendoza³, Francisco Bucchi²

(1) Sernageomin, Departamento de Geología Aplicada, Unidad de Hidrogeología, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile(2)

Sernageomin, Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile(3) Universidad de la Frontera, Civr 39 Centro Interactivo Vulcanológico de la Araucanía, Pucón, Chile

En el marco de la celebración del Día del Agua del año 2024, la Unidad de Hidrogeología del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), participó en la primera Feria del Agua, organizada por CONAPHI UNESCO Chile, en el sector de la piscina Tupahue de Parquemet, como parte de las actividades en torno al Día Mundial del Agua declarado por la UNESCO.

El lema del Día del Agua fue "Agua para la Paz", por lo tanto, el taller tuvo como objetivo la divulgación del curso de agua más emblemático de la capital, el río Mapocho, para que los transeúntes se informaran sobre su evolución, así como también contarles sobre su origen en las aguas de los glaciares y glaciares de rocas de la parte alta de la cuenca.

En esta oportunidad, los visitantes, entre ellos, estudiantes de varios colegios municipales y privados, pudieron informarse respecto a la historia del río Mapocho; el ciclo del agua; el acuífero de la hoya de Santiago; y los tipos de glaciares con énfasis en los glaciares de rocas.

Se ilustró la morfología de los acuíferos que se encuentran en el relleno sedimentario de la hoya de Santiago, a través maquetas 3D e infografías para que las personas vieran cómo funciona un acuífero y cómo son los glaciares de rocas, y de esta manera, pudiesen entender la importancia y el funcionamiento de los distintos componentes del ciclo de agua en la subcuenca del río Mapocho.

Hacer actividades de divulgación en el Día Internacional del Agua es una herramienta importante y una oportunidad para reflexionar sobre todos los aspectos de nuestro día a día que no serían posibles sin este vital elemento. Asimismo, para lograr avanzar como sociedad, la discusión y los desafíos pasan por preguntarnos ¿qué medidas podemos tomar hoy?, mientras enfrentamos una importante crisis hídrica en un contexto de cambio climático.

Keywords: Criósfera, Día Internacional del Agua, Divulgación científica, Feria del agua

Financing: El financiamiento de estas actividades ha correspondido principalmente a fondos internos de Sernageomin.

Acknowledgments: Al Comité Nacional para el Programa Hidrológico Intergubernamental UNESCO (CONAPHI-Chile), por la organización de la primera versión de la Feria del Agua, donde participamos como SERNAGEOMIN en el grupo organizador de la Feria.

Se ha documentado que las superficies glaciares cubiertas han aumentado en todo el planeta debido al cambio climático y balance de masa negativo. La cobertura de detritos en un glaciar, si es superior al espesor efectivo de un par de cm, impacta directamente en el balance de masa, actuando como una barrera aislante entre la superficie del hielo y la atmósfera, con tasas de ablación menores que en los glaciares de hielo descubierto, ya que la capa de detritos protege el hielo de la radiación solar. Por lo tanto, la presencia y variaciones de espesor de una capa de detritos afectan la forma en que un glaciar responde al cambio climático. Sin embargo, estudios recientes sobre glaciares cubiertos indican tasas de ablación similares a glaciares descubiertos, conocido como la "anomalía de los glaciares cubiertos". Esta anomalía se atribuye a la presencia de lagunas y paredes de hielo en la superficie de los glaciares cubiertos, que absorben y transmiten energía al glaciar. Las lagunas supraglaciares generan una retroalimentación positiva para la ablación del glaciar, a través de la absorción y transmisión de energía al hielo que se encuentra en contacto con el agua. Estas lagunas pueden presentar una pared de hielo asociada, las que suelen estar oscurecidas por impurezas que disminuyen su albedo. Por lo tanto, las lagunas supraglaciares y las paredes de hielo se consideran puntos calientes de ablación en un glaciar cubierto. Además, cuando la zona de ablación se encuentra en una depresión topográfica, la coalescencia de lagunas supraglaciares puede formar un gran lago proglacial transformando el frente del glaciar, potenciando el desprendimiento de témpanos y generando nuevos riesgos asociados a vaciamientos repentinos de lagos proglaciares.

Este estudio busca evaluar el desempeño de distintas herramientas de segmentación y clasificación aplicado a la identificación de objetos como paredes de hielo y lagunas supraglaciares. Se implementó un flujo de trabajo a través de distintas herramientas como: Orfeo Toolbox (OTB), el software eCognition Developer y Segment Anything Model (SAM), un modelo de inteligencia artificial, en imágenes de dron levantadas durante el período 2019 – 2023 en la zona cubierta del glaciar Exploradores, cuyo frente termina en tierra. Los resultados de estas herramientas fueron evaluados a través de una matriz de confusión, la cual determinó cuál de los métodos presenta un mejor desempeño.

Cabe mencionar, que, actualmente el glaciar Exploradores presenta una configuración similar a la de otros glaciares que han sufrido una rápida desintegración de su zona cubierta. Esto se ha descrito como un punto de inflexión, donde el glaciar podría comenzar la desintegración de la zona cubierta acelerando la pérdida de masa debido a la coalescencia de lagunas supraglaciares y rápido derretimiento de las paredes de hielo, para posteriormente formar un gran lago proglacial. El estudio de las paredes de hielo y lagunas supraglaciares en glaciares cubiertos son escasos en Patagonia, pues la mayoría han sido realizados en los Himalayas, por lo que este estudio contribuirá a disminuir la incertidumbre de las tasas de ablación en glaciares cubiertos en Patagonia.

Keywords: Glaciar cubierto, Pared de hielo, Teledetección, Laguna supraglaciar, Object-Based Image Analysis (OBIA)

20

MQ638RJ

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Inti Antonio Gonzalez Ruiz

Cambios en el frente de los glaciares del cordón Navarro utilizando imágenes de alta resolución, Cordillera Darwin, Tierra del Fuego

Inti Antonio González Ruiz^{1,2}, Ricardo Jaña Obregón³, Jorge Arigony Netto⁴, Francisco Fernandoy Pedreros⁵, Rodrigo Gómez Fell⁶, Gino Casassa Rogazinski²

(1) Centro Regional Cequa, Punta Arenas, Chile(2) Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile(3) Instituto Antártico Chileno, Punta A, Chile(4) Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil(5) Universidad Andres Bello, Viña del Mar, Chile(6) University of Canterbury, Canterbury, Nueva Zelanda

En el extremo noroccidental de cordillera Darwin, Tierra del Fuego, se emplaza el cordón Navarro extendiéndose por sobre 20 km en un eje noroeste-sureste. Sobre el cordón se localiza un campo de hielo que cubre 170 km², del cual se desprenden 32 glaciares en diferentes direcciones. Estos glaciares, desde la Pequeña Edad del Hielo han presentado retrocesos diferenciados de sus frentes y consecuentemente, sugieren diferentes tasas de pérdida de masa. En décadas recientes, la contracción de estos glaciares evidencia velocidades de retroceso y magnitudes de pérdida diferentes. Esta información se registra en un inventario de glaciares mantenido en un Sistema de Información Geográfico basado en el análisis multitemporal de un conjunto de imágenes satelitales multisensor.

Adicionalmente, desde 2018 al presente se ha mantenido un programa de registro de mediciones glaciológicas, oceanográficas y meteorológicas *in situ*, colectando imágenes de alta resolución mediante vuelos aerofotogramétricos con sistemas UAV en 5 glaciares del cordón Navarro que desprenden hacia el fiordo de Agostini.

En este trabajo se presentan los cambios de geometría y altura definidos a partir del análisis de los ortomosaicos y Modelos Digitales de Elevación derivados de las imágenes de alta resolución.

Keywords: Cordillera Darwin, Imágenes alta resolución, Inventario glaciar

Financing: FONDECYT 1231707 "Contrasting glacier behaviour in southernmost South America and northernmost Antarctica in response to climate change"

Acknowledgments: Se agradece el apoyo de INACH, UMAG y su personal. Gracias a Hugo Mansilla y la tripulación de la Huracán por los apoyos prestados.

Los lagos glaciares representan evidencias geomorfológicas del retroceso y adelgazamiento de los glaciares en las principales regiones montañosas de la Tierra. Este proceso es la respuesta directa al aumento generalizado de la temperatura, contribuyendo en el incremento, extensión espacial y volumétrica de los lagos glaciares y por consecuencia, en el aumento de peligros glaciares en los valles de montaña, asociado principalmente a vaciamientos súbitos de lagos (GLOF). Los mecanismos que desencadenan este tipo de inundaciones son variados, comúnmente se originan por cadenas de procesos como movimientos en masa, deslizamientos de laderas, avalanchas de hielo, rocas y nieve, calving o bien eventos meteorológicos extremos como precipitaciones intensas. En Patagonia estas inundaciones se han registrado mayormente en zonas deshabitadas y se han abordado desde la perspectiva de la reconstrucción y modelación a través de procesos acontecidos en el pasado o desde el monitoreo. No obstante, es relevante identificar áreas susceptibles a este tipo de peligros dado al continuo aumento en número y volumen de lagos glaciares en la región, lo que abre un campo para el análisis de riesgo y evaluación de vulnerabilidad en las comunidades de zonas de montaña. Ante ello, este estudio se centra en evaluar el peligro de GLOF en Villa Cerro Castillo, Región de Aysén. Para realizarlo, se identificaron y evaluaron los procesos geomorfológicos, hidrológicos y glaciológicos que podrían desencadenar estos eventos, utilizando datos batimétricos, caracterización de represas y mapeo geomorfológico, junto con simulaciones numéricas de crecidas a través de r.avafLOW. Los resultados muestran la evolución del lago Témpanos desde el año 1999 y la identificación de áreas susceptibles a avalanchas de hielo y rocas, tanto en el glaciar Castillo como en el glaciar Témpanos, lo que podría desencadenar GLOF en ambos lagos. Se generaron cuatro escenarios de movimientos en masa en cada lago, desde baja a alta magnitud, para abarcar una amplia variabilidad de resultados. En el lago Témpanos, el escenario de alta magnitud mostraría velocidades de flujo entre 5 y 10 m/s⁻¹ y alturas de flujo entre 0.25 y 5 metros en las zonas expuestas, mientras que el escenario intermedio generaría alturas de flujo de hasta 3 metros en la zona del puente. En lago Castillo, para el mismo escenario, se observaron velocidades de hasta 15 m s⁻¹ y alturas de flujo de hasta 5 metros en la zona cercana a Villa Cerro Castillo. Por su parte, la evaluación de la vulnerabilidad física de las viviendas expuestas permitió obtener un Índice de Vulnerabilidad Física, identificando viviendas con altos, medios y bajos niveles de vulnerabilidad. Esto resalta la importancia de comprender las características estructurales y el impacto de la inundación en las infraestructuras expuestas. En definitiva, se destaca la importancia de una gestión integral de riesgos que considere la geomorfología de las zonas montañosas, su dinamismo y la evaluación de diferentes escenarios de crecidas asociadas a GLOF. Los resultados demuestran utilidad ante el desarrollo de políticas y acciones destinadas a minimizar los impactos de futuros eventos de avalanchas de hielo y GLOF en Villa Cerro Castillo. Keywords: r.avafLOW, Índice de vulnerabilidad, GLOF, Riesgo de inundación, Villa Cerro Castillo

Financing: FONDECYT de iniciación (N°11190389) "Formación de lagos y peligros glaciares en Chile".

22

BB114DM

Area: Glaciología cuaternaria

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Fabiola Gómez Ortega

Caracterización geomorfológica preliminar de los glaciares Bello, Echaurren Norte, San Francisco y Pirámide en la Macrozona glaciológica Centro (33°S)

Caracterización geomorfológica preliminar de los glaciares Bello, Echaurren Norte, San Francisco y Pirámide en la Macrozona glaciológica Centro (33°S)

Fabiola Gómez Ortega¹, Daniela Carrión Olivares², Isabella Ciocca Tobar², José Araos Espinosa¹

(1) Universidad de Chile, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Portugal 84, Santiago, Chile(2)

Dirección General de Aguas, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Morandé 59, Santiago, Chile

Este estudio se centra en la caracterización geomorfológica preliminar de los glaciares Bello, Echaurren Norte, San Francisco y Pirámide ubicados en la cuenca del río Maipo, subcuenca río Maipo Alto, en la Macrozona glaciológica Centro (33°S), los cuales constituyen una reserva hídrica para la región Metropolitana, tanto para los habitantes, como para actividades económicas que allí se desarrollan. El trabajo es impulsado por la escasa información existente respecto a la evolución y transformaciones recientes que ha sufrido la superficie terrestre en los Andes de Chile Central, así como la representación gráfica y estudios de las formas del relieve. Destacando la importancia de estudiar la evolución del glaciar San Francisco y Echaurren Norte, este último con el monitoreo de más larga data a nivel Sudamericano, cuyas superficies se han ido cubriendo de material detrítico en los últimos años.

Metodológicamente la caracterización geomorfológica preliminar se llevó a cabo mediante teledetección, específicamente fotointerpretación con Google Earth Pro e imágenes satelitales de alta resolución obtenidas de PlanetScope Scene con resolución espacial 3 m. En base a esto se realizaron combinaciones de bandas, para identificar hielo descubierto, cuerpos de agua y afloramientos rocosos, complementando el análisis con DEM Alos-Palsar, resolución 12,5 m mediante mapa de sombras. Los resultados preliminares evidencian geoformas de erosión glacial, valles y circos asociados a los cuatro glaciares. Además, formas de acumulación, principalmente morrenas. De manera específica, asociado al glaciar Pirámide se identifican dos morrenas laterales de gran extensión y una morrena frontal asociada a un drenaje periglacial con un gran escarpe; el glaciar Bello presenta morrenas mediales; mientras que los glaciares Echaurren Norte y San Francisco morrenas frontales y terminales. También se identifican geoformas de remoción en masa y afloramientos rocosos en los cuatro valles glaciales que facilitan el aporte de detritos. Asociado a ello se evidencian depósitos coluviales con coalescencia lateral entre ellos y algunos depósitos aluviales sobre estos conos coluviales. Finalmente se observan geoformas periglaciales asociadas a glaciares rocosos. En el valle del Echaurren Norte se identifican cuatro glaciares rocosos totalizando 0,33 km²; en el valle del glaciar Pirámide se identifican 2 glaciares rocosos con un área total de 0,96 km² y finalmente en el valle del glaciar Bello se identifican siete glaciares con un área total de 1,20 km² de acuerdo con el IPG2022_v2.

Keywords: Glaciares, geomorfología, teledetección, alta montaña

Acknowledgments: Agradezco a la Subdivisión de Glaciología y Nieves, especialmente a Daniela Carrión e Isabella Ciocca por darme la oportunidad de trabajar esta temática para realizar mi memoria de título, guiada por el profesor José Araos.

Los Andes del sur de Chile cuentan con glaciares aislados sobre edificios volcánicos que, junto con la precipitación, contribuyen a varios sistemas fluviales importantes en la región. La disminución de la extensión de los glaciares y la tendencia negativa de la precipitación reducirá la disponibilidad de agua aguas abajo. No obstante, los estudios sobre la sensibilidad de los sistemas hidrológicos debido al cambio climático se centran principalmente en áreas áridas y semiáridas de los Andes, en comparación con regiones húmedas con glaciares de montaña aislados. A pesar de la extensión y la importancia hidrológica de los Andes húmedos y las tendencias significativas de disminución del flujo que han afectado la región durante varios años, los estudios aún no han evaluado la importancia de sus glaciares en la generación de escorrentía. A través del monitoreo isotópico, estimamos la contribución del deshielo glaciar en la cuenca cabecera del río Allipén de los Andes húmedos (entre 38°40'S y 39°S). Realizamos mediciones isotópicas de $\delta^{18}O$ y δ^2H de manera estacional durante tres temporadas en nieve, deshielo glaciar, lagunas, manantiales y corrientes superficiales en cuencas anidadas. Los datos de isótopos estables se analizaron en un marco bayesiano utilizando el modelo MixSIAR, donde se incorporaron relaciones espaciales y temporales. Los resultados indican que las respuestas de las cuencas anidadas varían. La contribución de los manantiales es prominente en tres de las cuatro cuencas anidadas a lo largo del período analizado. En una de las cuencas, las lagunas corresponden a la fuente contribuyente principal. Además, la contribución del deshielo glaciar alcanzó hasta un 30% en otra de las cuencas anidadas. Mientras tanto, la precipitación fue menos importante en todas las cuencas. Al analizar la cuenca completa (sin el enfoque de cuencas anidadas), los resultados muestran el dominio de las contribuciones de manantiales como la fuente principal, variando entre 56% y 62%, seguido por lagunas, que varían entre 13,5% y 23%. En contraste, el deshielo glaciar varía entre 11% y 18%, aunque solo cubre aproximadamente el 1,5% del área total de la cuenca. Estos resultados muestran la variabilidad de los procesos hidrológicos en diferentes escalas espaciales y la importancia de pequeños glaciares de montaña en las cuencas de los Andes húmedos. Además, el análisis de las variables físicas de las cuencas permite identificar la importancia del paisaje volcánico en la dinámica hidrológica de la región. Nuestros resultados sugieren que, debido al cambio climático, es necesario evaluar y cuantificar los cambios en la dinámica del flujo en regiones húmedas, especialmente en cuencas que reciben contribuciones significativas de glaciares en retroceso. Estos resultados permitirán la identificación de nuevos puntos y técnicas de monitoreo para discriminar y cuantificar la contribución de diferentes fuentes y la identificación de áreas o procesos hidrológicos relevantes en términos de conservación o manejo integrado.

Keywords: Glaciar de montaña, Hidrología, Andes húmedos

24

TN461HL

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Thomas Loriaux

El glaciar cubierto Pirámide: un estudio integrado

El glaciar cubierto Pirámide: un estudio integrado

Thomas Loriaux¹, Jorge Berkhoff³, David Farias-Barahona²

(1) Universidad de Santiago de Chile(2) Universidad de Concepción, Chile(3) Universidad de Erlangen-Nuremberg, Alemania

El glaciar Pirámide (33.58°S, 69.89°O, 4.40 km²) es uno de los glaciares cubiertos más extensos de Chile central. Se encuentra ubicado en la cuenca superior del río Yeso, afluente andino del río Maipo, entre 3260 y 5000 m s.n.m., y tiene una longitud de 7,5 km. El glaciar está casi totalmente cubierto por una capa detrítica, que puede superar 1 metro de espesor. Estos detritos reducen las tasas de ablación ya que son similares a las observadas en glaciares descubiertos de mayor elevación, y 50% menor a glaciares ubicados en los mismos rangos altitudinales. Presentamos aquí resultados preliminares de un estudio integrado, cubriendo el periodo 2012-2024 e incluyendo datos LiDAR de elevación, balance de masa geodésico, velocidad superficial, inventarios de lagunas y paredes de hielo supraglaciares. Aunque la posición del frente parece ser estable, se ha observado desintegración en la superficie del glaciar, a través el retroceso de paredes de hielo, alcanzando una tasa máxima observada de 8 ma⁻¹. Esta tasa podría ser mayor, al momento de corregirla con el desplazamiento de la superficie durante el mismo periodo. El balance de masa geodésico muestra un cambio promedio de elevación de -0,7 ma⁻¹. Este puede alcanzar localmente los -10 ma⁻¹ donde ocurren sistemas de lagunas supraglaciares y paredes de hielo. Análisis de la cobertura de las lagunas y de las paredes de hielo, con respecto a la velocidad superficial y a la topografía, debería mejorar nuestra comprensión de sus dinámicas. Y la cuantificación de su contribución a la ablación del glaciar podría ayudar a calibrar las modelaciones de balance de masa para estos glaciares.

Keywords: Glaciar cubierto, Balance de masa geodésico, Lagunas supraglaciares, Paredes de hielo

Financing: ANID Anillo ACT210046.

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Marcelo Marambio

Efecto histórico del carbono negro y los cambios morfológicos de la nieve en el albedo superficial

Efecto histórico del carbono negro y los cambios morfológicos de la nieve en el albedo superficial

Marcelo Marambio^{1,2}, Irina Rogozhina¹, Francisco Cereceda²

(1) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, Raúl Bitrán 1305, La Serena, Chile(2) Universidad Técnica Federico Santa María, Centro de Tecnologías Ambientales, Bari 699 of. 312, Valparaíso, Chile

La nieve es una de las principales fuentes de agua dulce en la zona norte y centro de Chile, la cual abastece los caudales de sus ríos durante los meses de primavera y verano. El cambio climático y las actividades antrópicas han afectado la disponibilidad del recurso, debido al temprano derretimiento de nieve y a la disminución sostenida de las precipitaciones. Existe evidencia de que las partículas absorbentes de luz (LAPs, por sus siglas en inglés) tienen un efecto negativo en la nieve, debido a que aumentan su albedo superficial, absorbiendo una mayor cantidad de energía proveniente del sol. Este efecto se traduce también en una menor persistencia de nieve .

El objetivo de este trabajo es modelar el efecto de las LAPs en el albedo de nieve. Se incorporan datos de carbono negro (BC) obtenidos de reconstrucciones de testigos de hielo a nivel mundial, disponibles en la literatura, para estudiar la evolución del albedo de nieve en las últimas décadas y calibrar el modelo. Adicionalmente, se modela el efecto de los cambios en la composición de la nieve en el albedo durante el período 2017 – 2023 en la cuenca de Portillo, región de Valparaíso, utilizando datos de Reanálisis ERA5 como entrada. Para esto, se utiliza el modelo SNICAR, incorporando parámetros como densidad de nieve, diámetro de partículas, morfología de grano y concentración de LAPs en la nieve. Estos cambios en las propiedades físicas de la nieve se simulan a través de SNOWPACK, el cual es un modelo de capa de nieve y superficie del suelo de código abierto para su uso en una variedad de escenarios.

Los resultados preliminares indican una tendencia al aumento, con menor o mayor intensidad. La zona de Law Dome en la Antártica no presenta variación en su tendencia durante los años 1850 a 2003, lo que puede ser producto de su bajo nivel de actividades antrópicas y su lejanía respecto a los puntos de mayores emisiones. En el caso de los Himalayas, para el período 1868 – 2000, presentó una disminución cercana al 3.5%; en los Andes de Bolivia, entre los años 1750 y 2000, esta tendencia alcanzó un 6%. En los Alpes, Italia, se puede observar el más claro efecto del BC y su influencia en el aumento del albedo de nieve en las últimas décadas, el cual ronda el 15% para el período 1750 – 2012.

Keywords: Albedo, Nieve, Carbono Negro, SNICAR, SNOWPACK

Financing: Este trabajo ha sido financiado por el proyecto ANILLO ACT210021

El Glaciar Grey se encuentra ubicado geográficamente en los 51° 01' latitud sur, 73° 12' longitud oeste. Corresponde a una lengua sureste de los CHS, en la zona norte del PNTP en la Región de Magallanes y Antártica Chilena. En 1996 tenía una superficie total de 252,9 km² y una longitud de 29 km (Rivera y Casassa, 2004).

A lo largo del tiempo, las variaciones climáticas han influido en la extensión y el comportamiento del Glaciar Grey. Cambios en la temperatura y los patrones de precipitación han afectado el avance y retroceso del glaciar, dejando marcas en el paisaje y contribuyendo a su evolución geológica.

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra, que pueden ser causados tanto por procesos naturales como por actividades humanas. Sin embargo, en el contexto contemporáneo, el término "cambio climático" suele utilizarse para referirse específicamente al cambio climático antropogénico, es decir, aquel causado por las actividades humanas que liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero y aerosoles a la atmósfera.

El fenómeno de El Niño, puede tener impactos significativos en el Glaciar Grey y en los glaciares en general. Por otra parte, el cambio climático global está provocando un aumento de las temperaturas en distintas partes del mundo, incluida la región de Magallanes. Este aumento de las temperaturas puede acelerar el derretimiento de los glaciares. Como resultado, se espera que el glaciar retroceda y pierda masa de hielo a lo largo del tiempo.

Durante un evento de El Niño, se observa un calentamiento anómalo de las aguas del océano Pacífico ecuatorial. Esto puede tener efectos en los patrones climáticos globales, incluida la Patagonia. En algunos casos, los eventos de El Niño pueden resultar en un clima más cálido y seco en la región, lo que podría acelerar el derretimiento del Glaciar Grey.

De acuerdo a la metodología propuesta para este trabajo, se emplearán imágenes satelitales y también Sistema de Información Geográfica (SIG). Para ello utilizaremos 4 tipos de sensores, de la plataforma USGS, donde se empleará MSS, TM, ETM Y OLI. Se utilizarán distintos eventos del Niño, como los de 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016, y su relación con el impacto del Fenómeno de la Niña, la recopilación de todos esos antecedentes, será para estudiar el retroceso del Glaciar Grey.

Para finalizar este trabajo se realizará una maqueta representativa del Glaciar Grey, como apoyo visual y material didáctico, para así lograr evidenciar de manera gráfica el efecto de El Niño y los distintos factores climáticos, que han provocado un retroceso del glaciar.

La forma de realizar esta maqueta, es mediante curvas de nivel y modelos de elevación digital (DEM), en Qgis y posteriormente un retrabajo de esos datos con AutoCAD, para luego utilizar una cortadora láser propia de la universidad, que representa la volumetría y de esta manera ver el retroceso que ha ido experimentando el Glaciar Grey en las últimas décadas.

Keywords: Glaciar Grey - Cambio climático - Fenómeno del niño - Retroceso glaciar

Financing: El proyecto será financiado por la Universidad Central de Chile, mediante un concurso de "Fondos Concursables", que tiene como objetivo apoyar investigaciones de los estudiantes y costear implementación de las mismas. Además, se incluirá financiamiento propio.

Acknowledgments: En primera instancia agradecemos a la Universidad Central, por motivar a los estudiantes a generar proyectos y que sean partícipes de instancias tan enriquecedoras como ésta, favoreciendo el conocimiento. También agradecer a los estudiantes y profesores involucrados en la investigación.

27

HR773SC

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Javier Medina Mendoza

Tendencia de la cobertura de nieves nacional sobre una nueva base de datos a partir de MODIS en el período 2000-2023

Javier Medina Mendoza¹, Freddy Saavedra¹, Ana Hernández Duarte¹, Pablo Ernesto Arancibia Ramos¹

(1) Universidad de Playa Ancha, Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Subida Leopoldo Carvallo 270, 2360004 Playa Ancha, Valparaíso, VALPARAISO, Chile

En este trabajo se analizó la variabilidad espacio-temporal de la cobertura de nieve en 101 cuencas del territorio chileno utilizando imágenes de los satélites Terra y Aqua. Se fusionaron las imágenes de ambos productos para reducir la interferencia de nubes y se estableció la frecuencia de nieve por pixel a lo largo del período de estudio. Se seleccionaron 46 cuencas con al menos un 5% de cobertura promedio o un 5% de frecuencia de nieve anualmente para representar la línea de nieve.

Se encontraron áreas con disminución significativa en la frecuencia anual de nieves, especialmente entre las latitudes 29-34° S, y aumento en las Macrozonas Sur y Austral. Sin embargo, se advierte que la presencia de nubes podría afectar estos datos, destacando la necesidad de reducir su interferencia para obtener conclusiones más precisas. Se estableció una representación de la línea de nieve promedio anual en las cuencas seleccionadas, mostrando el mayor aumento de altura en el norte de la Macrozona Central (29-34° S), con valores entre 20-30 metros por año.

Al sur de 40° S, la presencia de nubes es significativa, lo que sugiere la necesidad de explorar metodologías adicionales para mejorar la información de la cobertura terrestre en estas condiciones.

Keywords: Remote Sensing, Snow Cover

28

TJ531RT

Area: Hidrología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Miguel Moraga Chaura

Contribución de las zonas de acumulación preferencial de nieve a la escorrentía durante el periodo estival en la zona centro-sur de Chile

Miguel Moraga Chaura¹, Sebastián Krogh²

(1) Universidad de Concepción, Doctorado en Recursos Hídricos y Energía para la Agricultura, Facultad de Ingeniería Agrícola, Avda. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile(2) Universidad de Concepción, Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Avda. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile

La nieve acumulada en la Cordillera de los Andes juega un rol esencial en la disponibilidad hídrica. Gran parte de la escorrentía en las cuencas precordilleranas proviene del deshielo, abasteciendo a los ecosistemas, uso humano, y el sector productivo del país. Los Andes chilenos se caracterizan por una topografía escarpada, con grandes gradientes de elevación y variados usos de suelo. Estas características resultan en dinámicas de acumulación y derretimiento de nieve heterogéneas, con flujos de masa y energía fuertemente afectados por procesos de sombra de las laderas, redistribución de nieve por viento, avalanchas e interceptación de nieve por la vegetación. Las zonas de acumulación preferencial de nieve producto de avalanchas o transporte de nieve por viento contribuyen a la escorrentía mediante su deshielo hacia finales de la primavera e incluso durante el verano; sin embargo, las condiciones en las cuales estas ocurren, su contribución a la escorrentía, y el rol que juegan sosteniendo los caudales estivales no ha sido estudiada. El objetivo de esta investigación es estudiar y cuantificar el rol que cumplen las zonas de acumulación preferencial de nieve en la escorrentía estival, y determinar los factores que controlan su magnitud y duración. La zona de estudio es la cuenca piloto del estero Renegado, ubicada en las laderas del complejo volcánico Nevados de Chillán, Región del Ñuble. Para la caracterización del manto nival se utiliza el modelo de base física "Canadian Hydrological Model" (CHM) el cual permite la representación de los procesos físicos relevantes utilizando una grilla triangular irregular (TIN). Este tipo de grilla permite una gran resolución espacial donde existe un mayor gradiente topográfico, como en la parte alta de la cordillera, manteniendo una resolución espacial moderada en los valles donde la variabilidad es menor, siendo así computacionalmente eficiente. El modelo se validará con datos observados de profundidad de nieve con LiDAR terrestre, rutas de nieve, e imágenes satelitales de cobertura nival. Los datos meteorológicos observados serán complementados con simulación atmosférica utilizando el modelo WRF a 4-km de resolución espacial, disponible durante el periodo 2001-2020. El trabajo detalla la propuesta metodológica del estudio, la revisión bibliográfica, sus alcances y limitaciones. Esta investigación ayudará a entender la importancia de los procesos de redistribución de nieve en la cordillera y cómo estos afectan la generación de escorrentía durante los periodos de mayor demanda hídrica en los Andes chilenos.

Keywords: Andes chilenos, Redistribución de nieve, Escorrentía de deshielo, Dinámica nival, Modelación

Financing: Esta investigación ha contado con el apoyo de Fondecyt de Iniciación N° 11230787, VRID de Iniciación N° 2022000427 y Beca de Doctorado Nacional ANID N° 21230393.

(1) Universidad de Concepcion, Facultad de Ingeniería Agrícola, Av. Vicente Mendez 595, Chillan, Chile(2) Universidad de La Frontera, Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Medioambiente, Temuco 4780000, Temuco, Chile(3) Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia, Coyhaique, Chile(4) Universidad de Concepcion, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Victor Lamas 1290, Concepcion, Chile(5) Universidad del Desarrollo, Facultad de Ingeniería, Avenida Plaza 600, Santiago, Chile

Como consecuencia del cambio climático antropogénico, los glaciares muestran una reducción continua a escala mundial, con un consenso que apunta a que algunos podrían desaparecer por completo en las cordilleras durante este siglo. La pérdida de masa glaciar repercute sustancialmente en la subida del nivel del mar, los peligros naturales, los ecosistemas y la seguridad hídrica. Los cambios de los glaciares en todo el mundo no son lineales, lo que dificulta la definición a priori de las regiones en las que los glaciares podrían llegar a permanecer en los actuales escenarios de cambio climático. Por lo tanto, disponer de un indicador de la vulnerabilidad de los glaciares al cambio climático proporciona una visión adicional de las condiciones futuras de los glaciares. La dinámica de los glaciares está fuertemente controlada por su geometría. Esta característica influye en el flujo de hielo, el equilibrio de fuerzas y el acceso al aguas cálidas en el frente de glaciares de terminación marina y lacustre. Las evidencias actuales muestran que la configuración geométrica de los glaciares puede limitar la propagación del adelgazamiento flujo arriba.

Esta investigación se centra en campos de hielo de la Patagonia (46,2-51,5°S), un territorio cubierto por aproximadamente 15.900 km² de glaciares, destacando como la principal reserva de agua dulce de origen glaciar en el hemisferio sur fuera de Antártica.

Además, representan la reserva más importante de la cordillera de los Andes en Sudamérica. En las últimas décadas, ha sido una de las zonas con mayor pérdida de masa a nivel mundial debido al cambio climático. En esta región, la comunidad científica aún no ha explorado el papel de la geometría glaciar en la evolución de los glaciares y su relevancia como indicador de vulnerabilidad. En esta investigación, planteamos como hipótesis que la geometría del flujo de hielo controla los cambios en los glaciares de Campos de Hielo de la Patagonia. Los objetivos son 1) analizar la relación entre la geometría de los glaciares y sus cambios, y 2) determinar las regiones vulnerables al adelgazamiento a través del estado geométrico del flujo de hielo.

Para llevar a cabo esta investigación, estudiamos los 45 glaciares de terminación marina y lacustre de campos de hielo de la Patagonia. Se utilizó el número de Péclét (Pe) basado en el modelo de onda cinemática difusiva para determinar el estado geométrico de los glaciares y como métrica de la vulnerabilidad de los glaciares al adelgazamiento difusivo. Los glaciares con $Pe \leq 8$ sufrieron un mayor adelgazamiento y retroceso, sugiriendo un límite empírico que cubre más del 90% del adelgazamiento del hielo. Alrededor del 53,52% del flujo total de hielo de los glaciares de PI está por debajo del límite de vulnerabilidad, lo que indica que estas regiones podrían seguir adelgazando en el futuro. Por lo tanto, el estado geométrico es crucial para identificar regiones vulnerables al adelgazamiento y buscar refugios de cambio climático para glaciares bajo los actuales escenarios climáticos.

Keywords: Vulnerabilidad glaciar, Campos de hielo de la Patagonia, Geometría glaciar, Límite de adelgazamiento

Financing: Somos financiados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) a través del Anillo (ACT210080), ANID Fondecyt Regular (1230433) y el Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería, CRHIAM (ANID/FONDAP/1523A0001).

Acknowledgments: Agradecemos el apoyo de la Universidad de Concepción, Universidad de La Frontera, Universidad del Desarrollo, y de la National Geographic Research Grant (Changing Landscapes: From glaciers to lakes).

30

BF863PP

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Felipe Moreno

Differences in responses of glaciers at different latitudes in Central Chile (29°S - 36°S) to megadrought conditions

Differences in responses of glaciers at different latitudes in Central Chile (29°S - 36°S) to megadrought conditions

Felipe Moreno^{1,2}, Gabriel Ureta^{1,4,5}, Álvaro Ayala², Irina Rogozhina^{2,3}

(1) Departamento en Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Av. Angamos 0610, Antofagasta, Chile. (2) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), La Serena, Chile. (3) Norwegian University of Science and Technology, Department of Geography, Norway. (4) Millennium Institute on Volcanic Risk Research – Ckelar Volcanoes, Universidad Católica del Norte, Avenida Angamos 0610, Antofagasta, Chile. (5) Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Desde el año 2010 los Andes Centrales han sufrido la denominada "megasequía", la cual ha afectado de manera significativa a los glaciares ubicados en esta región, provocando acelerados deshielos y retrocesos de estos cuerpos, así como una menor disponibilidad de agua para los habitantes y las actividades agrícolas en los valles centrales. Sin embargo, ¿aún persiste esta denominada megasequía?

El objetivo de este estudio es comprender los impactos de la megasequía en los principales glaciares de Chile Central (29°-36°S) para el periodo comprendido entre 2010-2024, utilizando como referencia los glaciares El Tapado (30°S), Juncal Norte (33°S), Universidad (34°S) y Nevados de Chillán (36°S).

Esto se llevó a cabo realizando cálculos y la reconstrucción de variaciones de área, utilizando imágenes satelitales obtenidas de Planet Scope y Rapid Eye con resoluciones de 5 y 3 m, respectivamente. A partir de la combinación de estas imágenes satelitales se realizó un análisis de la cobertura detrítica. Sin embargo, para el glaciar El Tapado, en los años 2010, 2012 y 2020, se utilizaron imágenes Pléiades y GeoEye, con resoluciones de 0,5 m. Estas imágenes fueron utilizadas para el mapeo automático, comparación de error con otros satélites de menores resoluciones, y para el análisis exclusivo de la variación histórica de las lagunas supraglaciares e *Ice cliffs* (por su traducción en inglés), en la zona cubierta de este glaciar. Además, se realizó una caracterización temporal de imágenes obtenidas mediante aerofotogrametría de drones para los periodos 2022, 2023 y 2024. Los resultados preliminares revelan una disminución promedio del 2-3% en el área glaciar de El Tapado, para el periodo 2010-2015, mientras que para los periodos desde 2015 en adelante estas tasas de retroceso disminuyen entre un 1% y 2% por año. Se esperan resultados de reducción similares para las otras áreas de estudio y que estas disminuciones sean menos agresivas a medida que nos acercamos a zonas más australes dentro de la región de Chile Central.

Keywords: Teledetección, Andes Centrales, Glaciares.

Financing: Este proyecto ha sido apoyado parcialmente por el proyecto Anillo ACONCAGUA como preparación para su segunda etapa de implementación.

Acknowledgments: Agradezco a CEAZA por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi práctica profesional y memoria allí. A los doctores: Álvaro Ayala por su orientación durante mi práctica, Gabriel Ureta e Irina Rogozhina por guiarme en mi proceso de tesis.

BM485FN

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Luis Muñoz Mancilla

Desarrollo de geomorfología erosiva y depositacional en el valle Santa Lucía: Implicancias en la evolución glaciaria desde el Último Máximo Glaciar, brazo poniente del Lago O'Higgins

Desarrollo de geomorfología erosiva y depositacional en el valle Santa Lucía: Implicancias en la evolución glaciaria desde el Último Máximo Glaciar, brazo poniente del Lago O'Higgins

Luis Muñoz Mancilla¹, Francisco Fernandoy Pedreros^{1,2,3}

(1) Universidad Andrés Bello, Geología, Ingeniería(2) Instituto Chileno de Campos de Hielo Sur(3) Laboratorio de Análisis Isotópico (LA)

La Patagonia chilena, sufrió diversos periodos de grandes glaciaciones en el pasado geológico, evidenciándose en morfologías que fueron producidas por el avance y retroceso de los glaciares. En la expedición realizada el objetivo era estudiar la evolución del desarrollo de la geomorfología erosiva y depositacional del sector "Santa Lucía", brazo Poniente del Lago O'Higgins, Campo de Hielo Sur, desde el periodo del Último Máximo Glaciar al presente.

La geomorfología a gran escala se destaca por los circos glaciares, valles colgantes, aristas, cuernos, valles colgantes, *whaleback* (espalda de ballena) y hombreras glaciares, indicando los distintos niveles de los glaciares en el proceso de retroceso. Por otra parte los procesos erosivos a meso escala se evidenciaron en la roca *in situ*, encontrando estructuras de desgarre con fracturas lunares (*lunate*), canales subglaciares sin depósitos de till, y por último estrías glaciares, a partir de cuyos datos (dirección, ángulo y *rake*), se puede inferir que la dirección del flujo en el valle los glaciares Mellizo Sur y Bravo fue desde el noroeste.

El sistema de morrenas frontales más antiguo (M1), que está cubierta por vegetación y árboles, presenta una gran dimensión en el frente glaciario. Por otro lado tenemos el sistema de depósitos de morrenas más nuevas, compuesta por morrenas con el nombre de "baja amarillas" (M2), que presentan una gran variedad de tamaño de los clastos, incluyendo material arcilloso. En las morrenas nombradas "baja gris" (M3) predomina el tamaño de grava.

En el sistema de morrenas laterales, se destacan dos, por un lado la morrena lateral alta (MLA), a unos 800 m s.n.m., presentando una clara línea de vegetación, marcando la terminación de la Pequeña Edad de Hielo. Además se observan cárcavas en esta morrena. También está presente la morrena lateral baja (MLB), que se presenta como más reciente que la MLA, con una gran variedad de tamaño de clastos y composición, a una altura de 250 m s.n.m.

Por otra parte, la geomorfología depositacional a meso escala, se destaca los canales subglaciares con la presencia de depósitos de till, presentando gran cantidad de arcilla en su matriz, con diferente composición de los clastos, grado de redondez subanguloso, esfericidad subprismática, y grado de selección moderadamente seleccionado. Su textura es clasto-soportado, presentando una composición de roca ígnea (tonalita, granito) y metamórfica (pizarra y filita en gran medida).

Por último, se realizó una correlación de morrenas laterales en el valle Santa Lucía. En la ladera norte, donde estaba establecido el campamento, se encontraron distintos niveles de morrenas, a saber 6 niveles de morrenas laterales de gran tamaño, con composición metamórfica, ígnea y volcánica. En la ladera sur, se encontró los mismos niveles de morrenas, con la misma composición y tamaño de clastos, pudiendo correlacionar ambas morrenas, indicando el flujo y unión de los glaciares en el pasado.

Keywords: Geomorfología, Glaciología, Morrenas, Estrías Glaciares, Campos de Hielo Sur

Financing: Instituto Chileno de Campos de Hielo Sur

Acknowledgments: Quiero agradecer a mi familia, a mi madre, padre y mi hermano, también agradecer al Profesor Francisco Fernandoy y al Instituto Chileno de Campos de Hielo Sur por la oportunidad de realizar este trabajo

El glaciar Trinidad, en Campo de Hielo Sur, es uno de los pocos glaciares que se encuentran avanzando en Chile y el mundo. Este avance es una excepción en la dinámica de retroceso generalizada de los glaciares del Campo de Hielo Sur. Su frente desemboca en tierra, siendo el único glaciar en avance con esa característica en Sudamérica y uno de pocos a nivel mundial. Lo que hace particularmente interesante al glaciar Trinidad, es que se trata de un lugar donde se puede comprender como un glaciar en avance transforma el paisaje, ya sea mediante la erosión del terreno, el desplazamiento de sedimentos o la destrucción de bosques. Poder observar eso nos puede ayudar a entender cómo fueron los cambios que tuvieron lugar cuando los glaciares avanzaron masivamente en la Pequeña Edad del Hielo o la Última Glaciación.

El glaciar Trinidad parece estar condicionado a la dinámica de su gran vecino, el Pío XI. Los dos glaciares tienen su zona de acumulación en el Altiplano Caupolicán. Eso significa que la dinámica del glaciar Trinidad depende en gran parte de los cambios de elevación de este altiplano. Elevación que está influenciada por el balance de masa del glaciar Pío XI. Aun así, hay mucho que descifrar, pues el área de acumulación del glaciar Trinidad sigue sin estar bien delimitada. Habiendo descartado el comportamiento propio de los glaciares galopantes (surge), parece más probable que las dinámicas de ambos glaciares estén relacionadas con el ciclo de los glaciares desprendentes. No obstante son pocas las investigaciones que abarcan este tema y no ha habido ningún estudio que se haya enfocado en la dinámica del glaciar Trinidad.

El objetivo de este estudio es caracterizar el glaciar Trinidad, estableciendo las posibles causas de su avance, reconstruyendo su dinámica histórica y calculando los cambios frontales para el periodo 1945-2022. Para ello se han utilizado técnicas fotogramétricas para generar DEMs a partir de fotografías aéreas históricas y levantamientos fotogramétricos con UAVs (Unmanned Aerial Vehicles). Con eso, y junto a los productos DEM satelitales e imágenes satelitales disponibles, se ha obtenido una serie comparativa histórica de DEMs que permite analizar la dinámica especial de crecimiento del glaciar Trinidad. En esta primera fase del estudio se ha podido inferir que entre 1945 y 1976 el glaciar Trinidad sufre un cambio drástico en su dinámica, pasando de una fase estable o incluso de lento retroceso a un marcado avance. En 1981 el glaciar alcanza la vertiente opuesta del valle y se divide en dos frentes, el principal que avanza por tierra en dirección noroeste y el secundario que crece más lentamente en sentido suroeste. El frente principal se engrosa claramente y avanza 2.150 m en el período 1981-2018, lo que supone una tasa de avance de 58,1 m/año o 15,9 cm/día. El frente secundario bloquea la salida del valle y genera un lago proglacial a finales de 2021, lo que implica una interacción agua/hielo con dinámicas propias de frentes desprendentes.

Keywords: Glaciar Trinidad, DEM, Ciclo de los glaciares desprendentes, Fotogrametría, Avance glaciar

Análisis de las variaciones areales históricas y recientes de los glaciares emplazados en las sub-subcuencas río Volcán y río Yeso, y caracterización de la cobertura nival del territorio, región Metropolitana de Santiago, Chile.

Análisis de las variaciones areales históricas y recientes de los glaciares emplazados en las sub-subcuencas río Volcán y río Yeso, y caracterización de la cobertura nival del territorio, región Metropolitana de Santiago, Chile

KATHERINE OLIVA MUNOZ¹, Daniela Carrión², Isabella Ciocca², Alejandra Espinoza², Jorge Huenante², Heraldo Leyton²

(1) Universidad Austral de Chile, Escuela de Geología, Facultad de Ciencias, Independencia 631, Valdivia, Chile(2) Dirección General de Aguas, División de Hidrología, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Morandé 59, Of. 826, Santiago, Chile

El presente trabajo corresponde a un análisis de las variaciones areales históricas y recientes de 4 glaciares de Chile ubicados en la macrozona glaciológica centro del país, específicamente en la cuenca del río Maipo, sub-subcuencas del río Yeso (glaciares Bello, Pirámide y Echaurren Norte) y río Volcán (glaciar San Francisco). Este estudio, se integra con la caracterización de cobertura nival del último año hidrológico (01/04/2022 al 31/03/2023) para las sub-subcuencas en la que se encuentran insertos estos glaciares, los cuales fueron seleccionados por su significancia en términos glaciológicos, climáticos, hidrológicos, de superficie relativa, y también según su influencia en la población y economía de la región.

El estudio de estos glaciares incluye la evaluación de los cambios de área y variaciones frontales entre los años 1955 y 2023, con el objetivo de sistematizar, completar y actualizar los estudios existentes, haciendo uso principalmente de herramientas de percepción remota satelital, sumado a técnicas de análisis digital y diversas fuentes de datos y estudio complementarios.

Los principales resultados indican que el glaciar con mayor pérdida de área es el Echaurren Norte con un 63% seguido por el glaciar Bello que ha disminuido su superficie en un 40%. Dichos porcentajes equivalen a 0,30 km² y 2,57 km², respectivamente, y son calculados a partir de una comparación sistemática entre los períodos catastrados. Mientras tanto, el glaciar San Francisco presenta una reducción areal correspondiente a un 31% (0,68 km²), y el glaciar Pirámide una disminución del 29% (1,88 km²).

Estos resultados evidencian un comportamiento de pérdida areal, que va acompañado por el aumento de fragmentaciones en el cuerpo principal del glaciar y exposición de nuevos *nunataks*.

En cuanto a la evolución espacial de la cobertura nival, ésta fue similar para ambas sub-subcuencas en estudio, lo cual es esperable debido a su proximidad. Si bien los resultados son consistentes de acuerdo con el factor estacional, también es posible observar ciertas fluctuaciones que se desencadenan por factores meteorológicos (fenómeno el Niño-Oscilación del Sur, ríos atmosféricos, entre otros), y que influyen en las variaciones de la cobertura nival. Junto a lo anterior, se observa que algunos de los sectores con mayor persistencia de nieve coinciden con la ubicación de los glaciares que allí se encuentran y también con áreas más elevadas. De esta manera, la importancia de la cobertura nival radica en su relevancia para contrarrestar los factores que provocan el retroceso glaciar (relacionados principalmente al cambio climático - disminución de precipitación y aumento de temperatura - y al efecto albedo asociado, ligado al aumento natural como potencialmente antrópico de material particulado en la macrozona glaciológica centro), y, en consecuencia, contribuir a la permanencia de estos glaciares.

La relevancia que adquiere la protección y la realización del monitoreo de los glaciares y nieves en Chile es crucial, ya que permite obtener información de alto valor, y argumentos sólidos para que las autoridades tomen decisiones acerca del territorio, sobre todo comprendiendo que la cobertura nival y los glaciares constituyen valiosas reservas de recurso hídrico, elemento vital para la vida.

Keywords: Retroceso glaciar, Cobertura nival, Teledetección, Recurso hídrico

Financing: Informe realizado por la Subdivisión de Glaciología y Nieves, Dirección General de Aguas (DGA), en contexto del Anuario Glaciológico 2022-2023, presentado por Katherine Oliva como requisito de aprobación de la práctica profesional, malla curricular de Geología, Universidad Austral de Chile.

Acknowledgments: Agradecimientos al equipo de la Subdivisión de Glaciología y Nieves, por la gran labor que realizan en el monitoreo de glaciares de Chile, por transmitir sus conocimientos y relevar la importancia de la glaciología en nuestro país.

DP794TS

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Fernanda Osorio Olguín

Variación areal histórica de 25 glaciares en Chile

Variación areal histórica de 25 glaciares en Chile

Fernanda Osorio Olguín¹, Daniela Carrión², Katherine Oliva³, Isabella Ciocca², Alejandra Espinoza², Jorge Huenante²

(1) Universidad Católica de Temuco, Obras Civiles y Geología, Facultad de Ingeniería, Rudecindo Ortega 2950, Temuco, Chile(2)

Dirección General de Aguas, División de Hidrología, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Morandé 59, Of. 826, Santiago, Chile(3)

Universidad Austral de Chile,, Escuela de Geología, Facultad de Ciencias, Independencia 631, Valdivia, Chile

El presente trabajo corresponde a una síntesis de las variaciones areales históricas de 25 glaciares en Chile, registrado durante las últimas 5 décadas. El objetivo principal de este estudio es completar, actualizar y sistematizar la información existente al año 2023, haciendo uso principalmente de herramientas de percepción remota a base de análisis de imágenes satelitales, sumado a técnicas de análisis digital. En cuanto a los glaciares seleccionados, estos se distribuyen en las 4 macrozonas glaciológicas: norte, centro, sur y austral, según su significancia en términos climáticos, hidrológicos y de superficie relativa, por lo que, para efecto de este estudio, son considerados representativos de la enorme heterogeneidad glaciológica del país.

A partir de los resultados obtenidos se determina una tendencia generalizada de reducción areal, lo que, según ha sido reportado previamente, está asociado al aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones, como causa principal. Las variables que controlan el comportamiento de los glaciares varían según macrozona: En la macrozona norte, el clima está afectado por el monzón sudamericano con influencia amazónica y atlántica, junto con el clima extremadamente seco y prevalencia de cielos despejados, lo que resulta en alta radiación solar y pérdida de masa por sublimación. En la macrozona centro y sur el retroceso glaciar resulta en un aumento del material particulado natural y potencialmente también proveniente de actividades antrópicas, con una disminución de albedo y un aumento de la absorción de radiación solar. En la macrozona sur existe en algunos glaciares una afectación por actividad volcánica, tanto por el factor geotérmico que puede afectar las laderas de volcanes, como por el material particulado emitido en erupciones (ceniza). Es importante destacar que la ceniza no solo favorece un balance de masa negativo, sino que con un espesor considerable (superior a unos 10 cm), puede ayudar a proteger el glaciar, tal como ocurre con los glaciares del volcán Villarrica. Finalmente, en la macrozona austral, la variación de los frentes glaciares se puede ver controlada también por la interacción con lagos y fiordos, y transporte de material morrénico en frentes terminales, lo cual puede amplificar el retroceso, o bien en algunos casos incluso resultar en avance. Un caso interesante de analizar es lo que sucede con el glaciar Pío XI, el mayor glaciar de los Andes, que, de forma contraria a la tendencia regional, es el único glaciar de los 25 que ha avanzado en el periodo de 50 años, aumentando su área en un 3%, relacionado probablemente con la interacción de su frente en el fiordo Eyre. Aunque otras hipótesis han relacionado este comportamiento anómalo a actividad volcánica, surge, variación en la presión hidrostática en la base del glaciar y aumento de precipitaciones locales.

Los resultados dejan en evidencia un futuro poco favorable para los glaciares estudiados a nivel nacional, que, de continuar las tendencias de aumento de temperatura y disminución de precipitaciones en gran parte del país, seguirán reduciéndose y retrocediendo.

Keywords: Variación areal, Glaciares, Teledetección, Cambio climático

Financing: Dirección General de Aguas (DGA), MOP.

Acknowledgments: Agradecimientos al equipo de la Subdivisión de Glaciología y Nieves, por la disposición a enseñar y por generar un grato ambiente de trabajo.

35

BG181LM

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Valentina Peña Santibáñez

Glacier insights: exploring QFuego-Patagonia's user-friendly web mapping Interface for science and community engagement

Glacier insights: exploring QFuego-Patagonia's user-friendly web mapping Interface for science and community engagement

Valentina Peña Santibáñez¹, Pamela Maldonado¹, David Fariás Barahona¹

(1) Fuego-Patagonia, Chile

The region of glaciers in Tierra del Fuego and Patagonia (hereinafter referred to as Fuego-Patagonia) extends from 45°S to 56°. It covers an estimated 22,000 km² and hosts the largest Southern Hemisphere icefield outside Antarctica. Moreover, most of its outlet glaciers have undergone significant retreat and thinning in recent decades.

Glaciers in Fuego-Patagonia respond rapidly to changes in climate and the environment. However, despite their importance to the ecosystem, there are still critical gaps in our understanding of glacier systems. These dynamic changes give rise to various phenomena, including increased debris coverage, landslides, glacial-lake outburst floods (GLOFs), and the expansion of proglacial lakes. The QFuego-Patagonia web mapping project aims to provide convenient online access without downloading the entire dataset (QFuego-Patagonia v.1), which includes a substantial volume of information such as satellite imagery, elevation data, and climate records. While ensuring efficient use of the data, our team empowers its expansive range of users to have more complete perspectives when confronting the complex challenges posed by climate and the environment, bringing scientific knowledge closer to the community and vice versa.

Leveraging Esri ArcGIS products, the QFuego-Patagonia interface serves as a data visualization and exploration platform. Our team has created seamless accessibility across various devices and screen sizes using ArcGIS Experience Builder. Users can easily navigate the dataset and perform rapid analyses, facilitating streamlined information access and swift decision-making. The dataset mapped in the user-friendly interface represents a significant advancement in studying glaciers and community engagement in Fuego-Patagonia.

Keywords: webmap, patagonia, dataset, ArcGIS Online

Financing: We acknowledge financial support from GEOMountains under the Adaptation at Altitude Programme (Project Number: 7F-10208.01.02).

Acknowledgments: We extend our sincere appreciation to the QFuego-Patagonia editorial board, developers, and data contributors for th invaluable contributions to this project.

Los Andes centrales de Chile y Argentina (~30-35°S) cuentan con diversos tipos de glaciares según su cobertura de detritos, tales como glaciares descubiertos, glaciares cubiertos y glaciares rocosos. Cambios en el porcentaje de cobertura pueden significar impactos estacionales en el suministro hídrico (Janke *et al.*, 2015). Según el último Inventario Público de Glaciares de Chile de la DGA, IPG2022_v2 (DGA, 2022), la región de O'Higgins alberga 776 glaciares, distribuidos entre 456 glaciaretos, 211 glaciares rocosos, 92 glaciares de montaña, y 17 glaciares de valle. Para profundizar en la caracterización de esta región, este trabajo complementó el IPG2022_v2 con criterios del Inventario Nacional de Glaciares (ING) de Argentina (IANIGLA-CONICET, 2018). Utilizando imágenes satelitales principalmente del año 2023, se revisó cada uno de los 776 glaciares para incluir 5 nuevos atributos extraídos del ING argentino, entre ellos, el origen glaciogénico o criogénico de los glaciares rocosos, y el porcentaje de cobertura de detritos en la zona inferior y en la lengua de los glaciares de montaña y de valle. Adicionalmente, se verificó la intervención antropogénica sobre los glaciares y el estado actual de los glaciaretos.

Los resultados obtenidos revelaron que 170 glaciares rocosos son de origen criogénico y 26 son de origen glaciogénico. Un tercio de los glaciares de montaña y de valle tiene más de un 90% de cobertura de detritos en la zona inferior y en la lengua, y otro tercio posee entre un 50 y 90% de cobertura. El 60% de los glaciaretos desaparecieron en los últimos 4 a 5 años. Además, se detectó intervención antropogénica en 5 glaciares.

Este trabajo es el primer inventario regional de glaciares integrado entre Chile y Argentina, sentando las bases para futuros análisis trasandinos de la criósfera. Los hallazgos resaltan la importancia regional de la cobertura de detritos en la morfogénesis glaciaria. La rápida desaparición de glaciaretos destaca la necesidad de actualizaciones periódicas de los inventarios, evaluando la inclusión de nuevas unidades y atributos. La integración de criterios abre múltiples interrogantes sobre la dinámica de los glaciares de Chile central y su respuesta al cambio climático y la megasequía. Esta novedosa información es esencial para guiar políticas públicas asociadas a la conservación de ambientes de alta montaña.

Keywords: Región de O'Higgins, Inventario de glaciares, Glaciar rocoso, Glaciar cubierto por detritos, Clasificación de glaciares

Financing: Este trabajo incluye parte de la práctica profesional financiada por el Instituto de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de O'Higgins.

Acknowledgments: Al Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales (ICA3) de la Universidad de O'Higgins, a la Dirección General de Aguas (DGA) y al Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) por apoyar la realización de esta práctica profesional.

Area: Oceanografía de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Cristian Ricardo Rodrigo Ramirez

Avance del glaciar Trinidad y procesos sedimentarios fluvio-glaciomarinos en la cabeza del fiordo Exmouth, Patagonia Chilena: resultados preliminares.

Cristian Rodrigo¹, Ximena Contardo¹, Alfredo Herrera², Josefa Verdugo³, Cristóbal A. Rodrigo⁴

(1) Universidad Andrés Bello, Geología, Facultad de Ingeniería, Quillota 980, Viña del Mar, Chile(2) Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Oceanografía, Errázuriz Echaurren #254, Valparaíso, Chile(3) Aarhus University, Arctic Research Centre, Ole Worms Allé 1, Aarhus, Dinamarca(4) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica (CIGA), Programa de Magister en Ciencias Antárticas, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile

Desde el Último Máximo Glacial (UMG), los glaciares de la Patagonia han sufrido un retroceso general con algunos pequeños avances y períodos de detención. La contracción actual de los campos de hielo patagónicos sería consecuencia de los cambios en las tendencias climáticas expresadas en la disminución de las precipitaciones y aumento de las temperaturas medias superficiales, sin embargo, algunos glaciares outlet, que desembocan en ríos o directamente al mar, experimentan un avance significativo. Este es el caso del glaciar Trinidad (~49.42°S) ubicado en la parte central del Campo de Hielo Patagónico Sur (CHPS), el cual ha tenido, por ejemplo, un avance de 49 m/año en el período 1995-2000. Los estudios sobre su evolución y la asociación con la producción sedimentaria han sido escasos. El comportamiento "anómalo" del glaciar Trinidad, permite plantearse preguntas relacionadas con el efecto del avance del glaciar sobre el ambiente fluvio-glaciomarino y su influencia en los procesos sedimentarios marinos. Para contribuir a esclarecer estas interrogantes, es que, en noviembre de 2023, se realizó una expedición al fiordo Exmouth, donde se obtuvieron mediciones oceanográficas y geofísicas en la cabeza de éste, y se tomaron muestras de sedimentos del fondo marino y del área del delta en tierra. Los resultados preliminares muestran una influencia de plumas sedimentarias en la parte superficial de la columna de agua que alcanzaría unos 15-20 km desde la desembocadura fluvial hacia el interior del fiordo. La estratigrafía sísmica muestra que el espesor de los sedimentos glaciomarinos, en el fondo marino, aumenta desde la costa hacia el interior del fiordo, alcanzando un espesor máximo de ~5 m en el sector de su cabeza, desde unidades sedimentarias de facies más caótica y opacas, a laminadas y más transparentes, respectivamente. En la zona del delta fluvial submarino se observan una serie de canales que han sido producidos por el flujo sedimentario proveniente del río. Las observaciones terrestres indican que la producción sedimentaria ha sido variable, pero con períodos de mayor aporte que corresponderían a inundaciones repentinas de agua subglacial sobre el ambiente fluvial. Se apreció también la fuerza del glaciar en su avance, a través de la observación de sus prominentes morrenas frontales y la destrucción del bosque original. Los resultados indican que un glaciar en avance es capaz de entregar un importante volumen de sedimentos hacia el mar, y crear formas submarinas características como depósitos lobulados y canales, además de flujos de detritos en su delta.

Keywords: procesos sedimentarios, avance glaciar, geomorfología submarina, estratigrafía sísmica

Acknowledgments: Se agradece a los patrones y tripulación de las embarcaciones "Huracán" y "Pelagic", así como el equipo de profesionales y científicos embarcados.

Matias Ignacio Sepulveda Moyano¹

(1) Universidad de Concepción, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Victoria 486, Concepción, Chile

En Chile, los glaciares de la alta montaña son el sustento de agua dulce para las principales cuencas hidrográficas de la zona central durante periodos secos, cuando las temperaturas son más altas que la media anual y las precipitaciones se reducen considerablemente. En eventos anómalos de sequía extrema prolongada, como el evidenciado desde 2010 en el centro-norte del país, su derretimiento actúa como amortiguador de los efectos adversos que se producen sobre los ecosistemas.

Sin embargo, la fusión de estos cuerpos no es homogénea y está determinada por diversos factores, climáticos y morfológicos, que afectan la tasa de pérdida de masa, como capas de detritos (*debris-covered glaciers*), lagunas supra-glaciares o *ice cliffs*. Esta investigación busca analizar la influencia que ha ejercido la capa de detritos sobre el balance de masa en los Andes centrales de Chile (32° S a 35° S), entre 2015 y 2019.

Para ello, se utiliza como apoyo de investigación el Inventario Público de Glaciares (IPG2022_v2) proporcionado por la DGA, que contiene una base de datos de todos los cuerpos de hielo (tipología, área, altimetría, etc.), de los cuales fueron analizados 358 glaciares en la zona. A través de técnicas de *remote-sensing* y el uso de procesos automatizados de programación, se logró mapear y diferenciar la cobertura detrítica sobre los glaciares, contabilizando un total efectivo de 150 glaciares cubiertos por detritos (glaciares cubiertos), de superficie superior a 0,1 km². Sumado a lo anterior, se utilizó el modelo de cambio de elevación de Hugonnet *et. al.* (2020), para obtener las diferencias de elevación de los glaciares en el periodo estudiado. Finalmente, se obtuvo el balance de masa mediante el método geodésico, calculado como la media de cambio de elevación y expresado en metros equivalente en agua (*m w.e*) por año.

Los resultados muestran que los glaciares cubiertos arrojan un balance de masa medio de $-0,38 \pm 0,20$ m *w.e.* año⁻¹, mayor a la media total de los glaciares, que arroja un valor de $-0,45 \pm 0,13$ m *w.e.* año⁻¹, indicando que aquellos con superficies ampliamente cubiertas pierden menos masa comparativamente. Además, se observó un aumento significativo, de norte a sur, en el balance de los glaciares cubiertos, marcando valores de $-0,32 \pm 0,18$ m *w.e.* año⁻¹ en la cuenca del Aconcagua; $-0,35 \pm 0,15$ m *w.e.* año⁻¹ en la cuenca del Maipo; y $-0,46 \pm 0,24$ m *w.e.* año⁻¹ en la cuenca Rapel.

Factores como la evolución temporal de la línea de equilibrio (que determina la correcta identificación de glaciares cubiertos), la latitud y la altura son parámetros que afectan estos resultados, mostrando un cambio importante al sur de los 34°. Además, se plantea la discusión del rol que posee el espesor de la capa detrítica en el balance final, y la precisión del modelo de mapeo. Esta investigación resulta una primera aproximación para determinar el rol de la cobertura detrítica, y se encuentra en avance el estudio de rasgos superficiales de los glaciares, sumado a la influencia climática que afecta a la zona.

Keywords: Balance de masa, Glaciares de detritos, Andes Centrales, Remote-sensing, Método geodésico

Financing: Investigación parcialmente financiada por ANID a través del proyecto FONDECYT 3230146, SIA 85220007 y VRID 2023000810INI.

Acknowledgments: Agradezco profundamente al profesor encargado, Dr. David Farias-Barahona del Departamento de Geografía de la Universidad de Concepción, quien me brindó la invaluable oportunidad de realizar esta investigación glaciológica, siendo un guía esencial en cada etapa de este desafiante proceso.

39

SC769SD

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Cristián Simonetti

Inventario Social de Glaciares

Inventario Social de Glaciares

Cristián Simonetti¹, **Javiera Barandiarán**², **José Ragas**¹, **Caleb Yunis**¹, **Sofía Roldán**¹, **Paola Araya**¹

(1) Pontificia Universidad Católica de Chile(2) Universidad de California, Santa Barbara

Este póster reporta avances de un "Inventario Social de Glaciares", iniciativa impulsada por el proyecto FONDECYT N°1220620 sobre el estudio comparativo de distintos imaginarios glaciares, pasados, presentes y futuros en Chile. Este proyecto es liderado por Cristián Simonetti (Antropología UC), Javiera Barandiarán (Estudios Globales, Universidad de California, Santa Barbara) y José Ragas (Historia UC), con el apoyo de Paola Araya, Sofía Roldán y Caleb Yunis, asistentes del proyecto.

Esta iniciativa busca profundizar, diversificar y complejizar el entendimiento de los glaciares mediante el registro de narrativas que incorporen su dimensión social y que, por ende, amplíen y potencialmente desafíen el entendimiento naturalista que hoy domina el catastro y protección de los glaciares en Chile y la región, como ocurre por ejemplo con los Inventarios Nacionales de Argentina y Chile. El inventario recopila relatos, vivencias e historias, asociadas (directa o indirectamente) a glaciares en Chile, con el apoyo de registros multimediales (fotografía, dibujo, ilustración, video, sonido, entre otros), las que serán difundidas en una plataforma online, abierta al público.

Los/as participantes del evento podrán escanear códigos QR en el póster, a través de los cuales podrán acceder a relatos aportados por investigadores en el espectro amplio de las ciencias, las humanidades y las artes, junto con personas de la sociedad civil, interesadas/os en la vida social de los glaciares.

Keywords: Glaciares, Sociedad

Financing: FONDECYT N°1220620

Area: Glaciología cuaternaria

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Rodrigo L. Soteres

Estimación preliminar de tasas históricas de meteorización basadas en mediciones de martillo Schmidt de un área recientemente descubierta del glaciar Grey, Patagonia sur (~51oS)

Rodrigo L. Soteres^{1,2}, Rosa M. Carrasco³, Camilo Rada¹, Paulina Cifuentes⁴, Lucía Guerra⁵, Fabián M. Riquelme⁶, Esteban A. Sagredo⁶, Rodrigo I. Hevia⁶, Matea A. Martini⁵, Javier Pedraza⁷, Michael R. Kaplan⁸, Juan C. Aravena^{1,2}, Patricia Sanchez-Baracaldo⁴

(1) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Punta Arenas, Chile(2) Universidad de Magallanes, Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams, Chile(3) Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Toledo, España(4) University of Bristol, School of Geographical Sciences, Bristol, United Kingdom(5) CONICET-Universidad Nacional de Córdoba, Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA), Córdoba, Argentina(6) Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, Chile(7) Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Madrid, España(8) Columbia University, Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, United States

Los glaciares del planeta están retrocediendo a gran velocidad como consecuencia directa del cambio climático antropogénico, resultando en grandes superficies que quedan expuestas a la intemperie por primera vez en, al menos, cientos de años. Hasta la fecha, poco se sabe de la evolución morfosedimentaria de estas áreas y, por tanto, de los potenciales mecanismos de retroalimentación asociados que podrían afectar tanto a los sistemas naturales como socioeconómicos bajo el actual escenario de crisis ambiental. En este estudio, identificamos los principales medios morfosedimentarios asociados al retroceso glaciar y exploramos las tasas de meteorización superficial, desde el año 1974 en el glaciar Grey, Parque Nacional Torres del Paine (~51° S). Para ello nos basamos en el análisis de imágenes aéreas/satelitales, cartografía geomorfológica derivada de vehículos aéreos no-tripulados y mediciones de martillo Schmidt (N-Type) en 40 puntos distribuidos a lo largo de afloramientos rocosos recientemente deglaciados (n=1000). Aunque existe gran variabilidad, los valores de rebote varían entre $77,5 \pm 3,5$ y $82,5 \pm 2,0$ entre el afloramiento rocoso más externo y el más interno, respectivamente. Estimaciones cualitativas de la meteorización indican que las rocas superficiales han disminuido su resistencia superficial ~6% durante el periodo de estudio (0,12/año). Nuestros resultados preliminares indican que la meteorización, mayormente química, afectó ligera y homogéneamente a las superficies rocosas descubiertas por el hielo en las últimas décadas ($r^2=0,02$). Argumentamos que factores locales tales como la topografía y la alta variabilidad en la litología, así como el reducido tiempo de exposición, pueden estar enmascarando los efectos de la meteorización superficial. Finalmente, concluimos que la meteorización química superficial parece jugar un papel secundario en el área de estudio, por lo que otro tipo de procesos serían los responsables primarios de la evolución morfosedimentaria de las áreas descubiertas por el hielo en las últimas décadas.

Keywords: Geomorfología, Patagonia, Martillo Schmidt, Holoceno Tardío, Cambio climático

Financing: ANID FONDECYT Postdoc #3220537, ANID BASAL CHIC #FB210018, ANID FONDECYT Regular #1220550.

Acknowledgments: Los autores agradecen a CONAF y a los guardaparques del Parque Nacional Torres del Paine.

Area: Glaciología cuaternaria

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: Francisca Soto Zamorano

Geomorfología de la cuenca del lago Riñihue a partir del Último Máximo Glacial

Francisca Soto Zamorano¹, Andrés Rivera Ibáñez², José Araos Espinoza², Diego Zamorano Morales³

(1) Universidad del Desarrollo, Geología, Facultad de Ingeniería, Av. La Plaza 680, Santiago, Chile (2) Universidad de Chile, Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Portugal 84, Santiago, Chile (3) Universidad de Chile, Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile

Se presenta un mapa actualizado de la geología y la geomorfología glacial de las inmediaciones y el lecho del lago Riñihue en la Región de Los Ríos, Chile, levantados mediante análisis de la bibliografía disponible, trabajo de campo y registro de reflexión acústica en el lago Riñihue.

Se describen las distintas formas del relieve presentes en la zona y se analiza su origen desde perspectivas tanto endógenas como exógenas. La evolución geomorfológica del lago Riñihue se asocia al avance de los hielos Patagónicos durante el Último Máximo Glacial (UMG), los que erosionaron el lecho rocoso y depositaron morrenas, favoreciendo el posterior desarrollo de los lagos característicos de la región, luego del retiro del hielo.

Los datos sísmicos de reflexión acústica fueron útiles para estudiar la morfología y características sedimentarias del lecho lacustre, revelando estructuras y formas características del modelado glacial. Se propone la hipótesis de morrenas sumergidas en el lago correspondientes a la Glaciación Llanquihue.

El lecho del lago Riñihue presenta relieves escarpados, y registros sedimentarios que pueden ser interpretados como evidencia de la pasada acción glacial de estilo continental. Por otra parte, la presencia de circos glaciares y depósitos morrénicos alrededor del lago podría ser interpretado como acción glacial de escala local, que eventualmente operó en forma sincrónica con los avances del Campo de Hielo del Pleistoceno.

En general, este estudio proporciona valiosos conocimientos sobre las características geomorfológicas de la cuenca del lago Riñihue y su historia glacial. Los hallazgos contribuyen al conocimiento de las características geológicas de la región, incluyendo estructuras tectónicas, rocas ígneas y metamórficas, y depósitos sedimentarios cuaternarios.

Además, el estudio proporciona un valor geopatrimonial significativo ya que el análisis de las geoformas facilita la comprensión de la historia del paisaje que se observa, proporcionando información sobre los cambios y condiciones climáticas a lo largo del tiempo. A su vez, genera conciencia de la importancia de la conservación del medio ambiente y la mitigación del cambio climático y como estos influyen en el paisaje. Se recomiendan nuevas investigaciones y estudios geofísicos para obtener una comprensión más completa de la geología y las estructuras presentes en la cuenca del lago Riñihue.

Keywords: Morrenas, UMG, Geomorfología glacial

Financing: La investigación se realizó con el apoyo del proyecto Fondecyt de Iniciación N°11220701.

Acknowledgments: Agradecer al proyecto Fondecyt de Iniciación N°11220701 por el aporte económico para realizar el terreno y al Profesor Andrés Rivera, profesor José Araos y a Diego Zamorano.

42

QG364QD

Area: Glaciología de Antártica

Tipo de presentación: Poster

Enviado por: sebastian alfaro

Avances en el monitoreo ambiental antártico: La red LEMA como herramienta para el estudio de los efectos del cambio climático global en la Península Antártica y sus alrededores.

Avances en el monitoreo ambiental antártico: La red LEMA como herramienta para el estudio de los efectos del cambio climático global en la Península Antártica y sus alrededores.

sebastian alfaro^{1,2}, Pamela Maldonado Venegas^{1,2}, Bastián Oyarce Vejar³, Cristófer Huenchumán Aguayo³, Ricardo Faúndez Alcalde³

(1) Centro de estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Meteorología, Raúl Bitrán 1305, La Serena, Chile(2) Centro de Investigación GAIA Antártica (CIGA UMAG), Glaciología, Ciencias, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(3) Instituto Antártico Chileno (INACH), Unidad de Proyectos, Plaza Muñoz Gamero 1055, Punta Arenas, Chile

El gobierno de Chile, a través del Instituto Antártico Chileno (INACH), ha implementado durante los últimos tres años una amplia y robusta red de monitoreo ambiental desplegada a lo largo de la Península Antártica, Islas Shetland del Sur y Glaciar Unión. La Red Latitudinal de Estaciones Multiparamétricas en Antártica (LEMA) corresponde a una iniciativa estatal y permanente que pone a disposición de la comunidad científica y público general datos meteorológicos, oceanográficos y glaciológicos medidos in situ en territorio antártico. Este programa se alinea a la Política Antártica Nacional, contribuyendo a la comprensión de los efectos del cambio climático global en la Península Antártica y sus alrededores.

Actualmente, la red cuenta con 13 estaciones automáticas de monitoreo, cuya instalación y mantenimiento periódico es posible gracias a un esfuerzo coordinado entre diferentes instituciones del país (INACH, Dirección Meteorológica de Chile y Fuerzas Armadas). Las estaciones han sido ideadas para una rápida instalación, resistir condiciones climáticas adversas y ser autónomas energéticamente; registrando y transmitiendo datos aún durante la época invernal.

La red LEMA inició su etapa de prueba con cuatro estaciones, instaladas en la campaña de verano 2022. Durante su primer año de funcionamiento se registraron fallas en algunos sensores y el sistema de energía; las que fueron resueltas en las siguientes campañas antárticas, sumando la instalación de otras nueve estaciones multiparamétricas. Ya en su tercer año, la red opera eficientemente, transmitiendo datos cada seis horas a una plataforma web pública para visualización y descarga de la información (www.redsensoresinach.cl).

INACH suministra a la red LEMA de una sólida infraestructura computacional, un laboratorio de instrumentación y un equipo de profesionales expertos en monitoreo que garantizan la continuidad operativa de la red. Con más de un año de mediciones ininterrumpidas en Antártica, la red LEMA ha registrado eventos meteorológicos extremos (e.g. olas de calor), en áreas previamente no monitorizadas, proporcionando información relevante e inédita a la comunidad científica internacional.

Keywords: Red de monitoreo, Sensores, Estaciones automáticas

Financing: Instituto Antártico Chileno, INACH.

Acknowledgments: Agradecemos a las instituciones colaboradoras (INACH-DMC-FF.AA. de Chile) y a las/os profesionales involucradas/os en cada etapa de esta iniciativa por su valiosa contribución a nuestra investigación. Enriqueciendo nuestro trabajo y fortaleciendo el avance del conocimiento científico.

Tipo de presentación

Oral

1

TN174PP

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Nataniel Alvarez Gomez

Hidropoéticas, otras formas de relacionarnos con la Criósfera.

Hidropoéticas, otras formas de relacionarnos con la criósfera

Nataniel Alvarez Gomez¹, Sandra Ulloa Mensing¹

(1) Pontificia Universidad Católica, Escuela de Antropología, Antropología, Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile

Hidropoéticas, otras formas de relacionarnos con la criósfera, consiste en la presentación de avance del proyecto editorial denominado "Hidropoéticas 2012-2022" basado en el trabajo artístico desarrollado por el colectivo de arte Últimaesperanza en el Campo de Hielo Sur, específicamente en el glaciar Grey. Dicho proyecto artístico aborda la relación que los seres humanos sostienen con la criósfera en el Antropoceno. Mediante el uso de video proyecciones sobre los glaciares se propone una nueva manera de dialogar y relacionarse con la ecología líquida. La presentación consistirá en la muestra del material editorial surgido a partir de la investigación artística, incorporando además la realización de un concierto audiovisual con registros visuales y sonoros recogidos de las distintas expediciones que el colectivo Últimaesperanza ha realizado durante más de una década.

Keywords: Arte de la criósfera, Sitio específico, Hidropoéticas, Video proyecciones, Concierto audiovisual

Acknowledgments: Se agradece a Aerovías Dap y Bigfoot Patagonia.

2

PR344CT

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Ashley Apey Freire

Revelando la evolución de glaciares: Análisis de cambios de elevación y masa en la cuenca del río Olivares (2000-2021) a través de imágenes ASTER

Ashley Apey Freire¹, Martina Toledo Ramírez¹, Javiera Carrasco Gálvez¹, Helena Valenzuela-Astudillo¹, Gino Casassa Rogazinski^{1,2}, Cedomir Marangunic Damianovic¹

(1) Geoestudios, Los Aromos 3371, San José de Maipo, Chile(2) Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile

El monitoreo de la evolución de los glaciares cercanos a la ciudad de Santiago reviste gran importancia, especialmente debido a su aporte hídrico y a la megasequía que afecta la región desde 2009. En este contexto, el estudio analiza las variaciones de elevación de los glaciares en la cuenca del río Olivares, afluente del río Maipo, durante el período 2000-2021. Se utilizaron Modelos Digitales de Elevación de imágenes ASTER y se examinaron 64 glaciares del Inventario Público de Glaciares 2022 de la DGA, abarcando una superficie total de 77,2 km², que representa el 14,3% del área total de la cuenca del Río Olivares antes de su confluencia con el Río Colorado. La investigación se enfoca exclusivamente en glaciares de montaña, glaciares de valle y glaciaretos.

Desde una perspectiva integrada, se evidencia que los glaciares experimentaron, en promedio, aumentos en su elevación durante el período 2000-2009 (+0,28 m/año), seguidos por reducciones en el período 2009-2021 (-1,07 m/año). En este último período, la pérdida de hielo equivale a 845.000 toneladas de agua aproximadamente y un caudal medio anual de 2,2 m³/s. La mayor reducción en el volumen de hielo se identifica entre 2009 y 2015, con una disminución de espesor de -2,0 m/año, equivalente a 786.000 toneladas de agua y un caudal medio anual de 4,2 m³/s. Entre 2015 y 2021, la disminución en el espesor de hielo fue de -0,15 m/año, equivalente a 59.000 toneladas de agua y un caudal medio anual de 0,3 m³/s. Un factor que influyó en la desaceleración en la tasa de adelgazamiento se atribuye al fenómeno de El Niño que comenzó a fines de 2015 y se extendió durante el 2016.

Al examinar los glaciares de mayor superficie, se observan dos comportamientos distintivos durante el período 2009-2015 (2015-2021). Por un lado, los glaciares Paloma Norte, Olivares Alfa y Esmeralda muestran tasas de adelgazamiento significativamente superiores al promedio del área de estudio, con valores de -3,5 (-1,8) m/año, -3,9 (-1,2) m/año y -2,7 (-1,0) m/año, respectivamente. Por otro lado, los glaciares Olivares Beta, Olivares Gamma y Juncal Sur exhiben menor tasa de adelgazamiento, con tasas de -2,6 (-0,1) m/año, -2,5 (-0,1) m/año y -1,2 (+0,08) m/año, respectivamente. Se analiza el albedo distribuido, derivado de imágenes Landsat 8, para proporcionar una explicación parcial a las diferencias observadas entre ambos grupos de glaciares.

Finalmente, los resultados se contrastan con datos dh/dt obtenidos de imágenes satelitales ópticas ASTER por Dussaillant *et al.* (2019) y Hugonnet *et al.* (2021), así como con datos de radar TerraSAR TanDEM-X por Braun *et al.* (2019). Además, se comparan con datos LiDAR de alta resolución de los glaciares Paloma Norte y Olivares Alfa, estudiados por la División Andina de Codelco, y los glaciares Paloma Este y Paloma Oeste en la cuenca del estero Yerba Loca, monitoreados por la mina Los Bronces. Finalmente, se establece una correlación entre la variabilidad temporal de los cambios de elevación de los glaciares en estudio y la serie de balance de masa glaciológico del glaciar Echaurren Norte, realizado por la DGA.

Keywords: Andes centrales, Balance de masa, Albedo distribuido, Cambios de elevación glaciar

Financing: Este trabajo fue financiado íntegramente por Geoestudios.

DC717BK

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Felipe Aranda Delgado

Tendencias de la persistencia de la nieve y la línea de nieve en una cuenca nival de los Andes Centrales y sus correlaciones con variables hidroclimáticas

Tendencias de la persistencia de la nieve y la línea de nieve en una cuenca nival de los Andes centrales y sus correlaciones con variables hidroclimáticas

Felipe Aranda Delgado¹, Diego Medina¹, Lina Castro Heredia¹, Álvaro Ossandón¹, Ramón Ovalle¹, Raúl Flores¹, Tomás R. Bolaño Ortiz²

(1) Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Obras Civiles, Av. España 1680, Valparaíso, Chile (2) Universidad Católica del Maule, Departamento de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Carmen 684, Curicó, Chile

La criósfera de montaña es crucial para los procesos socioeconómicos, especialmente durante las estaciones secas. Sin embargo, el cambio climático ha tenido un impacto perjudicial en la criósfera debido a su sensibilidad. En las últimas dos décadas, en los Andes centrales de Chile ha habido una disminución en la precipitación y un aumento de la temperatura, lo que ha llevado a una reducción sustancial en la duración y extensión de la cobertura de nieve. Este aumento en la temperatura también aumenta la elevación de la línea de nieve (SLE, *Snow Line Elevation*), disminuyendo aún más el volumen de agua disponible en las cuencas nivales de los Andes. En este estudio, utilizamos 22 años (2000-2021) de productos de nieve de 8 días (MOD10A2) del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) para analizar la variabilidad anual y estacional del SLE en la cuenca del Río Yeso en el centro de Chile; y su área de cobertura de nieve y persistencia de la nieve (SP, *Snow Persistence*, un indicador de la duración de la nieve) en su subcuenca del Embalse El Yeso. Luego, se calcula la correlación de SP y SLE con variables hidrometeorológicas e índices climáticos. Adicionalmente, introducimos un nuevo enfoque llamado "Método de máxima disimilitud" para obtener la SLE incluso en días parcialmente nublados. Los resultados son los siguientes: (1) Se encontraron en la subcuenca Embalse El Yeso (354 km²) reducciones en el área de cobertura de nieve de 34,0 km² en elevaciones bajas (2510-3410 m snm) en primavera y 86,5 km² principalmente en elevaciones medias (3410-4140 m snm) en verano, al comparar el período 2016–2021 con 2000–2004; (2) Las tendencias de SP a escala anual revelaron una disminución significativa en el 89% de su área y un promedio de 3,6 días menos de cobertura de nieve por año; (3) Se encontró una tendencia ascendente y significativa de 21 m·año⁻¹ en la SLE anual; y (4) SP y SLE anuales estuvieron altamente correlacionados con las variables hidrometeorológicas anuales (temperatura, precipitación y caudales), y las variables de nieve de primavera y verano estuvieron significativamente correlacionadas con el caudal de la época estival. Esta metodología puede servir potencialmente como una herramienta valiosa para detectar tendencias en superficies cubiertas de nieve y asociar estas variaciones con el cambio climático u otros efectos antropogénicos en futuras investigaciones.

Keywords: Persistencia de la nieve, MODIS, Línea de nieve, Cambio climático, Andes centrales

Financing: El presente trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto ANID FONDECYT Iniciación 11220482.

Acknowledgments: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el marco de tres proyectos ANID: ANID-FONDECYT 1231494, ANID FONDECYT Iniciación 11220482, y ANID-FONDECYT 3230555. Además, agradecer a la beca de Magíster ANID 2022-22220854.

LR961JG

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Felipe Aranda Delgado

Estimación espaciotemporal del carbono negro en la nieve en la cuenca nival Estero Juncalillo: Análisis retrospectivo

Felipe Aranda Delgado¹, Lina Castro Heredia¹, Tomás R. Bolaño Ortiz²

(1) Universidad Técnico Federico Santa María, Obras Civiles, Av. España 1680, Valparaíso, Chile(2) Universidad Católica del Maule, Departamento de Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Carmen 684, Curicó, Chile

El carbono negro (BC, *black carbon*) es uno de los principales contaminantes atmosféricos proveniente de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Sobre superficies nivales, tiene la capacidad de reducir su habilidad de reflejar la radiación solar (albedo) en el rango visible, absorbiendo más calor, acelerando su ablación y reduciendo su duración. Esta reducción es especialmente importante cuando la distancia a la fuente de emisión de contaminantes atmosférico es variable, produciendo distintas concentraciones de impurezas depositadas sobre el manto nival. Por lo tanto, resulta de alto interés estudiar los cambios espaciotemporales producidos por las emisiones de BC atmosférico para comprender los efectos que estos generan sobre la criósfera. Esta investigación busca realizar una estimación retrospectiva de las concentraciones de BC en la nieve de manera espaciotemporal entre los meses de junio a octubre (2006-2022) en la cuenca Estero Juncalillo, situada en los Andes centrales de Chile, donde se ubica la carretera CH-60. Esta carretera presenta el mayor tráfico vehicular entre Chile y Argentina. Se evaluaron estimaciones espaciotemporales de las Concentraciones de BC en la Nieve (CBCN) mediante un modelo simplificado de transferencia radiativo asintótico (modelo ART, *asymptotic radiative transfer model*); empleando distintos productos del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Los principales resultados revelaron que las CBCN promedio a nivel de cuenca fue de 307 ng g^{-1} (2006-2022), las cuales a nivel mensual y espacial variaron entre un [52, 169] % de este valor promedio. Un análisis espacial muestra que las CBCN en zonas cercanas a la carretera ($< 1 \text{ km}$) fueron entre 11-20 % mayores respecto zonas alejadas (1 km). Por último, comparando con mediciones de campo de CBCN de otros sitios de los Andes, se encontró que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos mínimos y máximos de mediciones. Estos resultados respaldan que esta espacialidad lograda con el modelo ART es posible usarlas para estudios regionales de cuencas, particularmente en zonas de la criósfera cercanas a emisión de contaminantes, como lo es la cuenca Estero Juncalillo, la cual presenta un régimen nival e incluye un paso fronterizo con un alto flujo vehicular durante todo el año. Además, estos resultados presentan el potencial de ser utilizados para evaluar el impacto a nivel espacial de la contaminación del BC en la nieve con modelos hidrológicos.

Keywords: Cuenca nival, MODIS, Carbono negro, Nieve, Andes centrales de Chile

Financing: El presente trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto ANID FONDECYT Iniciación 11220482.

Acknowledgments: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el marco de tres proyectos ANID: ANID FONDECYT Iniciación 11220482, y ANID-FONDECYT 3230555. Además, agradecer a la beca de Magíster ANID 2022-22220854.

5

BL994QM

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Eneko Beriain

El glaciar de rocas Ballicas (ID DGA: CL10572001): Análisis de un glaciar de rocas relicto

Eneko Beriain¹, Felipe Ugalde¹, Helena Valenzuela¹, Javiera Carrasco¹, Cristian Peralta¹, Gino Cassasa¹, Cedimir Marangunic¹
(1) Geoestudios Ltda., Los Aromos 3371, Las Vertientes, Chile

La presente contribución da cuenta del estado del glaciar de rocas Ballicas, código DGA CL105720001. Este ha sido analizado mediante diversos métodos, tanto en terreno como en gabinete, a partir de los cuales ha sido posible estimar su actividad y analizar diferentes rasgos tales como geomorfología, espesor, velocidad y variaciones históricas. Para ello, se han realizado dos campañas de terreno (diciembre de 2023 y enero de 2024) en las cuales se hicieron levantamientos geofísicos mediante tomografía de resistividad eléctrica y sísmica de refracción. Además, se realizó un levantamiento fotogramétrico mediante dron y se instaló una red de estacas para medir la velocidad superficial del glaciar. Por otro lado, se analizaron fotografías aéreas históricas (procesadas empleando métodos fotogramétricos) e imágenes satelitales ópticas como de radar, y se actualizó la delimitación del glaciar a partir del contorno elaborado por la DGA.

De acuerdo con las lecturas de resistividad (las cuales se han centrado en la unidad más grande del glaciar de rocas), y con valores máximos de 5000 Ω/m , se ha podido determinar que en los sectores donde se han realizado lecturas el glaciar de rocas Ballicas no posee hielo. Pese a la virtual ausencia de hielo en el glaciar, es posible diferenciar el glaciar de rocas de los materiales subyacentes de manera inequívoca gracias a interpretaciones geomorfológicas. Así, se ha calculado el espesor de este glaciar, el cual alcanza 20 metros en sus sectores más profundos.

Acorde a las velocidades de interferometría radar, InSAR, se observa que el glaciar de rocas presenta movimiento con magnitudes máximas de alrededor de 30 mm/año para el período 2018-2022 y magnitudes de movimiento máximas de 60 mm/año para el período estival de 2022-2023.

Si bien en principio, y basándose únicamente en evidencia geomorfológica, parecía evidente que el glaciar Ballicas correspondía a un glaciar de rocas activo, a partir de la información levantada es posible establecer lo contrario. Se concluye que el glaciar de rocas Ballicas no posee hielo en los sectores analizados y que, con alta probabilidad, sea considerado a partir de ahora como un glaciar de rocas relicto (o un depósito asociado a un glaciar de rocas). No obstante, esto último estaría sujeto a que se evidencie la presencia de hielo en la cabecera del glaciar. En el caso de que se constate lo anterior, se considera necesario redefinir el contorno del glaciar Ballicas para su sometimiento al Inventario Público de Glaciares.

Se concluye, además, que los depósitos sedimentarios asociados a glaciares de rocas extintos pueden evidenciar deformación. Esto último cobra especial relevancia para las metodologías que consideren la velocidad superficial en glaciares de rocas (InSAR o *feature tracking*) como indicador indirecto de la presencia de hielo, y establece la necesidad de interpretar cautelosamente la magnitud del movimiento previo a considerar un glaciar de rocas como activo.

Keywords: Glaciar de rocas, Glaciar de rocas relicto, ERT, InSAR

Financing: Este trabajo fue financiado íntegramente por Geoestudios Ltda.

Acknowledgments: Agradecimientos a Luis Sepúlveda y Valle Nevado por permitir y facilitar los accesos al lugar de estudio y a Geoestudios Ltda. por financiar esta investigación.

6

TQ721CJ

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Jorge Berkhoff

Evolution of glacial lakes in Southern Patagonia Icefield between 1986 and 2023

Jorge Berkhoff¹, Claudio Bravo Lechuga², Daniela Carrión³, Thomas Loriaux⁴, Camilo Rada Giacaman⁵

(1) Institut für Geographie Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg(2) Centro de Estudios Científicos (CECs), Glaciología y Cambio Climático, Valdivia, Chile(3) Dirección General de Aguas, Subdivisión de Glaciología y Nieves, División de Hidrología, Morandé 59, of. 826, Santiago, Chile(4) Universidad de Santiago, VRIDEI, Vicerrectoría de Investigación Desarrollo e Innovación, Santiago, Chile(5) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Instituto de la Patagonia, Av. Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile

This study examines the distribution and temporal evolution of glacial lakes in the Southern Patagonian Icefield (SPI) between 1986 and 2023. The question addressed is how these lakes respond to climate change, and what risks of Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs) may arise. Monitoring these lakes is crucial due to their connection with sudden glacial water release events and their potential impact in the region.

A combination of Landsat and Sentinel-2 satellite images were used to detect and analyze 313 glacial lakes in the 2023 inventory. Empirical models were applied to estimate lake area and volume, highlighting the non-linear relationship between area and volume. Additionally, temporal evolution was assessed by comparing inventories from 1986, 2000, and 2015-2023.

In 2023, 313 lakes were identified with a total area of 639.09 km² and a volume of 34.84 km³. The majority were moraine-dammed lakes (52.72%), followed by bedrock-dammed (24.28%), and ice-dammed lakes (23%). Moraine-dammed lakes exhibited continuous growth associated with glacier retreat, while bedrock-dammed lakes showed stability, and ice-dammed lakes displayed variability and a decrease in area and volume.

The evolution of glacial lakes in the SPI indicates a 34% increase in number, 29% in area, and 31% in volume between 1986 and 2023. GLOF events, especially in ice-dammed lakes, highlight the importance of continuous monitoring and risk assessment. The influence of external factors, such as extreme droughts, on glacier surface melt is emphasized. The non-linear relationship between area and volume underscores the importance of considering lake size when interpreting volume changes.

Keywords: Volume estimation, Glacial lakes, Remote sensing, Southern Patagonia Icefield (SPI)

FS531MC

Area: Hidrología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Anelim Bernal

Variabilidad espacio-temporal del manto nival en la zona centro-sur de Chile influenciada por bosque nativo

Anelim Bernal Mujica¹, Sebastián A. Krogh²

(1) Universidad de Concepción, Doctorado en Recursos Hídricos y Energía para la Agricultura, Ingeniería Agrícola, Avda. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile (2) Universidad de Concepción, Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Avda. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile

El manto nival juega un rol crucial en la hidrología de las cuencas de montaña de los Andes chilenos, y determina en gran medida la disponibilidad hídrica en los meses de primavera-verano en la zona centro del país. El abastecimiento humano, sistemas ecológicos, agropecuarios y de producción hidroeléctrica dependen de los recursos hídricos que se acumulan en la cordillera. Los bosques, a su vez, modifican la dinámica del manto nival ya que interceptan nieve y radiación, con un impacto neto en la acumulación que debe ser investigado.

Esta investigación estudia la influencia del bosque en los procesos de acumulación y derretimiento del manto nival y su variabilidad interanual bajo distintas condiciones meteorológicas. El estudio se realizó en la cuenca alta del estero Renegado, cabecera del río Itata, Región del Ñuble. La cuenca posee un régimen nivo-pluvial, un gradiente orográfico de 1.000 m de desnivel y 55% de cobertura boscosa (bosque caducifolio).

Se realizaron rutas de nieve (profundidad y densidad) en cuatro puntos durante las temporadas de invierno 2022-2023 y 2023-2024: dos en claros de bosque y dos bajo el dosel forestal, uno con orientación norte y el otro con orientación sur.

Se implementó el modelo de base física utilizando la plataforma Cold Regions Hydrological Model (CRHM) para representar el comportamiento del manto nival a la escala de las observaciones. Luego se utilizó el modelo para estimar la evolución del manto nival entre los años 1990-2023 bajo distintas condiciones dentro de la cuenca: orientación norte vs sur, bandas de elevación y bajo el dosel vs claro.

Los resultados del estudio muestran que el bosque tiene un efecto significativo en la acumulación de nieve, variando según la altitud, orientación y las condiciones meteorológicas de la temporada. Se encontró una reducción en la acumulación máxima de nieve bajo el dosel del orden del 30% en la cuenca, el cual es menor en la cara sur (5% en promedio) y a mayor altitud. A menor cantidad de precipitación sólida, el bosque tiene un mayor impacto en la reducción del equivalente en agua de la nieve (EAN). La duración de la capa de nieve entre bosque y claro presenta una diferencia promedio de 13 días, siendo mayor en el claro. La duración aumenta con la elevación y es mayor en la cara sur (~10 días). Los bosques reducen la tasa de derretimiento en un 31% en promedio, siendo mayor en la cara norte y aumentando con la altitud. En cuanto a la tasa de sublimación diaria en el dosel, esta aumenta con la altitud, siendo un 30% mayor en la cara norte. La sublimación de la nieve interceptada por el bosque disminuye con la altitud, con un 55% más de sublimación en la cara orientada hacia el norte. Estos resultados nos permiten entender y cuantificar la importancia del bosque en los procesos de acumulación y derretimiento de nieve, lo cual es esencial para estimar la vulnerabilidad de las cuencas cordilleranas, y su efecto en la gestión y planificación hídrica bajo escenarios de cambio climático.

Keywords: Disponibilidad hídrica, Modelación, Interacción nieve-bosque

Financing: Esta investigación ha contado con el apoyo de la VRID de iniciación de la UdeC N° 2022000427, Fondecyt de Iniciación N°11230787 y Beca de Doctorado Nacional 2021 N° 21210660.

LM927KR

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Claudio Bravo Lechuga

Ablación observada con una "Smart Stake" en el glaciar Universidad durante el verano de 2024

Claudio Bravo¹, Owen King², Jonathan Garcés¹, Sebastián Cisternas¹, Gaspar Cid¹, Juan Luis García³, Bethan Davies², Jeremy Ely⁴

(1) Centro de Estudios Científicos, Valdivia, Chile(2) Newcastle University, School of Geography, Politics and Sociology, Newcastle upon Tyne, United Kingdom(3) Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, Chile(4) University of Sheffield, Department of Geography, Sheffield, United Kingdom

El cambio climático ha tenido un impacto significativo en el comportamiento de la criósfera de alta montaña. Los Andes no ha sido la excepción a ello. Si bien existen estimaciones de pérdida de masa glaciar para todo los Andes, así como observaciones de balizas usando el método glaciológico para algunos de sus glaciares, la información de balance de masa glaciar es de baja resolución temporal. Esto puede ser especialmente crítico en términos de la estimación del aporte del deshielo a los caudales a escala diaria. Para mejorar la resolución temporal de las estimaciones del aporte del deshielo de los glaciares a los caudales, se recurre normalmente a modelos. Estos modelos requieren de parametrizaciones que no necesariamente son aplicables a todos los glaciares. Esto limita y genera incertidumbre en cuanto a la estimación real del aporte de agua de deshielo de los glaciares a los caudales a escala diaria, así como a su variabilidad. Conocer la variabilidad interdiaria de la ablación, así como sus forzamientos, es primordial para comprender con precisión los impactos de la deglaciación sobre la disponibilidad de agua para las comunidades a distintas escalas temporales.

En este trabajo se presentan los primeros resultados de observaciones de ablación de la denominada "Smart Stake". Esta es una estación de monitoreo glaciar que permite tener estimaciones sub-diarias y con precisión milimétrica de la ablación. Esta baliza se instaló en el glaciar Universidad en Chile central a una elevación de 2743 m s.n.m. La transmisión de los datos ocurre una vez al día, obteniéndose 12 observaciones diarias. Entre el 30 de enero y el 27 de marzo de 2024, la ablación observada fue de 3,6 m (3,2 m e.a. asumiendo densidad de 900 kg m⁻³). Esto corresponde a una tasa diaria de 6,4 cm d⁻¹. En el mes de febrero la tasa llegó a 7,3 cm d⁻¹ y en marzo llegó a 5,2 cm d⁻¹. En la primera quincena de febrero se aprecia ablación nocturna en el rango de 1 a 3 cm. Durante los primeros días de febrero, los Andes de Chile central se vió afectado por una intensa ola de calor, llegando la ablación a una tasa de 9.4 cm d⁻¹.

En esta presentación se analizarán estos resultados, caracterizando el proceso de ablación y sus forzamientos y comparándolos con estimaciones previas. Un aspecto importante consiste en analizar las limitaciones de la "Smart Stake", las incertidumbres asociadas al sistema utilizado para la medición y a su estructura. Finalmente, se analizarán qué parámetros derivados del uso de esta estación pueden utilizarse en la modelación glaciológica distribuida, principalmente para cuantificar disponibilidad de recursos hídricos.

Keywords: Glaciar Universidad, Ablación, Smart Stake, Olas de calor

Financing: La estación "Smart Stake" así como su instalación fue financiado por el Proyecto NERC, Deplete and Retreat: the future of the Andean Water Towers, el Centro de Estudios Científicos y el Instituto de Geografía UC.

Acknowledgments: Se agradece a Roberto Franck y Florencia Krumm de "Glaciares de Colchagua" por la disponibilidad y las facilidades para acceder al glaciar Universidad.

CB268JT

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Leoncio Cabrera

Monitoring calving at Perito Moreno Glacier (Southern Patagonia Icefield) by combining seismic data and camera time-lapse imagery

Monitoring calving at Perito Moreno Glacier (Southern Patagonia Icefield) by combining seismic data and camera time-lapse imagery

Leoncio Cabrera¹, Edgardo Casanova², Rogelio Torres^{1,3}, Valeria Rojas¹, Gino Casassa², Sergio Ruiz¹, Douglas Wiens⁴, Masahiro Minowa⁵

(1) Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile(2) Universidad de Magallanes, Chile(3) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile(4) Department of Earth and Planetary Sciences, Washington University in St. Louis, USA(5) Hokkaido University, Institute of Low Temperature Science, Japan

Current climate changes are having large effects on the cryosphere. An example of this is the rapid mass loss of many glaciers around the world. One of the main processes that influences this is calving, or detachment of icebergs from the terminal fronts of glaciers in contact with a proglacial lake or the ocean. This process represents the most significant mass loss in tidewater glaciers in the world, including the Southern Patagonia Icefield. Calving monitoring is therefore essential. However, such monitoring is usually complicated due to difficult access in remote locations and limitations of temporal resolution. For these reasons, new and novel approaches and techniques are needed. In this work, we explore the monitoring of calving processes at the Perito Moreno Glacier located in the Southern Patagonia Icefield (Argentina), from November to December 2018. We combine synchronized continuous seismic records at a broadband station located less than one kilometer from the glacier front, along with time-lapse photography. In our preliminary results, we report 88 seismically and photographically-recorded events related to calving, which occurred at different locations on the glacier front. To characterize the site effect (where the station is located), frequency content, and similarity of events, we use the Horizontal to Vertical Noise Ratio (HVNR) method, spectrograms, and temporal correlation matrices in different time windows. Our results indicate that the calving records have a high-frequency content in the 1-5 Hz range for different time windows of the signal, in agreement with previous studies in other regions of the world. In addition, our analyses indicate that the site effect due to the location of the seismic station is outside the frequency range mentioned above, allowing a successful record of the events. Finally, from the correlation analysis of the seismic signals we show a great diversity of events, suggesting a highly complex process of breaking, sliding, and iceberg fall.

Keywords: Cryoseismology, Calving, Monitoring, Glacial Dynamics, Seismology

Acknowledgments: Programa de Riesgo Sísmico (PRS), Universidad de ChileBeca Doctorado Nacional, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID)

10

HR815PJ

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Javiera Carrasco Gálvez

Remociones en masa sobre tres glaciares de valle en los Andes centrales chilenos

Javiera Carrasco Gálvez¹, Felipe Ugalde Peralta¹, Cedomir Marangunic Damianovic¹

(1) Geoestudios, Los Aromos 3371, San José de Maipo, Chile

Existe un creciente interés por conocer los valles cordilleranos de la zona central de Chile. Junto con un aumento en la afluencia de público y expediciones de distintos rubros hacia los glaciares cercanos a las grandes urbes, se destaca la habilitación del Parque Nacional Glaciares de Santiago. En este contexto, se vuelve necesario contribuir al conocimiento de los peligros criosféricos para concientizar e incrementar la resiliencia ante una amenaza propia de ambientes de alta montaña.

El presente estudio aborda una serie de remociones en masa de roca y hielo ocurridas desde comienzos de la década de los años 90 sobre tres glaciares de valle. Se analizan procesos de movimiento en masa escasamente documentados sobre los glaciares Loma Larga de código DGA CL105702016 (-33,703°/-70,024°) y CL105706110 (-33,165°/-70,085°), ambos en la Región Metropolitana, junto con el glaciar Cipreces (sic) de código DGA CL106003018 (-34,601°/-70,085°), ubicado en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

Mediante la visualización sistemática de imágenes satelitales de las misiones Landsat 5 y 8 y PlanetScope, en conjunto con el registro histórico de la plataforma Google Earth Pro, se han observado evidencias de los sucesivos depósitos de remoción en masa de diferente data sobre los glaciares. En el caso de los glaciares Loma Larga y Cipreces (sic), se identifica como fuente principal a las laderas occidentales del valle que los confina. En el primero se evidencian remociones en masa desde el año 2010, cuyos depósitos alcanzan hasta 4 ha de superficie. Para el glaciar Cipreces (sic), en el verano de 1990-1991 ocurrió un deslizamiento que incorporó una porción del frente del glaciar CL106003020, formando un depósito sobre el glaciar de 55 ha. Posteriormente, el depósito se mueve solidario al glaciar, y durante los cuatro años posteriores se observa un leve aumento de velocidad (5 m/año) en comparación a los dos años previos. Para el tercer glaciar en estudio, la remoción se identificó como resultado del desprendimiento a principios de 1992 de una porción del frente colgante del glaciar ubicado aguas arriba (CL105706075), cuyo depósito se removilizó en sucesivas ocasiones durante el año, depositándose sobre la cabecera del valle del río Olivares y alcanzando una extensión de 33,7 ha.

En el caso de los glaciares en estudio, el efecto tras los movimientos en masa se ha manifestado en cambios geomorfológicos que incluyen grietas y lagunas supraglaciares. Sin embargo, la recurrencia de procesos glaciares se vuelve latente debido al retroceso glaciar y al aumento de la temperatura del aire y suelo. El mayor aporte de sedimentos favorece la ablación, aumentando la cantidad de agua disponible, el transporte de sedimentos aguas abajo y la inestabilidad de la masa glaciar. Aunque hasta el momento no se han observado cambios drásticos en la dinámica de los glaciares estudiados, no se pueden descartar los efectos colaterales a largo plazo. Estos podrían inducir inestabilidad y representar una amenaza para los valles aguas abajo.

Keywords: Remociones en masa, Criósfera, Andes centrales, Peligros

Acknowledgments: Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al equipo de Geoestudios por brindar la oportunidad de compartir este trabajo.

Este estudio busca evaluar la viabilidad y contribución de las variables *outputs* del modelo atmosférico WRF para alimentar un modelo de balance de energía y así predecir el derretimiento y acumulación de nieve en la cuenca alta del río Malleco. Se realizan 3 simulaciones numéricas en la cuenca alta del río Malleco, con una resolución espacial horizontal de 1 km, que contemplan distintas parametrizaciones físicas, condiciones iniciales y de borde para el periodo comprendido entre el 7 y 14 de septiembre del 2011. Luego se validan las salidas del modelo con datos de dos estaciones meteorológicas en la cuenca de estudio, usando indicadores estadísticos como RMSE y BIAS. Además, se muestra de manera gráfica las distribuciones de los datos observados y modelados mediante diagramas de violín para temperatura, altura de nieve y energía disponible. Finalmente, se calcula la energía acumulada para el derretimiento y tasa de derretimiento. Para comparar con observaciones, se realiza un balance de masa en la cuenca que se contrasta con datos de cubierta y espesor de la capa de nieve obtenidas a partir de imágenes MODIS. Los resultados preliminares indican que el modelo WRF reproduce correctamente la variación diurna de temperatura y radiación solar entrante, aunque con un sesgo positivo promedio de 3°C y 40 W/m² respectivamente. Los flujos radiativos son correctamente calculados por el modelo, en términos de distribución espacial y órdenes de magnitud. Sus valores van entre 30 y 70 W/m² para la radiación de onda corta neta y entre -59 y -50 W/m² para la radiación de onda larga neta. Este estudio puede contribuir a las metas 6.5 y 12.2 de los Objetivos de Desarrollo Sustentable 6 y 12. En este contexto, estos resultados permitirán cuantificar los potenciales impactos en la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Biobío, facilitando una gestión integrada y sostenible en las cuencas hidrográficas de Chile. Por ello, comprender y estudiar la acumulación nival en alta montaña durante el invierno presenta un rol crucial en el aporte de escorrentía durante primavera y verano. En particular, es de suma importancia estudiar los flujos de calor que interactúan con la capa de nieve acumulada.

Keywords: WRF, Balance de Energía, Derretimiento

Financing: Financiamiento de parte de:- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Concepción.- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción.

Acknowledgments: Powered@NLHPC: Esta investigación fue parcialmente apoyada por la infraestructura de supercómputo del NLHPC (ECM-02).

12

QL989NN

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Daniela Carrion

Anuario Glaciológico DGA 2022-2023: Estudios coordinados de glaciares y nieve a lo largo de Chile

Daniela Carrión¹, Jorge Huenante¹, Isabella Ciocca¹, Franco Buglio¹, Diego González¹, Hernaldo Leyton¹, Felipe Pérez¹, Jorge O'Kuinghttons¹, Alexis Segovia¹

(1) Dirección General de Aguas (D.G.A.), Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, Morandé 59 (oficina 826), Santiago, Chile

Como señala la Estrategia Nacional de Glaciares, Chile posee una gran cantidad de glaciares que son parte fundamental del medio ambiente y así mismo de múltiples actividades productivas, económicas y sociales del país. Su vulnerabilidad ha generado una creciente preocupación de la población en temas relacionados con su protección, disponibilidad hídrica, y amenazas asociadas (GLOFs, avalanchas, etc.), lo que ha resultado en múltiples y dispersas iniciativas de investigación tanto privadas como públicas. De este modo, el Anuario Glaciológico representa un esfuerzo de la Dirección General de Aguas (DGA) por potenciar la integración de estudios realizados durante el año hidrológico 2022-2023 a lo largo de Chile, enfocado en glaciares y nieves. Este Anuario incluyó la aplicación de diversas metodologías de prospección geofísica, percepción remota y numerosas actividades de terreno dirigidas a distintas cuencas del país.

Asimismo, se informan las comparaciones de estos resultados con los obtenidos en trabajos previos de la D.G.A. que han sido publicados anteriormente. Muchos de estos datos previos han sido re-analizados en este Anuario, gracias a la aplicación de nuevas técnicas, uso de mejores imágenes satelitales o nuevos métodos. En este sentido, este documento es una síntesis de los trabajos que en forma ininterrumpida ha llevado a cabo la Subdivisión de Glaciología y Nieves.

Los estudios que componen el Anuario, corresponden al reporte de estaciones de monitoreo que son parte de la Red Hidrométrica Nacional en Alta Montaña; el estudio realizado sobre variaciones areales de 25 glaciares; los 8 estudios programados de balance de masa; y, el monitoreo realizado a 3 glaciares en Campos de Hielo. Cabe destacar, la instancia de colaboración y trabajo coordinado entre laboratorios, centros de investigación, universidades, diversos colaboradores, y la Subdivisión de Glaciología y Nieves, que permitió que todos estos numerosos estudios, logren una amplia cobertura espacial y resultados en diferentes aspectos sobre un total de 31 glaciares a nivel nacional.

Keywords: Anuario Glaciológico, Dirección General de Aguas, Monitoreo, Glaciares, Nieve

13

GN276BQ

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Gino Casassa Rogazinski

Rock glacier inventories and kinematics (RGIK): análisis crítico y propuesta alternativa

Rock glacier inventories and kinematics (RGIK): análisis crítico y propuesta alternativa

Gino Casassa Rogazinski^{1,2}, Ashley Apey¹, Cedimir Marangunic¹, Helena Valenzuela-Astudillo¹, Felipe Ugalde¹, Eneko Beriain¹, Javiera Carrasco-Galvez¹, Martina Toledo¹, Cristian Peralta¹

(1) Geoestudios, Los Aromos 3371, San José de Maipo, Chile(2) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia Antártica, Instituto de la Patagonia, Av. Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile

La guía "Rock glacier inventories and kinematics v1.0" (RGIK, 2023) constituye la reseña más detallada publicada hasta el momento para inventariar glaciares de rocas. Ha sido redactada por 44 especialistas de 16 naciones, patrocinada por la International Permafrost Association (IPA). Este valioso aporte llena un vacío relevante en la caracterización de estas crioformas, que no ha sido abordado previamente de manera adecuada en instancias globales tales como el World Glacier Inventory (WGI), Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS), World Glacier Monitoring Service (WGMS) y el Randolph Glacier Inventory (v.6.0 y 7.0).

Desde hace más de 30 años Geoestudios ha efectuado investigaciones y mediciones en varias decenas de glaciares de rocas en Chile central. Dichos estudios confirman el concepto planteado tempranamente por Louis Lliboutry (1955, 1965, 1986) en cuanto a que "muchos glaciares de rocas provienen de glaciares antiguos o de "glaciares enterrados"" (Lliboutry, 1990). Este concepto, robustamente establecido en la comunidad glaciológica (Corte, 1987; Barsch, 1996), se conoce en inglés como el "*continuum school*" (Berthling, 2011; Giardino et al., 2011; Whalley, 2023), que establece la continuidad genética de los glaciares de rocas del tipo "glacigénico", que han evolucionado a partir de glaciares descubiertos y cubiertos. En una etapa inicial, un glaciar descubierto se cubre paulatinamente con detritos. Si posee entre 10% y 100% de cobertura detrítica en su zona de ablación, se clasifica como glaciar cubierto (Rau *et al.*, 2005). Si deja de tener una zona de acumulación, o alternativamente si toda o casi toda de su área se cubre por detritos, pasa a transformarse en un glaciar de rocas. De esta manera, en su etapa inicial de evolución, un glaciar de rocas se presenta como un "*ice-cored rock glacier*" (Potter, 1972; Potter et al., 1998), pero en una etapa final de transformación, cuando ya ha perdido la mayor parte del hielo, la estructura interna de un glaciar de rocas glacigénico puede ser similar, o indiferenciable, de aquella de uno criogénico.

En Chile central solo se han estudiado y descrito glaciares de rocas del tipo glacigénico (Janke et al., 2015; Marangunic, 2013), que no están explícitamente incluidos en la guía RGIK. Aunque la guía pretende evitar controversias, se percibe un claro sesgo hacia el "*permafrost creep school*" (Haeberli, 1985; Barsch, 1996; Wahrhaftig & Cox, 1959), que clasifica a los glaciares de rocas como parte del ambiente periglacial, y un indicador de ocurrencia de permafrost. Se propone aquí una guía metodológica alternativa para los Andes centrales de Chile, basada en experiencia de terreno y sensoramiento remoto, que incluye aspectos técnicos, sistemas morfológicos, velocidad superficial, desestabilización, delimitación, y la incorporación de una nueva categoría de glaciares, denominados glaciares en transición, con el objetivo de promover una visión más inclusiva y aplicable a diversas latitudes. Se muestra también que en los Andes centrales de Chile el 59% (91%) del área de los glaciares de rocas inventariados se encuentra por debajo de la altitud de la isoterma -2°C (-4°C), calculada mediante ERA5-Land 2000-2016, como aproximación al límite de permafrost.

Keywords: Glaciar de rocas, RGIK, Permafrost, Glaciar de rocas glacigénico, Glaciar de rocas criogénico

Financing: Este trabajo es financiado por Geoestudios

(1) Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Avenida Blanco Encalada 2002, Santiago, Chile(2) Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Matemática, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Beauchef 851 Edificio Norte Piso 5, Santiago, Chile(3) Centro de Modelamiento Matemático, Departamento de Ingeniería Matemática, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Beauchef 851 Edificio Norte Piso 6, Santiago, Chile Actualmente, Chile central enfrenta la megasequía con un déficit de precipitaciones del 25 al 45% y aumento de 0,5 a 1°C en la temperatura media. Esta situación ha estresado los sistemas acuáticos superficiales y subterráneos, ya que el crecimiento demográfico y económico implica un aumento en la demanda de este recurso.

Bajo este escenario, la cuantificación de las reservas de agua presentes en la alta montaña se ha convertido en un problema de interés nacional. Los deshielos suministran agua a ciudades y posibilitan la realización de actividades económicas. Sin embargo, estudios ya alertan sobre la disminución en la extensión de glaciares descubiertos. Así, entra en discusión la caracterización y monitoreo de crioformas más resilientes como los son los glaciares de rocas y cubiertos de detritos. Estos juegan un papel importante como reservas de agua, son indicadores de cambio climático y su degradación puede afectar el ciclo del agua en alta montaña.

A pesar de lo mencionado, los estudios cinemáticos están restringidos a pocos sitios del país. Por otra parte, se adoptan metodologías tradicionales tales como el uso de medidas *in situ* y técnicas de correlación de imágenes. Los datos *in situ* entregan resultados precisos, pero tienen varias limitaciones debido a su tiempo de adquisición, al difícil acceso a zonas de alta montaña y altos costos relacionados. Por otro lado, la correlación de imágenes requiere un riguroso proceso de selección y es computacionalmente costoso e ineficiente.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es proponer una metodología de percepción remota basada en un algoritmo de flujo óptico para cuantificar velocidades superficiales de cuerpos glaciares cubiertos y rocosos, utilizando bandas espectrales de Sentinel-2. Esta metodología busca abordar las limitaciones inherentes a las técnicas tradicionales, al mismo tiempo que avanza hacia una comprensión más precisa y accesible de la dinámica de estos cuerpos glaciares.

El flujo óptico tiene la capacidad de rastrear el movimiento en secuencias de imágenes, asumiendo un brillo constante y desplazamientos pequeños entre las escenas. Aunque existen diversas metodologías para estimarlo, en este estudio se ha seleccionado el enfoque TV-L1. Este enfoque ha demostrado ser más robusto en situaciones con discontinuidades y cambios significativos en la textura, proporcionando estimaciones de flujo más precisas que otros métodos en circunstancias complicadas. Además, esta técnica ha demostrado tener un bajo costo computacional, ha tenido un mejor desempeño sobre glaciares descubiertos que otras formas de cálculo y su uso sobre glaciares cubiertos no se ha encontrado en la literatura. Estas mediciones son validadas con los datos de terreno obtenidos por la Dirección General de Aguas y luego utilizadas para analizar el movimiento de cuerpos en otras áreas de los Andes centrales. El glaciar seleccionado para validación corresponde al glaciar cubierto de detritos Pirámide. Este cuenta con mediciones de posicionamiento de 10 crucetas instaladas en su superficie por la DGA, con disponibilidad de datos desde al menos abril 2021.

Se busca contribuir significativamente a mejorar nuestra comprensión de la cinemática glacial y proporcionar herramientas prácticas y eficientes para monitorear el desplazamiento de la superficie de los glaciares.

Keywords: Glaciares cubiertos de detritos, Percepción remota, Cinemática

Financing: El trabajo se enmarca en el proyecto FONDEF ID21110305 "Desarrollo de un sistema de monitoreo de glaciares rocosos y cubiertos de detritos con uso de sensores remotos e inteligencia artificial".

Acknowledgments: Se agradece a la Dirección General de Aguas (DGA) por su colaboración al compartir los datos de terreno fundamentales y al Centro de Modelamiento Matemático (CMM) por brindarnos acceso a sus instalaciones y recursos.

15

DC513FP

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Luis Ernesto Diez FARIÑAS

Cartografía del cambio: Evolución del glaciar de La Maladeta (2010 - 2020)

Luis Ernesto Diez Fariñas^{1,2}, Adrián Martínez Fernández^{1,3}, Enrique Serrano Cañadas^{1,2}, José Juan de Sanjosé Blasco^{1,4}, Manuel Gómez Lende^{1,5}, Alfonso Pisabarro^{1,6}

(1) PANGEA Research Group, Natural Heritage and Applied Geography, Universidad de Valladolid, Valladolid, Spain(2) Department of Geography, Universidad de Valladolid, Valladolid, Spain(3) Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Burgos, Spain(4) NEXUS Research Group Engineering, Territory and Heritage, Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain(5) Department of Geography, Urban and Regional Planning, Universidad de Cantabria., Santander, España(6) Department of Geography and Geology, Universidad de Leon, León, España

La cordillera de los Pirineos se extiende desde el mar Mediterráneo hasta el golfo de Vizcaya a lo largo de 450 km y alcanza una altitud máxima de 3404 m s.n.m. en el Pico Aneto. Es una cadena montañosa formada tras la colisión continental entre las placas ibérica y europea durante la orogenia alpina. Se organizan en grandes unidades morfoestructurales, pero solo las Sierras Interiores y los Pirineos Axiales se encuentran a una altitud suficiente para albergar glaciares en la actualidad. Los pequeños glaciares son uno de los mejores indicadores de las variaciones climáticas y sus efectos a corto plazo.

Situado en los Pirineos españoles, el glaciar de La Maladeta es uno de estos glaciares. Su observación sistemática comenzó en la década de 1980, siendo uno de los pocos glaciares pirenaicos con un frente en forma de lengua. Este estudio presenta la evolución de la lengua glaciar de La Maladeta a lo largo de una década (2010-2020) mediante técnicas geomáticas (estación total, TLS y UAV).

El objetivo es analizar en detalle la pérdida de superficie y espesor del glaciar y su transición de ser un glaciar con una lengua parcialmente determinada por el clima a un glaciar de circo topoclimáticamente determinado. Los resultados revelan un retroceso de la lengua de más de 5 m/año y pérdidas de área de más de 0,2 ha/año, junto con pérdidas de espesor y volumen de hielo de 1,7 m/año y más de 21.103 m³/año, respectivamente. Si esta tendencia continúa, la lengua, y posiblemente el glaciar de La Maladeta, podrían desaparecer a finales de la década de 2030.

Keywords: geomática, glaciología, cambio global, monitorización

16

LB119MK

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: David Farias-Barahona

QFuego-Patagonia: un completo conjunto de datos sobre glaciares de la Patagonia y Tierra del Fuego

David Farias-Barahona¹, Team QFuego-Patagonia²

(1) Universidad de Concepción, Geografía, FAUG, Victor Lamas 1290, Concepción, Chile(2) *La lista completa de autores estará en la presentación.

La Patagonia y Tierra del Fuego (Fuego-Patagonia, 45°S a 56°S) albergan los grandes campos de hielo conocidos como el Campo de Hielo Patagónico Norte (NPI) y el Campo de Hielo Patagónico Sur (SPI), así como otras áreas glaciadas significativas como Cordillera Darwin (CD), Isla Santa Inés, Isla Hoste, y cientos de glaciares más pequeños. En total, esta cobertura de hielo suma una superficie aproximada de 22.000 km², lo que supone alrededor del 80% del total de Sudamérica.

A lo largo del siglo XX, gran parte del conocimiento sobre estos glaciares se basó en mediciones *in situ* y en datos extraídos de las incipientes técnicas de teledetección. Estos esfuerzos fueron llevados a cabo principalmente por científicos de Argentina, Chile, Alemania, Estados Unidos, Francia, Japón y el Reino Unido, además de las continuas contribuciones de instituciones gubernamentales de Chile y Argentina.

Debido al mayor acceso a nuevos y más precisos satélites, sensores ópticos y de radar, métodos geofísicos, instrumentos meteorológicos y la sofisticación de los modelos numéricos, el conocimiento sobre los glaciares de Fuego-Patagonia se ha ampliado significativamente. En las últimas décadas, se han realizado actualizaciones periódicas sobre cambios de área, elevación, velocidades superficiales, determinación de espesores, etc.

En este trabajo, presentamos QFuego-Patagonia, una base de datos de los glaciares de Patagonia y Tierra del Fuego consolidada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), que se pondrá a disposición de la comunidad. Esta base de datos incluye cambios de elevación, mediciones GPR, modelado de topografía subglacial, así como series temporales de velocidades superficiales, entre otros, que sirven de base para parametrizar modelos y proyectar el futuro de los glaciares Fuego-Patagónicos. También anunciamos el nuevo portal web QFuego-Patagonia, donde algunos de los datos aquí presentados estarán a disposición de la comunidad científica (<https://qfuego-patagonia.org/>).

Keywords: Glaciares, Patagonia, Tierra del Fuego

Financing: Proyecto FONDECYT 3230146, SIA 85220007 y VRID 2023000810INI

Francisco Javier Fernandoy Pedreros¹, Gino Casassa Rogazinski^{2,3}, Pamela Alejandra Santibáñez Ávila², Dieter Tetzner⁴
(1) Universidad Andrés Bello, Laboratorio de Análisis Isotópico, Ingeniería, Viña del Mar, Chile(2) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Instituto de la Patagonia, Av. Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(3) Geoestudios, San José de Maipo, Chile(4) British Antarctic Survey, Ice Dynamics and Paleoclimate, Cambridge, United Kingdom

Los testigos de hielo son herramientas fundamentales en la investigación científica y glaciológica, proporcionando valiosa información sobre la variabilidad climática y ambiental. Estos testigos conservan una amplia gama de archivos, desde la composición isotópica del agua hasta registros biológicos y abióticos atrapados en el hielo. Los Andes chilenos son especialmente ricos en glaciares, representando entre el 70 y 80% de los glaciares de Sudamérica (Rivera *et al.*, 2016). Esto ofrece un vasto espectro de ambientes para capturar la variabilidad climática a escalas local, regional y global. La investigación existente revela esfuerzos para recuperar testigos de hielo en Chile desde finales de los años ochenta. Así se identificaron al menos 20 testigos de hielo en el sentido clásico, distribuidos en tres regiones: 4 registros en el norte (Arica a Coquimbo), 8 en el centro-sur (Metropolitana a Los Lagos) y 8 en la zona austral (Aysén y Magallanes). Además, hay numerosas perforaciones sobre glaciares de rocas, tanto con fines de exploración minera como para investigaciones científicas. El primer registro identificado es un testigo de 37,6 m del año 1985 sobre el Glaciar San Rafael (Yamada, 1987). Le siguieron diversas perforaciones en 1990 sobre el glaciar de rocas Infiernillo Sur en la mina La Disputada (Los Bronces) (Marangunic, 2013) y más de 40 perforaciones sobre los glaciares de rocas de Río Blanco para minera Andina (Janke *et al.*, 2015). Los desafíos principales para la recuperación de registros climáticos de calidad varían según la ubicación geográfica del glaciar. En el norte, la sublimación tiene un gran impacto, mientras que en el sur, la fusión superficial y altas tasas de acumulación presentan desafíos. A pesar de estos obstáculos, existe el potencial de recuperar registros de corta extensión pero de alta resolución temporal (Kohshima *et al.*, 2007), hasta miles de años (García, A., comunicación personal). Un aspecto poco explorado es el contenido microbiológico atrapado en la acumulación de nieve, lo que sugiere nuevas oportunidades de investigación (e.g. Santibáñez *et al.*, 2008). Este resumen busca fomentar el uso de datos existentes y promover nuevas iniciativas para aprovechar estas valiosas herramientas científicas.

Keywords: ice core, testigos de hielo, Chile, Andes, Hielo

18

RS134DM

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Ellie Fox

¿Un recurso hídrico? Implicaciones del concepto de "recurso" para el estudio, gestión y protección de los glaciares.

¿Un recurso hídrico? Implicaciones del concepto de "recurso" para el estudio, gestión y protección de los glaciares

Ellie Fox¹, Ernesto Schwartz-Marin², Sally Rangescroft¹

(1) University of Exeter, Geografía, Facultad de Medio Ambiente, Ciencia y Economía, Amory Building, Rennes Dr, EX4 4RJ, Exeter, Reino Unido(2) University of Exeter, Sociología, Facultad de Humanidades, Artes, y Ciencias sociales, Byrne House, St German's Rd, EX4 4PJ, Exeter, Reino Unido

La escasez de agua asociada al retroceso de los glaciares en las regiones montañosas es un asunto crítico, por lo que científicos y políticos tratan de responder a la escasez de agua desarrollando estrategias de gestión de los recursos hídricos. Esta presentación se centra en un estudio de caso sobre la gestión y protección de glaciares en los Andes chilenos. Con el propósito de examinar los procesos que convierten a los glaciares en un "recurso", y sus consecuencias para la protección de los mismos, se presentan los resultados del análisis cualitativo de entrevistas realizadas a expertos en glaciología, política y grupos ambientales. Además del análisis de documentos relacionados con la gestión de los glaciares como recurso hídrico en Chile, esta investigación presenta dos conclusiones claves. En primer lugar, muestra cómo las campañas ambientales, la ciencia y la política interactúan para construir el concepto de los glaciares como un "recurso hídrico". En segundo lugar, la investigación analiza las implicaciones de este marco de "recurso hídrico" para ayudar a orientar los esfuerzos científicos hacia la efectiva gestión y protección de los glaciares.

En síntesis, cuando conceptualizamos y gestionamos los glaciares como recursos hídricos, su protección es condicional, ya que se basa en cuánto se valoran por su función como almacenadores y proveedores de agua. Esta situación cambia con el tiempo y cambia también, con los valores dominantes bajo una lógica neoliberal no sustentable ambientalmente. Por lo tanto, a medida que aumenta la preocupación mundial por la escasez de agua provocada por el retroceso de los glaciares, un análisis crítico de los supuestos y lógicas implícitas en la gestión de los recursos hídricos de los glaciares se vuelve cada vez más importante.

Keywords: Protección de los glaciares, Recursos hídricos, Valores, Riesgo ambiental, Geografía humana

Financing: Esta investigación fue financiada por las becas siguientes: Centro de Formación Doctoral del UKRI en Environmental Intelligence (UKRI EP/S022074/1); Royal Geographical Society del Reino Unido HR MILL Trust Fund (PRA 38.23); y CiC Early Career Grant (World Climate Research Programme).

Acknowledgments: Agradezco a los participantes de la investigación por compartir experiencias, conocimientos y tiempo; a mis supervisores del doctorado para el apoyo de la colección de datos; y al equipo ciencia ciudadana de CEAZA por el terreno y por su conocimiento.

19

NS873PL

Area: Hidrología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Felipe Cristian Fuentes Carrasco

Estimación del aporte hídrico de glaciares de rocas en la subcuenca del río Hurtado, región de Coquimbo, Chile

Felipe Cristián Fuentes Carrasco¹, Cristóbal Machuca¹, Luis López¹, Paula Olea³, Cecilia Donoso², Miguel Ortiz², Roberto Nicolás Merino², Oriol Monserrat³, Ivo Fustos⁴, Benjamin Robson⁵

(1) Sernageomin, Departamento de Geología Aplicada, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile(2) Sernageomin, Departamento de Geología General, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile(3) Centre Tecnologic de Telecomunicacions de Catalunya(4) Universidad de la Frontera, Temuco, Chile(5) Universidad de Bergen, Noruega

La subcuenca del río Hurtado se encuentra en la región de Coquimbo y en su parte alta se encuentran criofomas asociadas a los Andes semiáridos de Chile central.

Para lograr estimar el aporte de agua de las criofomas, la metodología utilizada en este proyecto consiste en el uso de tecnologías recientes como es el uso de drones para la creación de modelos 3D de alta resolución, en combinación con equipos de GPS diferencial para ajustar los modelos a resoluciones de error centimétricas, para poder comparar los modelos obtenidos con una diferencia temporal aproximada de 1 año, con el fin de obtener la diferencia de volumen en los glaciares de roca, y así correlacionar el agua equivalente que se derritió en estos cuerpos con las estimaciones de agua equivalente que estaría presente en los glaciares de roca de la subcuenca del río Hurtado. Acompañan estos resultados una cartografía geológica y geomorfológica para el área de estudio, así como también el análisis hidrogeoquímico (elementos mayores, menores y traza) y de isótopos estables. Las muestras se tomaron principalmente en las lagunas supraglaciares, esteros, un glaciarete y colectores de precipitación. Además, se realizaron cinco perfiles gravimétricos, que permitieron estimar el espesor de las criofomas, así como también un análisis de imágenes satelitales, utilizando la metodología de interferometría diferencial de radar con dispersores permanentes (DInSAR y PSI) para determinar la magnitud y la velocidad de desplazamiento de las criofomas.

Finalmente, la combinación de las técnicas utilizadas ha permitido estimar el aporte hídrico de las criofomas, el que corresponde a 32 l/s al año de aporte de los glaciares de roca El Ternero Alto, Quebrada Amarilla y del glaciar de montaña El Volcán, lo que equivale a un 18% de la recarga del balance hídrico de la subcuenca del río Hurtado

Keywords: Aporte hídrico, Chile, UAV, Glaciares de rocas, Región de Coquimbo

Financing: Este proyecto se ha financiado mediante fondos de Sernageomin.

Acknowledgments: A todos y todas los que han participado en este proyecto de una u otra forma, conductores, analistas SIG, de laboratorio, colegas que han ayudado en las discusiones y metodologías y a toda mi familia.

20

TN318QQ

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Natalia Gallo Ramírez

Estudio de la dinámica y condicionantes para la ocurrencia de GLOFs en lagos represados por hielo

Estudio de la dinámica y condicionantes para la ocurrencia de GLOFs en lagos represados por hielo

Natalia Gallo Ramírez¹, Camilo Rada Giacaman¹

(1) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Instituto de la Patagonia, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile

Los lagos represados por glaciares están presentes en muchos de los principales cordones montañosos alrededor del mundo, y debido al cambio climático han ido aumentando en el tiempo. Estos lagos a veces pueden presentar vaciamientos repentinos y abruptos, denominados GLOFs por su sigla en inglés (Glacial Lake Outburst Floods). Al ocurrir un GLOF, este puede generar inundaciones en localidades aledañas, ocasionando pérdidas materiales y de vidas humanas, además de afectar a los ecosistemas cercanos. Es por esto, que resulta relevante estudiar la dinámica de este fenómeno, que podría permitir mejoras significativas en la prevención de riesgos y en la planificación de actividades e infraestructuras en zonas afectadas.

Para este trabajo se propone estudiar la dinámica de los GLOF originados en lagos represados por hielo utilizando registros percepción remota con registros de imágenes entregadas por la plataforma satelital Planet. Como prueba de concepto, se estudiaron seis lagos represados por hielo generando series de tiempo del área de cada lago.

Se plantea que los GLOFs represados por glaciares poseen un "ciclo de vida", el cual consta de cinco etapas: formación, crecimiento, vaciamientos, decaimiento y término. A partir del estudio de la duración de cada una de estas etapas, la frecuencia de sus vaciamientos y los cambios de volumen de agua, proponemos buscar patrones comunes en los ciclos de vida de los lagos estudiados. A futuro, esperamos explorar el valor predictivo de estos patrones para predecir la evolución futura de lagos represados por hielo y GLOFs asociados.

Keywords: GLOF, Dinámica, Lago Glaciar, Percepción Remota

Financing: Centro de Investigación Gaia-Antártica (CIGA), Escuela de Posgrado de la Universidad de Magallanes y proyecto FONDEF SAGAZ (ID21|10094).

Acknowledgments: Plataforma Planet.

21

DN784QR

Area: Glaciología cuaternaria

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Juan Luis García

¹⁰Be dated glacial to periglacial transition in the subtropical semiarid Andes at the Pleistocene-Holocene boundary

Juan-Luis García¹, Javiera Carraha¹, Hans Fernández-Navarro², Francia Pérez¹, Samuel U. Nussbaumer³

(1) Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile(2) Universidad de O'Higgins, Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales (ICA3), San Fernando, Chile(3) University of Zurich, Department of Geography, Zürich, Switzerland

The response of glaciers to imposed climate change represent a major transformation in high mountain ice-rich areas worldwide. Atmospheric warming and circulation reorganization at the end of the last ice age represent the most important climate change of the last 100,000 years and provide an opportunity to uncover how the southern subtropics responded to climate amelioration. The latter is a pre-requisite for a better insight of governing geomorphic processes driving the apparent glacial to periglacial transition and future transformation of glaciers with global warming. Moreover, there is a need for extensive mapping and chronologic records on ice-derived landforms to better understand the association between glaciers and rock glaciers. In this paper, we aim to reconstruct the geomorphic imprint of the last glacial-interglacial transition in the high Andes of the Río Limarí Basin (30-31°S) in the subtropical semiarid western Andes of Chile. 74 new ¹⁰Be ages date at least two glacial advances during the last ice age; first during pre-Last Glacial Maximum (LGM) time, one by 41.2 ± 0.6 - 35.0 ± 0.5 ka during the Marine Isotope Stage 3; then during the LGM culminating between 21.6 - 18.2 ka. A following deglaciation trend left main valleys glacier-free by 17.6 ± 0.2 ka early in the Termination. Conspicuous periglacial landforms superimposed on the LGM hummocky moraines denote Lateglacial permafrost conditions reworked glacial deposits between 15.5 ± 0.3 and 13.6 ± 0.3 ka. Thus, our data indicate that a glacial to periglacial transition occurred in the Andes at the Pleistocene-Holocene boundary. Concomitant extensive Lateglacial advances south of 31°S suggest that both latitude and elevation factors determined if glacial or periglacial conditions dominated the subtropical high Andes in link with the position of the southern westerly winds at the end of the last ice age.

Keywords: Last Glacial Maximum, Last Glacial Termination, Glaciers, Rock glaciers, Permafrost

Financing: FONDECYT #1200935, FONDECYT #1241043.

Acknowledgments: We thank Diego Romero and Roberto Merino for their assistance during fieldwork, as well as Hacienda El Bosque for facilitating access to the study area.

22

JM637RH

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Ayón García Piña

Balance de masa geodésico del glaciar Del Potro (2000-2023): una contribución al conocimiento glaciológico en la macrozona norte de Chile

Ayón García Piña¹, Christopher Ulloa Correa¹, Daniela Carrión Olivares²

(1) Universidad de Atacama, IDICTEC, LICA, Copayapu 485, Copiapó, Chile(2) Dirección General de Aguas (DGA), División de Hidrología, Morandé 59, Piso 8, Santiago, Chile

El glaciar Del Potro representa un componente crítico en el sistema hídrico de la zona norte de Chile y Argentina, ubicado por el lado chileno en la cuenca del río Copiapó y la subcuenca del río Pulido. Con una extensión en Chile de 4.8 km², este glaciar de montaña figura como el más grande de la macrozona norte y se destaca por su importancia binacional. El objetivo principal de esta investigación, enmarcada en los estudios de monitoreo intensivos, desarrollado por la Universidad de Atacama por encargo de la Dirección General de Aguas (DGA), es realizar un balance de masa geodésico detallado para el glaciar Del Potro. Se emplearon datos del modelo de elevación digital SRTM proporcionado por el USGS (febrero 2000) y un DEM generado a partir de un levantamiento LiDAR efectuado al término de la temporada de deshielo (30/03/2023). Este último fue obtenido mediante el uso del equipo REIGL VZ-6000 long-range TLS por el equipo de la DGA. La metodología se centró en la comparación de estos modelos para calcular el balance de masa del glaciar desde el año 2000 hasta el 2023. Los resultados indican una notable pérdida de masa glaciar en el periodo estudiado, con un balance negativo de -8,39 metros equivalentes de agua. Esto se traduce en una disminución de 42,76 millones de m³ de agua, o 47,51 millones de m³ de hielo, lo que resalta la acelerada reducción del volumen del glaciar Del Potro. La pérdida significativa de hielo en el glaciar Del Potro refleja la vulnerabilidad de los glaciares en la macrozona norte a los efectos del cambio climático. La incertidumbre en las mediciones, debido a las diferencias en la resolución de los datos empleados, sugiere la necesidad de realizar estudios adicionales para obtener estimaciones más exactas y entender mejor las dinámicas glaciares en la región. El estudio proporciona evidencia crítica sobre la rápida disminución del glaciar Del Potro, destacando la importancia del estudio de estos cuerpos de hielo y su contribución al equilibrio hídrico en regiones áridas.

Keywords: Glaciar Del Potro, Balance de masa geodésico, Andes desérticos, Atacama

Financing: Monitoreo de detalle intensivo del glaciar Del Potro, región de Atacama, macrozona norte, 2022-2023, S.I.T. N° 538.

Acknowledgments: Se agradece a la Universidad de Atacama y a la Dirección General de Aguas por el financiamiento de los estudios, al Sr. Adrien Tavernier por su apoyo técnico y al equipo del LICA por el apoyo en todo el proceso.

Los recursos hídricos nivales son una de las principales fuentes de agua dulce en el mundo, por lo que su susceptibilidad a cambios en las condiciones climáticas (Barnett *et al.*, 2005) debe tratarse rigurosamente al realizar simulaciones hidrológicas. Por ende, en regiones montañosas donde abunda el agua en forma de nieve, los modeladores hidrológicos se encuentran con la necesidad de realizar estimaciones realistas de la influencia de la topografía local sobre forzantes meteorológicas. Sin embargo, no se ha realizado un estudio sistemático sobre cómo la elección de distintas estrategias para representar el efecto orográfico sobre la precipitación impacta en los resultados de simulaciones hidrológicas. Para llevar a cabo este análisis, en este trabajo se seleccionaron cuatro cuencas chilenas de montaña emplazadas en la cordillera de los Andes extratropical (Estero Pocuero en el Sifón, Río Mapocho en Los Almendros, Río Colorado en Junta con Palos, y Río Biobío en Llanquén), para las cuales se obtuvieron datos meteorológicos desde el producto grillaado CR2MET y los reanálisis ERA5 y ERA-Interim, para el período de 1979 – 2015. Usando el modelo hidrológico distribuido VIC (Liang *et al.* 1996), complementado con el modelo de rastreo mizuRoute (Mizukami *et al.*, 2016), se configuraron siete distintos casos de simulación que, junto al caso base de celdas planas sin discretización vertical, buscan representar con distintos niveles de complejidad la variabilidad espacio-temporal del gradiente orográfico sobre la precipitación. Con este propósito, se compararon valores simulados de escorrentía, flujos de agua y equivalente de agua en nieve (SWE por sus siglas en inglés) para todos los casos alternativos de modelación con el caso base.

Los resultados muestran cómo, salvo por un caso particular en el cual se hace hincapié en el estudio, la implementación de discretización vertical en los valores simulados de escorrentía a nivel de cuenca no genera grandes efectos al comparar con el caso base. Sin embargo, existe un notable impacto en la variabilidad espacial y en los valores de las simulaciones de precipitación líquida, precipitación sólida, sublimación, evapotranspiración, derretimiento, escorrentía y de SWE del 1 de septiembre en todos los años estudiados, con gran variabilidad de resultados dependiendo de la cuenca. Finalmente, se buscó realizar una caracterización de las celdas que presentan mayor sensibilidad a representaciones variables del gradiente orográfico sobre la precipitación, observándose en estas una menor elevación relativa dentro de la cuenca y un mayor rango de elevación a escala subcuadrícula.

Keywords: Precipitación orográfica, Modelación hidrológica, Hidrología de la criósfera, Variabilidad subcuadrícula

25

RM539DJ

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Ana Hernández Duarte

Balance de Género en las Investigaciones Glaciológicas de los Andes

Balance de género en las investigaciones glaciológicas de los Andes

Ana Huaico Malhue⁵, **Ana Hernández Duarte**¹, Elizabeth Lizama², María José Herrera Ossandón², Marion San Juan⁴, Nelly Calderón de la Barca³

(1) Universidad de Playa Ancha, Ciencias y Geografía, Ciencias Naturales y Exactas, Valparaíso, Chile(2) Universidad de Concepción, Chile(3) Universidad Autónoma de Baja California, México(4) Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile(5) Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Existe evidencia de las inequidades de género en el quehacer científico a nivel mundial, sin embargo, están escasamente documentadas en el contexto latinoamericano. Esta investigación tiene por objetivo caracterizar el aporte de las mujeres en las geociencias de los glaciares en los Andes. Se realizó una revisión bibliométrica en la Web of Science (WoS) de 421 artículos científicos entre 1983-2022, profundizando en el análisis de 52 investigaciones lideradas por mujeres entre 2018-2022. Se examinaron aspectos como el origen o nacionalidad de las investigadoras, las temáticas abordadas, las metodologías utilizadas y las áreas de estudio específicas de los Andes abordadas en estas investigaciones. Además, se discuten las principales percepciones de las investigadoras respecto a la equidad de género mediante una encuesta en línea. Los resultados revelan un aumento gradual en la participación de mujeres como autoras principales en las últimas décadas, desde la primera década analizada con un 8%, hasta alcanzar un 30% en la última década, aunque ese porcentaje aún se encuentra por debajo de la representación masculina. Predominantemente, las investigadoras tienen origen en Latinoamérica (46%) y Europa (42%) y sus áreas de estudio dentro de los Andes se distribuye tanto en el área tropical, subtropical y extratropical. Las técnicas y metodologías más utilizadas se basan principalmente en datos de campo propios y en percepción remota. Los resultados de la encuesta identifican los principales desafíos en la trayectoria académica, como recursos financieros limitados, falta de reconocimiento, dificultades para establecer colaboraciones profesionales, resistencia a la autoridad masculina y restricciones de tiempo debido a responsabilidades de cuidado. Esta investigación es una línea de base para evidenciar el desequilibrio de género aún existente en las geociencias en los Andes. Se insta a seguir indagando en esta problemática y en la búsqueda de medidas concretas para garantizar una representación equilibrada de género en todas las facetas de la investigación geocientífica en los Andes.

Keywords: Género, Geociencias, Andes

Financing: Esta investigación fue financiada por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) a través del Proyecto Anillo ACT210080.

Acknowledgments: Se agradece a cada una de las investigadoras que aportaron anónimamente a la investigación.

26

HK475BT

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Jorge Huenante

Evolución volumétrica del glaciar Echaurren Norte, Región Metropolitana, Chile

Jorge Huenante¹, Franco Buglio², Hernán Puga³, Javiera González⁴

(1) Dirección General de Aguas, División de Hidrología, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Santiago, Chile(2) Dirección General de Aguas, Departamento de Estudios y Planificación, Santiago, Chile(3) Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, Cartografía y Geomática, Santiago, Chile(4) Universidad de Valparaíso, Escuela de Ingeniería en Medioambiente, Facultad de Ingeniería, Valparaíso, Chile

El glaciar Echaurren Norte corresponde a un glaciar de referencia para Sudamérica y su evolución es de gran importancia para la caracterización del comportamiento regional de los glaciares andinos. Este glaciar, según imágenes aéreas del año 1955, abarcaba un área superficial de 45 hectáreas, y recientemente se encuentra en la etapa final de transformarse en un glaciar cubierto de detritos, habiéndose fragmentado en 3 pequeñas partes, que sumadas, representan un área superficial de 17 hectáreas al año 2023.

En base a mediciones geofísicas y métodos de interpolación realizados por y para la Dirección General de Aguas en los últimos años, se ha determinado el volumen de hielo del glaciar. En este trabajo se presentan los resultados de mediciones GPR (Ground Penetrating Radar) sobre el glaciar Echaurren Norte (2016, 2018 y 2021-2023), donde se aprecia una considerable y acelerada disminución tanto del volumen como del área superficial del hielo que lo compone.

Asimismo, tomando el contorno definido para el glaciar en 1955 y modelos de elevación digital actuales de alta resolución se logró, con ciertas consideraciones, estimar el volumen de hielo del glaciar para esa fecha. Por último, a partir de dicha información conjunta se realiza una proyección de la evolución del volumen de este glaciar para los años venideros.

Keywords: GPR, Volumen, DEM, Interpolación, Glaciar Echaurren Norte

Financing: Datos obtenidos en el contexto del monitoreo glaciológico anual que realiza la Dirección General de Aguas (DGA), Subdivisión de Glaciología y Nieves (SDGN).

Acknowledgments: A todo el equipo de la DGA presente y pasado que mantienen los monitoreos y la obtención de datos de glaciares y nieves a nivel nacional.

27

KQ843NB

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Iñigo Irarrázaval

Cambios abruptos en la zona terminal del glaciar Exploradores y su impacto en el sector turístico

Iñigo Irarrázaval¹, Jorge O'Kuinghttons², Benjamín Sotomayor¹

(1) Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), José de Moraleda 16, Coyhaique, Chile(2) Dirección General de Aguas, Riquelme 465, Coyhaique, Chile

La zona de ablación del glaciar Exploradores está en un punto de inflexión. Descrito en la literatura como un glaciar terminado en tierra, la existencia de una depresión topográfica y el observado desarrollo de lagunas supraglaciares y marginales dan cuenta de la evolución hacia un glaciar terminado en lago. Esta transición es relevante dado que glaciares en contacto con masas de agua pueden acelerar su pérdida de masa y modificar su dinámica. Igualmente, es importante destacar que el glaciar Exploradores es visitado por más de 9000 turistas al año a través de la actividad turística guiada 'caminatas en el hielo'. Esta actividad conlleva un aporte significativo en la economía local. En este contexto, el día 7 de octubre de 2023 ocurrió un colapso del glaciar en el borde oriental con una laguna marginal. El colapso de 0,88 km² aumentó la superficie de la laguna a 3,1 km². Si bien se han observado colapsos anteriormente y el aumento en superficie de la laguna es esperable dentro de la configuración actual del glaciar, este evento ocurrió en una zona cercana al desarrollo de las caminatas guiadas en su superficie. Dado lo anterior, la continua expansión de lagunas y lagos en el frente y borde del glaciar implica reevaluar la factibilidad de desarrollo futuro de la actividad turística como se conoce hasta la fecha.

En este estudio, presentamos resultados de levantamientos fotogramétricos con dron, donde se analizó y cuantificó en detalle los cambios ocurridos en la zona de ablación (primeros 5 km del glaciar) de los últimos años. Se incluye análisis de detalle con levantamientos pre y post eventos de colapso mayores, monitoreo de lagunas supraglaciares y expansión de la laguna marginal. Además, se identificaron zonas donde ocurren los mayores cambios en la superficie del glaciar: cercana al borde de la laguna marginal este, zonas de formación de nuevas grietas y lagunas, y cambios en la zona cubierta por detritos. Los resultados de este análisis buscan aportar a la discusión y facilitar a los operadores turísticos y tomadores de decisiones acerca del desarrollo de las actividades realizadas en el glaciar Exploradores.

Keywords: Lagos proglaciares, Turismo, Glaciar Exploradores

Financing: PATSER-CIEP, Postdoc ANID 3230337, asesoría Dirección General de Aguas.

Acknowledgments: Se agradece a la Dirección General de Aguas y a la Corporación Nacional Forestal.

28

DN988NJ

Area: Hidrología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Sebastian Krogh Navarro

Impactos del rebrote de árboles en la acumulación y derretimiento de nieve en cuencas de montaña

Sebastian Krogh Navarro¹, Adrian Harpold⁵, Louis Graup², Naomi Tague², Patrick Broxton⁶, Gabrielle Boisrame⁴, Lucia Scaff³
(1) Universidad de Concepción, Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile(2) University of California, Santa Barbara, Estados Unidos(3) Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Concepción, Chile(4) Desert Research Institute, Reno, Estados Unidos(5) University of Nevada, Reno, Reno, Estados Unidos(6) University of Arizona, Tucson, Estados Unidos

La escorrentía de deshielo en la Sierra Nevada, California, EE.UU., es vital para el ecosistema y comunidades aguas abajo que dependen de su temporalidad y magnitud, de manera similar a lo que ocurre en Chile central. La interceptación y sublimación de nieve por el dosel de los árboles impacta los procesos de acumulación y derretimiento de nieve, ya que intercepta nieve y radiación solar. Es por esto que la tala de bosques es una forma de gestionar el manto de nieve, además de disminuir el riesgo de incendios forestales de gran intensidad. El efecto de la tala de bosques en la acumulación y derretimiento de nieve ha sido estudiado previamente, sin embargo, no se conoce el impacto a largo plazo del rebrote de árboles en el manto de nieve. Este estudio acopla un modelo de base física de nieve de 1 m de resolución espacial basado en datos LiDAR (SnowPALM) con un modelo ecohidrológico (RHESys) para cuantificar la coevolución entre el crecimiento de árboles y el manto de nieve tras dos escenarios de perturbación (adelgazamiento y tala completa) durante 40 años en la Sierra Nevada de California. Se analiza el impacto de la intervención forestal (escenario de adelgazamiento de bosque y tala total) en el manto de nieve asumiendo que el bosque no rebrota (análisis de estudios previos) y se compara con escenarios que incluyen el rebrote de árboles. En los escenarios sin rebrote, la acumulación y derretimiento de nieve aumentan en promedio un 5% y un 13%, en los escenarios de adelgazamiento y tala total, respectivamente. Con rebrote, la tasa media de crecimiento de árboles es de 0,75 a 1,75 m/década, lo cual está dentro del rango estimado con datos LiDAR. El crecimiento de los árboles reduce el beneficio de la remoción de árboles en la acumulación y derretimiento de nieve. En promedio, se observa una disminución consistente de los volúmenes de deshielo en el tiempo, con tasas de 2,5 a 0,9 mm/década para los escenarios de adelgazamiento y tala total, respectivamente. Estas tasas se explican por el aumento en la capacidad de interceptación de la nieve por los árboles, y su sublimación, lo cual disminuye la nieve acumulada en superficie. Este estudio nos ayuda a comprender de mejor forma la interacción entre bosques y manto de nieve tras intervenciones forestales, siendo crucial para la planificación de la restauración forestal en la Sierra Nevada y otras zonas similares.

Keywords: nieve, bosques, deshielo, modelación, Lidar

29

QS811PH

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Ivan Latorre Vera

Reconstrucción de avalanchas de nieve en Ruta Internacional 115-CH (Paso Pehuenche)

Iván Latorre¹, Marius Schaefer²

(1) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Valdivia, Chile(2) Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias de la Tierra, Valdivia, Chile

La modelación de avalanchas de nieve es una tarea compleja dado que la dinámica del movimiento no está completamente entendida, y las condiciones meteorológicas que las forman, tampoco. Los modelos numéricos para determinar alcance y presiones de impacto funcionan bien ya que se calibran con eventos pasados. En este trabajo se presenta la reconstrucción y modelación numérica de 4 eventos registrados en 2 sendas (Campanario y la Biblioteca) que amenazan anualmente la Ruta Internacional 115-CH (Paso Pehuenche), así como una extrapolación de los resultados a 208 potenciales áreas de liberación de avalanchas con objeto de explorar la amenaza a la ruta. Para la caracterización de las áreas y volúmenes de liberación de los 4 eventos en Campanario y la Biblioteca se realiza una revisión bibliográfica, fotográfica, documental y satelital, mientras que la caracterización de las otras 206 áreas de liberación se lleva a cabo mediante la elaboración de una base de datos a partir de digitalización cartográfica. La modelación numérica de las avalanchas de nieve densa se realiza mediante la metodología Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) de SAMOS-AT dentro del entorno de trabajo AvaFrame, con objeto de encontrar rangos plausibles del coeficiente de fricción μ . Los resultados muestran que para el evento de 2018 de la senda Campanario, el rango plausible de μ se encuentra entre 0,18 y 0,22, mientras que para el evento de 2022 entre 0,19 y 0,21. En la Biblioteca se tiene registro de 2 eventos ocurridos en octubre de 2018, cuyos resultados muestran que para el primer evento, el rango plausible de μ se encuentra entre 0,30 y 0,32, mientras que para el segundo entre 0,30 y 0,33. Estos resultados sugieren que se debe hacer distinción en los rangos de μ para la extrapolación de esta información al resto de las sendas de la ruta, con valores de μ más bajos para avalanchas grandes y altos para avalanchas pequeñas. Con esta información, se realiza una modelación exploratoria de las 208 sendas cartografiadas en la ruta, para eventos asociados a períodos de retorno de 10, 30 y 100 años (624 modelos independientes), y se desarrolla un mapa de amenaza de avalanchas de nieve para la ruta. Se analizan los tiempos de modelación y se concluye que AvaFrame es una herramienta útil para trabajar eventos detallados a escala local, como también a gran escala, sin necesidad de hardware especializado. Por otro lado, los resultados muestran la dependencia del alcance de las sendas respecto del volumen de liberación. Se concluye la necesidad de aumentar el monitoreo y registro sistemático, en la Ruta 115-CH, de eventos de avalanchas de nieve, que permita caracterizar más sendas en distintos rangos de volúmenes, y así dar paso a una cartografía de avalanchas robusta para toda la ruta.

Keywords: Avalanchas, Nieve, AvaFrame, SAMOS-AT, Modelación

30

HH522GG

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Shelley MacDonell

Avances para la modelización de la criósfera y el clima: Teledetección de alta resolución del glaciar Tapado

Shelley MacDonell^{1,2}, Benjamin Robson³, Gonzalo Navarro², Álvaro Ayala², Christophe Kinnard⁴, Daniel Thomas³, Eduardo Yáñez²
(1) University of Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda(2) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), La Serena, Chile(3) University of Bergen, Bergen, Noruega(4) Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Canadá

Una mejor comprensión de los procesos y conexiones hidrológicas en la alta montaña facilitará la posibilidad de proyectar la respuesta glacio-hidrológica de los Andes semiáridos bajo futuros escenarios climáticos. Para lograr eso, necesitamos datos de entrada y validación más robusta que permitan perfeccionar nuestra habilidad de modelar estos procesos glacio-hidrológicos. Esta investigación se centra en el glaciar Tapado, un glaciar de gran altitud situado en los Andes semiáridos de Chile, utilizando una serie de datos de teledetección de alta resolución. El glaciar Tapado comprende una sección de hielo limpio (0,93 km²), una zona cubierta de escombros (0,32 km²) y un glaciar de rocas (0,85 km²). Aunque estudios anteriores han examinado los cambios decenales del glaciar para comprender la respuesta criosférica al cambio climático, estos carecían del detalle necesario para analizar las características superficiales a pequeña escala, como los penitentes de hielo o el hielo expuesto, que son cruciales para comprender los procesos de pérdida de masa de los glaciares.

En este estudio, empleamos una combinación de métodos de recopilación de datos topográficos, incluidos vehículos aéreos no tripulados (UAV), escaneo láser terrestre (TLS) e imágenes del satélite estereo Pléiades Neo, que cubren un período de dos años (2022-2024).

Nuestros resultados proporcionan información sobre los cambios estacionales y anuales del glaciar, lo que nos permite cuantificar no sólo los cambios de masa del glaciar, sino también procesos no medidos previamente en el glaciar Tapado, como la acumulación y ablación de nieve sobre el campo de penitentes.

Esperamos que este estudio permita comprender mejor cómo las características superficiales a pequeña escala pueden influir en los cambios de masa de los glaciares. Finalmente, este trabajo forma parte importante de un plan de modelización en desarrollo para mejorar el pronóstico del comportamiento hidrológico de las cuencas altas de la región semiárida.

Keywords: Balance de masa, Percepción remota, Vehículos aéreos no tripulados, Escaneo láser terrestre

Financing: ANID-Regional R20F0008; Dirección General de Aguas.

Acknowledgments: Agradecemos a ESA por los datos Pléiades y Pléiades Neo; a la DGA por el apoyo al monitoreo del glaciar y los datos LiDAR; y a los asistentes de terreno del CEAZA y de la escuela de verano.

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Fernanda Manríquez Jaramillo

Sondajes en glaciares de rocas: Una experiencia con perspectiva de género

Sondajes en glaciares de rocas: Una experiencia con perspectiva de género

Fernanda Manríquez Jaramillo¹, Javiera Carrasco Gálvez¹

(1) Geoestudios S.A., Los Aromos 3371, San José de Maipo, Chile

Esta entrega pretende analizar nuestra experiencia como supervisoras de sondajes y jefas de terreno, evidenciando problemas y soluciones, con el fin de compartir la dinámica que se vive como geocientíficas en un mundo que fomenta y presume la rápida inserción femenina.

El feminismo en la ciencia busca integrar conocimientos hasta ahora excluidos, especialmente relevantes en investigaciones sobre cambio climático, como la glaciología. Durante mucho tiempo, las mujeres fueron marginadas de las ciencias polares y glaciológicas, con un discurso dominado por la masculinidad hasta la primera mitad del siglo XX. En ese entonces, las mujeres, cuando se las mencionaba, eran retratadas como una curiosidad, refiriéndose a ellas como "niñas" que "invaden" el territorio de los hombres (Carey et al., 2016).

A partir de la segunda mitad del siglo XX, aunque algunas pocas mujeres incursionaron en la glaciología, de todas formas se enfrentaron a obstáculos como el rechazo a trabajos en la Antártida por la falta de instalaciones adecuadas para mujeres. Sin embargo, en las últimas décadas, se han implementado programas de participación femenina en ciencia y minería, como el programa "Girls on Ice" en Alaska desde 2012, y en la minería chilena, donde la participación femenina ha alcanzado el 12,6% en 2021 según el informe de COCHILCO (Roa y Contreras, 2022). Este es nuestro escenario de formación profesional y de las primeras experiencias laborales en glaciología.

En las temporadas estivales del 2023 y 2024 estuvimos a cargo de campañas de sondajes en glaciares de rocas en los Andes Centrales de Chile, siendo las únicas mujeres en la campaña, en contrarrollo. Para llegar a esta situación hubo que sobrepasar diversos obstáculos, siendo la principal preocupación llevar mujeres a terreno en contexto de alta montaña. Algunas de las aprensiones fueron: las instalaciones sanitarias, capacidad física y accidentabilidad, sin embargo, al existir la necesidad de tener un geólogo/ga por turno, se concluye la opción más factible: permitirnos ejercer nuestra profesión en terreno.

Ante estas adversidades, se presenta el conflicto propio de las mujeres en las geociencias: una preparación psicológica para realizar labores en la que es imperativo validarse, no solo como profesional en un puesto directivo, sino como persona ante otros y ante una misma, para vencer el denominado "síndrome del impostor". A lo anterior, se le suma la presión de las expectativas sociales y la autoimpuesta de ser pioneras, en donde, ser las primeras o las únicas visibiliza aún más cualquier desacierto.

Durante la operación se trabajó con la resolución de estos obstáculos. El equipo fue capaz de respetar nuestro rol como jefas de terreno. No existieron problemas para cumplir con los objetivos del trabajo, al contrario, se logró realizar el sondaje a cabalidad obteniendo testigos de hielo que permitieron una buena descripción del glaciar. Si bien nuestro caso fue favorable, la inclusión no es una realidad para todas las mujeres. La equidad de género obliga a un cambio en la cultura organizacional, dentro y fuera del marco legal obligatorio. Dicho cambio puede llevar no solo a mayor inclusión sino también más productividad.

Keywords: Glaciares de rocas, Género, Andes Centrales, Criósfera, Minería

Acknowledgments: Las autoras desean expresar su más sincero agradecimiento al equipo de Geoestudios por el apoyo en terreno y por brindar la oportunidad de compartir esta experiencia con la comunidad.

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Gonzalo Mansilla Díaz

Relación entre la caracterización química de aerosoles atmosféricos y el transporte de masas de aire cercano en Punta Arenas, Monte Fenton, Patagonia austral chilena

Gonzalo Mansilla Díaz¹, Boris Barja González², María Angélica Godoi³, Pedro Cid-Agüero³, Tamara Gorena⁴, Francisco Cereceda-Balic⁵

(1) Universidad de Magallanes (UMAG), Programa de Magister en Ciencias Antárticas, mención Glaciología, Domo Antártico, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(2) Universidad de Magallanes (UMAG), Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas (LIA), Ciencias, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(3) Universidad de Magallanes (UMAG), Centro de investigación Gaia-Antártica (CIGA), Domo Antártico, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(4) Universidad de Concepción (UdeC), Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Victoria 631, Concepción, Chile(5) Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Departamento de Química, Centro de Tecnologías Ambientales (CETAM), General Bari 699, Valparaíso, Chile

La investigación aborda la caracterización química de los aerosoles atmosféricos y la precipitación muestreada en la región suroccidental de la Patagonia, durante mayo-noviembre 2019, y su relación con los índices atmosféricos de la Oscilación Antártica (AAO), el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (SPSA) y el Anticiclón Subtropical del Atlántico Sur (SASA), que influyen en la contribución y distribución de fuentes y el transporte de aerosoles. Actuando como núcleos de condensación de nubes (CCN) y núcleos de hielo (IN), estos aerosoles contribuyen a regular la criósfera local.

El sitio de muestreo en la Región de Magallanes al sur de Chile, se ubica a 9 km al oeste de la ciudad de Punta Arenas, Monte Fenton (MF, -53,16°S, -71,05°O, 612 m s.n.m). Las concentraciones (mg L^{-1}) de iones principales (Ca^{+2} , Cl^- , K^+ , Mg^{+2} , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^- y SO_4^{2-}) y de elementos traza (Al, Br, Ca, Cl, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Ti, V y Zn), fueron cuantificadas mediante cromatografía iónica y fluorescencia de rayos X por energía dispersiva, respectivamente, distinguiéndose concentraciones de origen marino/no marino (ss/nss) y de origen litosférico/no litosférico (cr/ncr).

La concentración de iones principales varió entre un mínimo de $5,0 \times 10^{-4}$ y un máximo de $2,9 \times 10^1 \text{ mg L}^{-1}$, para el ion Ca^{+2} y Cl^- , respectivamente. Los elementos traza variaron entre un mínimo de $8,8 \times 10^{-14}$ y un máximo de $2,1 \times 10^{-5} \text{ mg L}^{-1}$, para el elemento crZn y Fe, respectivamente. Estos valores fueron relacionados con medidas de conductividad eléctrica (EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$) que variaron entre un mínimo de 15,0 y un máximo de 49,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$, con una media de 32,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$, y de pH que variaron entre un mínimo de 6,4 y un máximo de 7,4, con una media de 6,8.

La atmósfera de MF durante 2019 fue relativamente neutra (tras comparar con el estándar de pH para la lluvia o nieve sin contaminación, con un valor de 5,6) y de bajos niveles de conductividad (tras comparar con el estándar de EC, que varía entre 0,5 y 3 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para el agua destilada). Los aerosoles atmosféricos de MF fueron principalmente influenciados por fuentes marinas y litosféricas (considerando la cercanía del sitio de muestreo con la costa), y secundariamente por fuentes antrópicas.

Simulaciones de clústers atmosféricos establecieron que las masas de aire hacia MF fueron de origen antártico-Pacífico. Los análisis de clústers atmosféricos dentro de las últimas 48 h de cada muestreo, mostraron que la variabilidad de los índices atmosféricos (AAO, SPSA, SASA) pudo causar que las masas de aire (del norte o este) circularan sobre el continente, antes de arribar al sitio de estudio, durante eventos puntuales y esporádicos de 2019. Este comportamiento, junto con actividades locales (quema de leña y/o de residuos urbanos, calefacción, etc.), llevaron a enriquecimientos significativos de aerosoles de Fe, K, Mn y V.

Keywords: Aerosoles, Componentes principales, Factores de enriquecimiento, Química atmosférica, Patagonia

Financing: Proyecto de investigación interno PY-03-INV-18 de la Universidad de Magallanes (UMAG), ANID-FONDECYT 11181335, INACH 2021 N° RT 34-21, ANID-ANILLO ACT210021, ANID-FONDECYT Regular 1221526, ANID-FOVI210064, y el Centro de Tecnologías Ambientales de la Universidad Técnica Federico Santa María (CETAM-UTFSM).

Acknowledgments: Al Centro de Tecnologías Ambientales (CETAM), Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Valparaíso, Chile, y al Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas, Universidad de Sao Paulo, Brasil (IAG-USP), por los análisis químicos de iones principales y elementos traza.

Los penitentes de nieve, las delgadas y altas (hasta varios metros) cuchillas orientadas este-oeste, coincidente con la dirección del tránsito del sol, e inclinación similar al ángulo solar, son formas remanentes de la ablación de la neviza en cotas altas, climas secos y de alta insolación en verano, formando inicialmente depresiones que se agrandan y profundizan, formando cavidades y cuchillas entre ellas. Así, en las cavidades se depositan las impurezas de la neviza y de la superficie de los penitentes (que escurren con el agua de fusión) ayudando a atrapar la radiación solar y favoreciendo la fusión y profundización de las cavidades.

La temperatura en la neviza bajo las cavidades es cercana a 0°C durante el día y levemente inferior en las horas nocturnas.

Aquella en la superficie de las paredes de los penitentes es de varios grados bajo cero en la noche y cercana a 0°C durante el día, alcanzando una leve fusión (y sublimación) que corrige sus pendientes según cambia la inclinación solar. A 10 cm al interior de los penitentes la temperatura es negativa; hacia el mediodía, en la cota de 4.300 m la temperatura es, en promedio, del orden de -2,5°C en febrero y -3,1°C en marzo, y hasta una decena de grados bajo cero en la noche. Por lo general a 10 cm al interior de las caras norte las temperaturas son 0,2 a 0,5°C mayores que aquellas al interior de las caras sur.

La densidad en los penitentes alcanza comúnmente valores superiores a 0,80 g/cm³, mientras que la neviza en sus bases, de la cual provienen, posee densidades de 0,4 a 0,6 g/cm³. El valor mensual medio de una centena de testigos extraídos de penitentes con taladro saca-testigo, en los meses de enero a mayo de los años 2006 a 2009, ha sido de 0,69, 0,71, 0,72, 0,68 y 0,69 g/cm³, con un promedio de 0,70 g/cm³. En un mismo penitente la densidad es muy variada, encontrándose los valores mayores preferentemente en su parte superior.

Los MDE de levantamientos LiDAR o de imágenes satelitales, habitualmente empleados en mapeos de superficies glaciares, con resolución de 1 m y enfocados en cumplir con las precisiones de escala 1:1000 (RMSE x,y < 0,25 m; z < 0,17 m), generalmente provenientes de una nube de puntos con densidad menor a 10 puntos por m², no están concebidos para representar el nivel de rugosidad de un campo de penitentes. Se requiere capturar MDE tanto verticales como oblicuos para garantizar el cubrir las paredes verticales o extra-plomadas de los penitentes.

Considerando lo anterior, las estimaciones de recursos hídricos provenientes de la fusión veraniega de la nieve invernal deben considerar este efecto de densificación de la neviza en los penitentes, lo que resta recursos a los caudales, o retrasa la transformación de recursos hídricos sólidos a líquidos mientras se extinguen los penitentes.

Keywords: Penitente

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Jorge Mujica Urzúa

Imaginario de un desastre glaciar en la tragedia de Lago Cabrera, Hualaihué, Chile.

Imaginario de un desastre glaciar en la tragedia de Lago Cabrera, Hualaihué, Chile

Jorge Mujica Urzúa^{1,3}, Cristián Simonetti²

(1) Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Región Metropolitana de Santiago, Santiago, Chile(2) Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Región Metropolitana de Santiago, Santiago, Chile(3) Universidad Bernardo O'Higgins, Escuela de Historia y Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Av. Viel 1497, Santiago, Región Metropolitana, Santiago, Chile

A medida que la pérdida de hielo se acelera en todo el mundo a causa de los efectos del cambio climático, el interés por estudiar la relación entre humanos y glaciares ha crecido desde las ciencias sociales y las humanidades. Cuestiones como los riesgos y desastres asociados al desborde repentino de lagos glaciares (en inglés: Glacier Lake Outburst Flood o GLOF), a los avances repentinos de los frentes glaciares, o al derretimiento súbito de grandes cantidades de hielo a causa de lluvias y erupciones volcánicas, ha emergido un fructífero interés por estudiar las cambiantes relaciones entre la sociedad y la naturaleza en el contexto del calentamiento global (Cruikshank, 2005; Carey, 2008; Huggel, Haebbarli & Kääb, 2008; Rhoades, Zapata & Aragundy, 2008; Carey, 2008; Morehouse & Cigliano, 2020).

Desde esta perspectiva, se analiza el caso de la tragedia de Lago Cabrera, acaecida el 19 de febrero de 1965 en una remota zona del sur de Chile, como un desastre glaciar, a partir del cual es posible observar los imaginarios asociados a los desastres naturales y su relación con el comportamiento de los glaciares y el hielo de los Andes patagónicos asociados al cambio climático de origen antrópico. Por medio de un análisis de la extensa cobertura de prensa – que puso en el centro del protagonismo mediático a una pequeña y aislada comunidad de extractores de madera de alerce – junto con entrevistas a sobrevivientes, se distinguen las distintas caracterizaciones del desastre y las concepciones sobre la naturaleza asociadas a ellas.

Keywords: Lago Cabrera, Desastre glaciar, Sociedad-naturaleza, Calentamiento global

Financing: Proyecto Fondecyt Regular N° 1220620, "Retornos Irreversibles. Un estudio sobre imaginarios glaciares en Chile en el contexto del Antropoceno"

35

DS198LL

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Francisco Javier Fernandez Pedreros

Actualización del monitoreo de detalle del glaciar Juncal Norte, región de Valparaíso

Francisco Javier Fernandez Pedreros¹, **Luis Muñoz Gaete**¹, Yerelin Cárcamo², Ana Olivares¹

(1) Universidad Andrés Bello, Laboratorio de Análisis Isotópico, Ingeniería, Viña del Mar, Chile(2) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, La Serena, Chile

La cuenca del río Aconcagua es una de las cuencas glaciares más grandes de la zona centro de Chile y la segunda cuenca más productiva del país. En la cabecera de la cuenca del Aconcagua se encuentra el glaciar Juncal Norte, siendo este el glaciar descubierto más grande de la cuenca, naciendo en el Nevado Juncal sobre los 5000 m s.n.m., descendiendo hasta bajo los 3000 m s.n.m. En el marco del proyecto de apoyo para el monitoreo de detalle del Glaciar Juncal Norte 2023-2024 del Laboratorio de Análisis Isotópico de la Universidad Andrés Bello, en conjunto con la Dirección General de Aguas, el monitoreo continuo del glaciar se ha mantenido por las últimas tres temporadas desde el año 2021, en un esfuerzo continuo, que ha utilizado técnicas glaciológicas tradicionales como es la instalación y medición de balizas de ablación en cotas bajas (balance de masa superficial glaciológico), con técnicas modernas como modelos de superficie con LiDAR y fotogrametría con dron aéreo (balance de masa geodésico). Desde 1955 al 2021 el glaciar ha retrocedido 670 metros en su frente y ha disminuido 1,9 km² de superficie del sector del glaciar descubierto. Así mismo, en 2018 se observó el crecimiento de un lago proglaciar que hasta fines del verano de 2023 alcanzó una superficie mayor a 3 ha. Finalmente, en la temporada 2022-2023 los balances glaciológicos puntuales arrojan un descenso promedio de 10,1 m de agua equivalente, que extrapolado a toda la superficie del glaciar entrega un balance de masa glaciológico negativo de 11,3 millones m³ de agua, representando un incremento de más del 30% respecto de la temporada anterior.

Keywords: Juncal Norte, Valparaíso, Balance de masa, Cuenca del río Aconcagua

Financing: Subdivisión de Glaciología y Nieves, División de Hidrología, Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile

36

FR322NH

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Jorge O'Kuinghttons

Técnicas, procedimientos y herramientas para caracterizar fenómenos hidrológicos extremos generados en ambientes criosféricos, región de Aysén

Jorge O'Kuinghttons¹

(1) Dirección General de Aguas, Glaciología, Región de Aysén, Coyhaique, Chile

En las últimas 2 décadas se ha verificado un incremento en la periodicidad de fenómenos hidrológicos extremos, lo anterior derivado de la ocurrencia de distintos niveles de ríos atmosféricos, precipitaciones líquidas a gran altura, los cada vez más recurrentes vaciamientos repentinos de lagos glaciares (GLOFs) o las episódicas remociones en masa.

Esta creciente dinámica, demanda respuestas eficientes y eficaces en el manejo de situaciones de riesgo, por lo que se hace necesario conocer, implementar y manejar técnicas, procedimientos y herramientas para caracterizar rápidamente fenómenos hidrológicos extremos generados en ambientes criosféricos y de esta forma poder alertar a la población involucrada.

Dentro de las técnicas, procedimientos y herramientas implementadas por la Dirección General de Aguas en la región de Aysén están:

- Modificación del Sistema Hidrométrico Nacional.
- Levantamiento y confección de modelos de elevación digital en base a vuelos dron.
- Implementación de nuevas técnicas para la medición de caudales de crecidas.
- Identificación y datación de sedimentos y trazas de inundación.
- Pronósticos tempranos de frentes climáticos.
- Establecimiento de medidas precautorias frente a pronósticos extremos.
- Delimitación de áreas de inundación en fenómenos extremos recurrentes.
- Transferencia de información a grupos de personas afectadas e instituciones relacionadas.
- Implementación y mantenimiento de rutas de nieve.
- Establecimiento de distintos tipos de catastros y líneas de base, entre otras actividades.

Todo, para identificar tempranamente cambios en los patrones glaciológicos o hidrológicos que puedan representar situaciones de riesgo y poder alertar tempranamente a los organismos pertinentes.

Keywords: Riesgos, GLOF, Técnicas, Aysén, Eventos extremos

Financing: Institucional

37

GD984DS

Area: Glaciología de Antártica

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Jonathan Oberreuter Alvarez

Exploración aérea de la Península Antártica

Jonathan Oberreuter Alvarez¹, José Uribe¹, Marisella Ortega¹, Alejandro Silva¹, Jonathan Garcés¹, Sebastián Cisternas¹, Nicolás García¹, Bárbara Rojas¹, Claudio Bravo¹, Camilo Muñoz¹, César Delgado², Claudio Bunster¹, Cristóbal Rodríguez², Rodrigo Zamora¹

(1) Centro de Estudios Científicos, Glaciología y Cambio Climático, Arturo Prat 514, Valdivia, Chile(2) Armada de Chile, Plaza Sotomayor 592, Valparaíso, Chile

En noviembre de 2023 el Centro de Estudios Científicos y la Armada de Chile llevaron a cabo una campaña glaciológica a bordo de un avión naval Orion P3, que fue equipado con un LiDAR (Light Detection and Ranging), y un sistema de radar de penetración de hielo, un sistema inercial de navegación, todo lo cual permitió medir espesores de hielo y la topografía superficial de numerosos glaciares de la Península Antártica. En las últimas décadas, la Península Antártica se ha caracterizado por un aumento en las temperaturas que excede el promedio global en un factor significativo, resultando en el colapso de plataformas de hielo flotante, particularmente las ubicadas en sus regiones norte y oeste. Algunas de las consecuencias de dichos colapsos han sido las aceleraciones del flujo de hielo así como el adelgazamiento de los glaciares que alimentaban dichas plataformas desintegradas. De continuar la actual tendencia de calentamiento atmosférico observada en la parte norte de la Península Antártica, otras plataformas y glaciares podrán verse afectados, generando una mayor contribución de dichos glaciares al aumento del nivel del mar global. La exploración constó de cuatro sobrevuelos abarcando principalmente las plataforma de hielo Larsen C, Wilkins y George VI, con una distancia total medida de 6,825 km lineales. Este conjunto de datos, tanto de elevación superficial y de características del hielo, y su comparación con resultados previos (campañas P3 2002, 2004 y 2008, más los datos del proyecto Operation IceBridge de NASA), permitirán una mejor comprensión del actual cambio de los glaciares y plataformas de hielo de la Península Antártica.
Keywords: Antarctic Peninsula, Antarctic exploration, Remote sensing, Climate Change, Ice-penetrating radar

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Camilo Rada Giacaman

SAGAZ: Development of a prototype alert system to reduce the impact of glacier-related flood events

Camilo Rada Giacaman¹, Iñigo Irarrázaval Bustos⁴, Sebastián Enrique Alfaro Gómez¹, Alejandro Dussailant³, Andres Rivera Ibáñez², Francisco Javier Aguirre González¹, Marcelo Somos-Valenzuela⁵

(1) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación Gaia-Antártica, Instituto de la Patagonia, Avenida Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(2) Universidad de Chile, Geografía(3) Universidad de Aysén(4) Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia(5) Universidad de La Frontera

Chile hosts the largest glacial surface in the southern hemisphere outside Antarctica. This glacier abundance brings important benefits to Chile, such as water reserves, reducing the severity of seasonal flooding and droughts, and tourism. However, glaciers also bring significant challenges, mainly due to their widespread retreat and the associated increase in landslides and floods. As glaciers retreat, new lakes form. These lakes are dammed by unconsolidated glacier deposits (moraines) or ice. Floods associated with the breaching of these natural dams are known as Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs). GLOFs have killed more than 5,700 people over the past century along the Andes Range. Further, glacial lakes are becoming more numerous and larger, and their floods are expected to increase in frequency due to climate change.

These trends have been observed in Chile, where the impact of GLOFs has increased in the last decades. This increased damage results from the combination of increased GLOF frequency and the growth of the road network and touristic circuits into areas at risk. Most countries vulnerable to GLOFs are developing or running early warning systems that detect GLOFs in their early stages. However, the rapid development of these floods only allows issuing warnings a day to a few hours in advance, often not enough to prevent loss of life and infrastructure. We propose that GLOFs are often associated with the combination of unusually high lake levels and a flood trigger, such as high water input (due to rain or snowmelt), a landslide, or an avalanche.

We developed a system capable of leveraging this relationship between GLOFs and unusually high lake levels to anticipate periods of increased risk of GLOF. We refer to this system as SAGAZ (Sistema de Alertas Glaciares Avanzado). SAGAZ will identify these periods of increased risk of GLOF using a predictive model fed by past and future meteorology combined with local data from in-situ monitoring stations. Therefore, in addition to operating as an early warning system upon the onset of a glacier flood, SAGAZ will be unique in its capability to increase the readiness of authorities and the population to act upon these flood warnings by anticipating periods with a high risk of floods.

SAGAZ alert system is composed of the outlined predictive model and a network of lake monitoring stations equipped with a real-time satellite link. This network is made out of innovative low-cost, low-weight, and open-hardware monitoring stations developed and built at Universidad de Magallanes in Chile. Currently, SAGAZ monitoring network includes 10 monitoring stations on lakes with a high risk of flooding houses, farmland, bridges or roads located downstream. The network has been operating since 2020, and real-time data can be visualized at www.SAGAZ.org.

Keywords: GLOF, Risks, Climate change, Adaptation, Monitoring

Financing: FONDEF IDeA I+D 2021 ID21110094

Acknowledgments: We thank FONDEF and our associated institutions: Corporación Nacional Forestal Región de Magallanes y la Antártica Chilena, Ecoturismo Patagonia Exploradores EIRL, University of Calgary, Naviera y Turismo Skorpios S.A., Dirección General de Aguas.

39

PP331GH

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: José Ragas

El Glaciar San Rafael y el comercio global de hielo (1850-1910)

El glaciar San Rafael y el comercio global de hielo (1850-1910)

José Ragas¹

(1) Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Historia, Facultad de Historia Geografía y Ciencia Política, Vicuña Mackenna 4860 - Instituto de Historia, Santiago, Chile

En la segunda mitad del siglo XIX, el hielo importado o extraído de zonas lejanas se convirtió en un *commodity* muy apreciado y necesario en centros urbanos a nivel global. Por lo general, se han estudiado localidades del Atlántico Norte en Estados Unidos y Europa como los más relevantes al momento de exportar hielo procedente de lagunas congeladas o témpanos a la deriva, entre otros. El caso más conocido es el de Boston, Massachussets, en Estados Unidos, que despachó dicho producto a distintas partes, desde la India al Caribe. Esta ponencia analiza un caso menos conocido pero igual de relevante, como lo es el del glaciar San Rafael, que sirvió como fuente de hielo a centros urbanos a lo largo del Océano Pacífico, desarrollando un circuito hemisférico. Junto con introducir este caso y su dinámica de explotación y comercialización, la ponencia busca ofrecer pautas metodológicas de cómo investigar este comercio y los glaciares como fuentes comerciales de hielo hacia el final de la Pequeña Edad de Hielo y el advenimiento de la fabricación de hielo por medios artificiales.

Keywords: Glaciar San Rafael, Chile, Pequeña Edad del Hielo, Comercio de hielo

Financing: Proyecto Fondecyt Regular Interdisciplinario N. 448285 & Proyecto Fondecyt de Iniciación N. 11220213.

Acknowledgments: Proyecto Fondecyt Regular N. 448285, "Irreversible Returns. A Study on Glaciology and Glacial Geo-Engineering in Chile in the context of Anthropocene" y Fondecyt Iniciación N. 11220213, "Reinventando el frío: Innovación tecnológica y formación del mercado del hielo en Chile, 1850-1910".

40

JJ261NJ

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Franco Retamal Ramírez

Reproducción de las velocidades superficiales y las fluctuaciones de los glaciares utilizando el modelo full-Stokes Elmer/Ice y reconstrucciones del espesor de hielo en la Patagonia

Franco Retamal Ramírez¹, Camilo Rada Giacaman¹, Irina Rogozhina^{2,3}, Olivier Gagliardini⁴, Erling Johnson¹

(1) Centro de Investigación Gaia-Antártica, Universidad de Magallanes, Instituto de la Patagonia, Av. Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile(2) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, La Serena, Chile(3) Department of Geography, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway(4) Institut des Géosciences de l'Environnement, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

En los últimos años, se han realizado varios estudios para estimar el espesor del hielo de glaciares alrededor del mundo, motivándonos a contrastar mediciones de radar con algunas de estas estimaciones y evaluar su desempeño en modelos de flujo de hielo en la Patagonia. Aquí presentamos una serie de experimentos realizados con el modelo de flujo de hielo Elmer/Ice, utilizando diferentes espesores de hielo para encontrar cual tiene el mejor desempeño en el glaciar Colonia, ubicado en el Campo de Hielo Patagónico Norte, el cual ha disminuido constantemente su extensión y espesor. Este glaciar ha presentado varios eventos de inundaciones por vaciamiento de lagos glaciares (Glacial Lake Outburst Floods, GLOFs), motivándonos a encontrar un espesor de hielo confiable para futuros estudios. También proporcionamos una nueva metodología que utiliza información sobre la pendiente, la superficie y la velocidad superficial del hielo para estimar el espesor del hielo a lo largo de la línea de flujo, con un filtro en la pendiente que varía en función del espesor calculado. Esta base de datos tuvo el menor RMSE y el mejor rendimiento en el glaciar Colonia cuando se modelizó en Elmer/Ice en comparación con los otros modelos probados. Esto demuestra que el método propuesto para reconstruir el espesor del hielo funciona mejor que los enfoques actuales sin requerir datos de entrada adicionales (como el balance de masa).

Keywords: Modelización de glaciares, Espesor del hielo

MB551FS

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Irina Rogozhina

Scaling down the global process understanding to shed light on the vulnerability of the Antarctic and Andean cryosphere and its impacts on society

Irina Rogozhina^{1,2}

(1) Center for Advanced Research in Arid Zones (CEAZA), Department of Geosciences, La Serena, Chile(2) Norwegian University of Science and Technology, Department of Geography, Trondheim, Norway

From pole to pole, across Antarctica, High Mountain Asia, North American Cordillera, Greenland, the Arctic and the Andes, our team has been studying glaciations and their interplay with other major Earth Systems using numerical modeling, field data acquisition, remote sensing and machine learning on paleo, historical, instrumental and future time scales. In this keynote, an overview will be presented of the major research themes that we are developing and will highlight how our long-term experience with Earth System modeling benefits the rise of new projects focusing on the vulnerability of the Andean and Antarctic cryosphere. With this talk, we also invite new collaborations that will enable the development of novel transdisciplinary research projects and foster knowledge breakthroughs.

The dynamics and long-term history of the Antarctic Ice Sheet have represented a long-term focus of our team's research, especially following the foundation of the international project MAGIC-DML in 2013 (Measuring/Mapping/Modeling Antarctic Geomorphology and Ice Change in Dronning Maud Land, DML). Although MAGIC-DML is mainly centered on studies of the DML ice sheet sector, our team has dedicated more than ten years to the development of continent-wide models that are capable of capturing complex processes within the ice sheet and at its interfaces with the ocean, atmosphere and solid earth. As in other projects, MAGIC-DML has explicit paleoglaciology and paleoclimate components that connect surface exposure dating and paleoclimate proxies with numerical interpretation of past conditions that might have led to the reconstructed fluctuations in the ice sheet geometry. Being in its final year of implementation, MAGIC-DML recently received a massive boost from the Swedish Polar Research Secretariat that has provided full logistical support to the follow-up project iQ2300 (East Antarctic sea level rise contribution in 2300: Integrated Queen Maud Margin Science) for the upcoming 5 years. This combined with the support of the Swedish Research Council, the Korea Polar Research Institute and the Chilean Antarctic Institute, will enable comparative studies of the ongoing rapid alterations in West Antarctica and the Antarctic Peninsula versus future changes in East Antarctica. There are also exciting developments in our studies of the Andean cryosphere. As part of the Ring project ACONCAGUA, our team is developing numerical models of the impacts of black carbon and dust deposition on snowmelt in central Chile. These developments are also helping the rebranding and further expansion to the Andes of the international project GOTHECA (Glacier impacts On The Hydrological systems in Europe and Central Asia) in order to understand how the cryosphere is impacted by various expressions of climate change at different latitudes and how exceptional these impacts are within the long-term history. One of the ambitious goals of the new GOTHECA is to enable monitoring and reliable reconstructions of the internal structure and dynamics of debris-covered and rock glaciers. Finally, through collaboration with the industrial sector and citizen science program, our team is exploring new ways to store water in the mountain cryosphere throughout the ablation season.

Keywords: Antarctic sea level contribution, Vulnerability of the Andean cryosphere, Paleo versus future, Impacts of pollution and climate change on the cryosphere

Financing: SOCHICRI, German Research Foundation, Norwegian and Swedish Research Councils, Swedish Polar Research Secretariat, Norwegian Polar Institute, Korea Polar Research Institute, Chilean Antarctic Institute, Chilean National Agency for Research and Development, National Science Foundation and all participating institutions.

Acknowledgments: Thanks to all collaborators, postdocs, PhD students, MSc students and BSc students who made this research possible. Until now, 76 projects have been finished under my supervision and 18 projects are ongoing.

In a context where a substantial portion of Patagonia's glaciers are retreating, various tidewater glaciers have shown a net advancement of their fronts in recent decades. This phenomenon has been primarily studied in the Pío XI Glacier, located in the Southern Patagonia Icefield, which has advanced 15 km towards the Eyre Fjord over the last 40 years. In addition to the Pío XI Glacier, a sustained frontal advance has also been observed in some tidewater glaciers in the Cordillera Darwin Icefield (CDI) on the main island of Tierra del Fuego, accompanied by a possible increase in mass in the ablation zones. This study aims to investigate the frontal advance of tidewater glaciers in the CDI over at least the last 80 years, and to explore the mechanisms behind this behavior. Satellite imagery, aerial photographs, and digital elevation models from satellite products have been used, among other information, to understand and quantify surface mass balance and frontal ablation. Preliminary results indicate that out of 20 tidewater glaciers studied, 5 have exhibited a net advance, with the Garibaldi, Guilcher Oeste, and Finland Glaciers being the most significant. These three glaciers also display an apparent synchrony in their sustained advance from the mid-1990s until 2020, when signs of recession began to appear. Aerial images between 1945 and 1968 show an oscillatory behavior in the front of the Garibaldi Glacier, with more than one advance and retreat. Based on these results, we hypothesize that these glaciers might be undergoing a tidewater glacier cycle, characterized by slow advances followed by a period of stability, an incursion into the fjord, and then a rapid and abrupt retreat. Tidewater glacier cycles have not been studied in great detail in Patagonian or Fuegian glaciers. However, studies on Northern Hemisphere glaciers suggest their dynamics could be governed, among other factors, by the interaction between the glacier front, the seabed, and sediment flow at the front. Various models estimate that the periods of tidewater cycles in typical Alaskan glaciers are around 300 years. This study seeks to determine the glacier response time of the studied glaciers and their relationship with the advance phase of tidewater cycles.

Keywords: Tidewater glaciers, Tidewater glacier cycle

Acknowledgments: Agradezco al Instituto de Fomento Pequero y al cuerpo docente del programa de Magíster de Ciencias Antárticas, mención Glaciología, Universidad de Magallanes.

43

LK835BL

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Freddy Saavedra

Observatorio satelital de la cobertura de nieve en las cuencas del Banco Nacional de Aguas de Chile

Freddy Saavedra¹, Carlos Romero¹, Daniela González¹, Yael Aguirre¹, Valentina Contreras¹, Javier Medina¹, Alexis Caro¹

(1) Universidad de Playa Ancha, Ciencias y Geografía, Naturales y Exactas, Subida Leopoldo Carvallo 270, Valparaíso, Chile

Se presentan los principales resultados del "Proyecto para definir la cobertura anual de nieve en las 101 cuencas del Banco Nacional de Aguas" financiado por la Dirección General de Aguas y ejecutado por el Laboratorio de Teledetección Ambiental (TeleAmb) de la Universidad de Playa Ancha. El objetivo es establecer un sistema semiautomatizado para determinar la cobertura de nieve anualmente utilizando datos satelitales del programa MODIS. Se recopilaron aproximadamente 16 mil imágenes de los satélites Terra y Aqua, correspondiente al periodo 2000-2023, para examinar la variabilidad espacio-temporal de la cobertura de nieve en las 101 cuencas. Se aplicaron métodos para mitigar la interferencia de las nubes, logrando reducir su presencia en un 10 % y un 20 % utilizando fusión de datos Terra-Aqua y un filtro temporal, respectivamente. Se determinó que aproximadamente el 33 % de la superficie continental nacional muestra algún nivel de permanencia de nieve. Se identificaron 46 cuencas de importancia nival para un análisis adicional, utilizando criterios específicos de cobertura de nieve y frecuencia de nieve anual. Se observaron áreas con disminuciones y aumentos significativos en la frecuencia anual de nieve, destacándose, para el periodo 2000-2023, una reducción entre las latitudes 29-34° S y un aumento en las macrozonas Sur y Austral. Sin embargo, se advierte que estos datos podrían estar influenciados por la presencia persistente de nubes, particularmente al sur de los 40° S, lo que sugiere la necesidad de abordar la interferencia de las nubes de manera más efectiva antes de realizar conclusiones definitivas. Se generaron bases de datos con datos diarios de nieve con nubes reducidas utilizando la plataforma Google Earth Engine y se dejó a disposición de la comunidad científica y público general. Se caracterizó la variabilidad espacio-temporal de la cobertura de nieve de las 46 cuencas con importancia nival. El estudio proporciona información detallada sobre la cobertura de nieve en las cuencas del Banco Nacional de Aguas, destacando su importancia para la gestión del recurso hídrico en Chile y la necesidad de mejorar los métodos de monitoreo para abordar la presencia de nubes y otros desafíos como la inclusión de nuevas fuentes de información (Landsat & Sentinel-2) y el desarrollo de un producto que estime la equivalencia de nieve en agua para las principales cuencas.

Keywords: Sensores remotos, Cobertura de nieve, Cuencas de Chile

Financing: Laboratorio de Teledetección Ambiental, Universidad de Playa Ancha.

Los glaciares cumplen un rol estratégico actuando como reservorios naturales de agua, cuya liberación en temporadas cálidas y secas contribuyen y modulan el caudal de los ríos, afectando directamente la disponibilidad hídrica, las operaciones hidroeléctricas, el transporte de sedimentos y los ecosistemas acuáticos. Debido a que los glaciares de la cordillera de los Andes del Sur son los que se derriten a una de las mayores tasas en el mundo, se torna relevante ahondar en estudios con el fin de evaluar las interacciones entre atmósfera, glaciares e hidrología.

En los Andes del Sur se encuentra el complejo volcánico Mocho-Choshuencho, cuyo glaciar sur-este, conocido como glaciar Mocho (39,93°S, 72,03°O), presenta buenas condiciones para estudios de balance de masa, con mediciones desde el año 2003. Este glaciar se ha transformado en un laboratorio natural donde se han desarrollado balances de masa glaciológicos y geodésicos, estudios de balance de energía, estimaciones y proyecciones de volumen de hielo e incluso estudios biológicos. A pesar del gran conocimiento glaciológico en el área, poco se sabe respecto a la hidrología del glaciar, siendo el foco de esta investigación.

Dentro de los objetivos del estudio se encuentran entender los procesos meteorológicos y glaciológicos que determinan la variabilidad diaria de la escorrentía glaciar. Para ello se implementó el modelo de balance de masa y energía COSIPY en las temporadas estivales del periodo 2020-2023, el cual fue calibrado utilizando balizas instaladas sobre el glaciar. Además, con el fin de identificar el rol de la entrada de energía al glaciar sobre el caudal de sus principales efluentes, el río Mocho y estero Pichi Mocho, se instalaron sensores de nivel de agua y se aforaron ambos cursos en el periodo estival 2022-2023. Finalmente, a modo de enrutar las salidas de escorrentía de COSIPY y hacerlo comparable con las series de caudal medido, se aplicó un modelo lineal de reservorio.

Los resultados indican un buen desempeño de COSIPY en la simulación del balance de masa (RMSE promedio de 0,6 m eq.a.), lo que permitió identificar los ciclos diarios de derretimiento, las diferencias entre los máximos y mínimos de escorrentía y los desfases que existen entre las máximas entradas de energía desde la atmósfera y máximos de escorrentía. En cuanto al monitoreo de las descargas del glaciar, los resultados sugieren que la variabilidad del caudal está modulada por una combinación entre la entrada de energía al sistema y la liberación del deshielo glaciar, ya que si bien el modelo de ruteo logra simular los ciclos diarios de caudal, existen saltos drásticos en las series medidas que podrían deberse a vaciamientos de almacenamiento interno del glaciar que COSIPY no logra simular. Estos resultados resaltan la necesidad de continuar con estudios de hidrológicos en glaciares, con el fin de mejorar la comprensión sobre la relación entre procesos atmosféricos, deshielo y almacenamiento glaciar.

Keywords: Balance energético, Glacihidrología, Monitoreo de descargas, Modelación

Acknowledgments: Se agradece a la Dirección General de Aguas por el programa de monitoreo continuo del glaciar Mocho y a la Rama de Andinismo de la Universidad del Bío-Bío por su apoyo en el monitoreo de las descargas del glaciar.

En las últimas décadas, debido al aumento global de temperaturas, se ha observado un retroceso generalizado de los frentes glaciares y con ello un incremento en la cantidad y áreas cubiertas por lagos glaciares (Loriaux & Casassa, 2013). Un fenómeno asociado son las inundaciones por drenaje repentino o GLOFs (Glacial Lake Outburst Floods). Estos pueden generar caudales en los sistemas glaciofluviales (SGF) que los drenan de un orden de magnitud mayor que los máximos anuales (Cenderelli & Wohl, 2003) resultando en cambios geomórficos y sedimentarios notables (Carrivick & Tweed, 2013), así como una amenaza creciente para la población local, tierras agrícolas y la infraestructura privada y pública (Iribarren *et al.*, 2014).

En Patagonia, en particular en CHPN, los estudios sobre GLOFs y sus efectos se han focalizado en las vertientes oriental y en menor medida, en la sur. Así, reportes indican la ocurrencia de 16 GLOFs en el Lago Cachet-II (Glaciar Colonia, 2008-2016) (Jacquet *et al.*, 2017), 19 GLOFs para Laguna Los Témpanos, 7 GLOFs para Laguna El Bolsón y 5 GLOFs para la Laguna Sin Nombre (Glaciar Steffen, 1974-2020) (Aniya *et al.*, 2020). Respecto de la vertiente occidental no existen inventarios detallados de GLOFs y no existe conocimiento de sus efectos en la geomorfología y dinámica sedimentaria en los SGF.

En esta contribución, se presentan resultados preliminares, de cambios geomorfológicos (variaciones en cobertura de sedimento y vegetación) de los SGF, y su relación con la ocurrencia de GLOFs en el valle del río Huemules (vertiente sur de CHPN) para el periodo 1985-2024. Para esto se realizó el procesamiento y análisis de imágenes multispectrales Landsat, ASTER, Sentinel-2, Rapid-Eye y PlanetScope e imágenes de radar Sentinel-1. A partir de estas, se obtuvo series de tiempo de variación de cobertura de vegetación y sedimentos, así como cambios areales de los lagos glaciares, y se derivó un inventario detallado de GLOFs. Nuestros resultados muestran una tendencia al alza de la frecuencia de GLOFs con al menos 1 evento por año para cada uno de los lagos glaciares de las cuencas Steffen (1985-2024) y HPN4 (2014-2024). En particular, el glaciar Steffen presenta un periodo sin GLOFs (2017-2021). Respecto a las variaciones geomorfológicas, el río Huemules Sur (SGF-Steffen) presenta una disminución en la respuesta espectral relacionada a cuerpos de sedimento (1987-2024), mientras que en el río Huemules Norte (SGF-HPN4) se muestra un aumento sostenido de la cobertura de sedimento (2014-2024), este último relacionado estrechamente al inicio de ocurrencia de GLOFs (2014), los cuales presentan una magnitud relativa en ascenso.

A partir de nuestros resultados se concluye que los fenómenos GLOFs inciden directamente en cambios en el drenaje y tipo de cobertura de los SGF, de manera que aumenta la cobertura sedimentaria respecto de la vegetativa en sistemas de ríos trenzados mientras que en sistemas de ríos monocal (meandroso) esta respuesta se ve disminuida o difícilmente discernible. Se postula así, que las variaciones de caudal, así como en el flujo sedimentario fluvial afecta de sobremanera a aquellos sistemas mas dependientes de la carga sedimentaria (ríos trenzados).

Keywords: Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs), Campo de Hielo Patagónico Norte, Peligro de inundaciones, Lagos glaciares
Financing: FONDEF IDeA I+D 2021 código ID21110094 SAGAZ (U. de Magallanes)Influencia de eventos de desagüe repentino de lagos glaciares (GLOF) en la geomorfología y dinámica sedimentaria del Río Huemules, Campo de Hielo Patagónico Norte, Región de Aysén (U. de Chile)

46

BS563KL

Area: Glaciología de Fuego-Patagonia

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Maria Schliermann

Water - glacier interaction in Cordillera Darwin: Characterizing water masses and GLOF events

Water - glacier interaction in Cordillera Darwin: Characterizing water masses and GLOF events

Maria Schliermann¹, Ilaria Tabone², David Farias-Barahona³, Ricardo Giesecke⁴

(1) Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Casilla 160-C, Concepción, Chile(2) Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Department Geographie und Geowissenschaften, Naturwissenschaftliche Fakultät, Wetterkreuz 15, Erlangen, Alemania(3) Universidad de Concepción, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Edmundo Larenas 234, Concepción, Chile(4) Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, Av. Rector Eduardo Morales Miranda 23, Valdivia, Chile

Due to climate changes and atmospheric warming, the average mass loss rate of the Cordillera Darwin Icefield has increased over the last decades. High rates of ice loss especially occur at the marine-terminating glaciers Marinelli, Darwin and Grande (also referred to as CDI-08). Despite the overall trend of retreat, some tidewater glaciers, like Garibaldi Glacier, have experienced an advance. Recent studies show that, to understand the retreat of marine-terminating glaciers, a comprehension of ocean-glacier interaction is necessary. This topic has been studied well in Greenland and Antarctica, where ocean-driven melting contributes significantly to the retreat and sea level rise. However, few investigations have been made in the Southern Andes and almost no information is available for Cordillera Darwin. Understanding the interaction between ocean and glaciers in Cordillera Darwin is the purpose of this work. Here we show that oceanic water impacts marine terminating glaciers through the contribution to submarine melting. For the analysis, T/S plots were used to characterize the water masses of the two fjords Garibaldi and Pia, which both have marine-terminating glaciers at their heads. Furthermore, we investigate the impact of glaciers on the Beagle Channel through Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs). A GLOF event at Alemania (Roncagli) Glacier, southwestern Cordillera Darwin, in April 2023, was identified through Ferry Box data collected across the Beagle Channel and subsequently confirmed using satellite imagery. The Ferry Box is an automated instrument with a flow-through system, which is installed on a ferry of the Austral Broom Shipping Company and continuously takes measurements. Additionally, a detailed analysis of 35 satellite images from Lake Martinic, where the secondary front of Alemania glacier terminates, shows a regular occurrence of GLOFs since 2018. This high frequency of GLOF events and their widespread impact in the Beagle Channel, as visible in the Ferry Box data, are a potential threat to the channel's ecosystem.

Keywords: Ocean-Glacier interaction, GLOFs, Tierra del fuego, Glaciers

LH185KT

Area: Ciencias sociales, humanidades y artes de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Alexis Segovia Rocha

Valoración del servicio ecosistémico cultural de turismo y recreación de los glaciares del Monumento Natural El Morado (glaciar San Francisco), Región Metropolitana, Chile

Valoración del servicio ecosistémico cultural de turismo y recreación de los glaciares del Monumento Natural El Morado (glaciar San Francisco), Región Metropolitana, Chile

Alexis Segovia Rocha^{1,2}

(1) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Santiago, Chile(2) Dirección General de Aguas, Subdivisión de Glaciología y Nieves, Santiago, Chile

Se realizó una valoración del servicio ecosistémico cultural de turismo y recreación para el Monumento Natural El Morado, con el fin de determinar qué tan importante o cuánto valoran los visitantes los glaciares, en específico el glaciar San Francisco, respecto de los demás atractivos naturales presentes en el área silvestre protegida.

Para ello se aplicó y comparó dos metodologías de valoración, en primer lugar la metodología llamada "relación precio de entrada/superficie" adaptada de Figueroa (2010) y utilizada y validada para valorar los servicios ecosistémicos de todo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), y luego el método denominado "preferencias personales", diseñado por el autor como una alternativa más precisa para estudios de caso.

Los resultados muestran que ambas metodologías arrojan resultados muy disímiles. En el primer caso, en donde se divide el costo de la entrada en relación a la superficie de los glaciares respecto de la superficie total del sitio protegido, los glaciares toman entonces una relevancia del 6,2% promedio por cada entrada. En el segundo caso, en donde se indaga en las preferencias personales de los visitantes con respecto a los hitos turísticos dentro del sendero del sitio protegido, los glaciares cobran una relevancia del 47,4% promedio por cada entrada, demostrando que los visitantes del Monumento Natural el Morado valoran y demuestran una preferencia marcada por la contemplación de los glaciares del sitio protegido.

En base a lo anteriormente expuesto, y a la luz de la comparación de los resultados de los dos métodos aplicados para valorar servicios ecosistémicos culturales, se puede decir que el primero (en base a las superficies), es más conveniente para ser utilizado cuando se analizan varios sitios protegidos y no es factible realizar encuestas o entrevistas para detectar preferencias específicas. Asimismo, el segundo método es más apropiado para estudios de caso particulares, en los cuales se puede incluir un muestreo de las preferencias personales de los visitantes, a modo de discriminar de mejor manera los intereses que mueven a los turistas a pagar por visitar áreas silvestres de montaña.

Keywords: glaciar, servicios ecosistémicos, glaciar San Francisco, Monumento Natural el Morado

Financing: Financiamiento propio

Area: Climatología de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Manuel Suazo Álvarez

Reconstrucción de la altitud de la isoterma 0°C en Patagonia norte durante los últimos 900 años utilizando anillos de árboles

Manuel Suazo Álvarez^{1,2,3}, Duncan Christie Brown^{1,3,4}, Alfonso Fernández⁵, Álvaro González Reyes^{1,7}, Martín Jacques Coper^{4,6}

(1) Universidad Austral de Chile, Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Campus Isla Teja, Valdivia, Chile(2) Universidad Austral de Chile, Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Campus Isla Teja, Valdivia, Chile(3) Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams, Chile(4) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)(5) Universidad de Concepción, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Concepción, Chile(6) Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Concepción, Chile(7) Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Valdivia, Chile

La altitud de la isoterma 0°C (H0) es un indicador crucial en la criósfera y en la evaluación de los recursos hídricos, ya que influye significativamente en la distribución de la precipitación y la acumulación de nieve, así como en el balance de masa glaciar y los gradientes biogeográficos. En la región norte de la Patagonia (PN; entre los 37° y 44° de latitud), una H0 alta conlleva condiciones severas que afectan la acumulación nival, el balance de masa glaciar y los ecosistemas andinos.

Utilizando mediciones de ancho de anillos de árboles de *Araucaria araucana* y *Austrocedrus chilensis*, junto con diversos métodos estadísticos, hemos buscado reconstruir la variabilidad anual de H0 para la PN. Hemos encontrado que los registros de ambas especies tienen una buena capacidad para representar la dinámica temporal de la H0 en la PN, explicando hasta un 45% de la varianza del registro instrumental. Nuestra reconstrucción abarca el último milenio (desde 1141 hasta 2014) con una resolución anual.

Los resultados revelan una tendencia de incremento altitudinal sostenido de la H0 desde mediados del siglo XX en la PN. Esta tendencia implica una disminución del área andina de la PN que se encuentra sobre la H0, asociada con veranos más cálidos y secos. Estos cambios tienen consecuencias negativas sobre la criósfera y la dinámica de los ecosistemas andinos regionales.

Keywords: dendrocronología, cambio climático, climatología, Patagonia

Financing: -FONDECYT 1201411-FB210018-Universidad Austral de Chile

Acknowledgments: -Centro de la Resiliencia y el Clima (CR2)-Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción

Area: Amenazas asociadas a la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Felipe Ignacio Ugalde Peralta

Inestabilidades en glaciares de rocas: casos no documentados e implicancias respecto a su origen

Inestabilidades en glaciares de rocas: Casos no documentados e implicancias respecto a su origen

Felipe Ignacio Ugalde Peralta¹, Gino Casassa Rogazinski^{1,2}, Cedimir Marangunic Damianovic¹

(1) Geoestudios, Los Aromos 3371, Las Vertientes, San José de Maipo, Chile(2) Universidad de Magallanes, Centro de Investigación GAIA Antártica, Bulnes 01855, Punta Arenas, Chile

Hoy por hoy son cada vez más conocidos a nivel global los casos de remociones y movimientos en masa originados en glaciares. Estos incluyen, principalmente, avalanchas de hielo y deslizamientos catastróficos, surges, lahares primarios y vaciamientos de lagos glaciares (GLOFs). Si bien, tanto los factores condicionantes y desencadenantes de estos fenómenos son múltiples y diversos, como elemento común se suele excluir a los glaciares de rocas como fuente de origen de estos procesos de movimientos en masa.

Las inestabilidades en glaciares de rocas se suelen manifestar, en general, en la forma de una aceleración anormal del glaciar (también referido como "desestabilización"), desarrollo caótico de grietas y escarpes, y pueden, en contadas ocasiones, derivar en colapsos parciales del glaciar de rocas. Este tipo de fenómenos son poco conocidos y tienden a ser confundidos con la degradación del permafrost, siendo uno de los casos más difundidos el avance anómalo de, aproximadamente, 300 m, experimentado por el glaciar de rocas El Sombrero (-33,607/-69,634) en los Andes centrales de Argentina (RGIK-IPA, 2023). La existencia o ausencia de un vínculo entre estos tipos de inestabilidades y el cambio climático es materia de investigación. La presente contribución busca profundizar el conocimiento de las inestabilidades experimentadas por glaciares de rocas a partir de múltiples estudios de caso no documentados en los Andes de Chile central. En primer lugar, se discuten tres eventos de deslizamientos originados en el frente de glaciares de rocas en la última década: CL105721033 (-33,173/-70,291), Región Metropolitana (RM), CL105400105 (-33,010/-70,083) y CL105400002 (-32,867/-70,112), Región de Valparaíso. En todos los eventos el material deslizado fue fluidizado para posteriormente depositarse en la forma de un flujo de detritos aguas abajo del glaciar de rocas. En el primer caso de la RM, el evento tuvo lugar días después del río atmosférico zonal de enero de 2021 (Garreaud *et al.*, 2024).

En segundo lugar, se analiza el avance anómalo, o desestabilización, de dos glaciares de rocas ubicados en la Región Metropolitana: CL105703065 (-33,580/-69,874), también conocido como "Rocoso Pirámide", y el glaciar CL105720032 (-33,308/-70,258), referido como "Ballicas Norte". En ambos casos se ha constatado la existencia de un agrietamiento caótico junto con el desarrollo de escarpes pronunciados en el frente del glaciar. De igual modo, se ha evidenciado un avance cercano a 100 m desde 1955 a la fecha para el glaciar Rocoso Pirámide, mientras que en el glaciar Ballicas Norte el avance se estima en al menos 30 m desde el año 2004 a la actualidad.

En todos los casos antes descritos se infiere la presencia de hielo de origen glaciar dentro del glaciar de rocas como agente condicionante para el desarrollo de las inestabilidades. Este se evidencia de forma directa en los escarpes remanentes tras los deslizamientos desencadenados en los frentes glaciares y de forma indirecta como mecanismo facilitador en los casos de avance anómalo. Finalmente, se establece que un origen glaciogénico, y por tanto, un mayor porcentaje de hielo en el glaciar de rocas, favorecerá la ocurrencia de este tipo de inestabilidades.

Keywords: Glaciar de rocas, Desestabilización, Aceleración, Peligro, Amenazas

Financing: Este trabajo ha sido desarrollado con el apoyo de Geoestudios Asesores Ltda.

50

KD538GM

Area: Glaciología general

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Christopher Leonardo Ulloa Correa

Análisis inicial de la dinámica de un glaciar reservorio mediante "offset tracking" con Sentinel-1 en los glaciares descubiertos de la cuenca del río Copiapó, Chile

Christopher Ulloa Correa¹, Ayón García Piña¹, Daniela Carrión²

(1) Universidad de Atacama, LICA-IDICTEC, Ingeniería, Copayapu #485, Copiapó, Chile (2) Dirección General de Aguas, División de Hidrología, Morandé 59, Piso 8, Santiago, Chile, Santiago, Chile

Hemos implementado el método de *offset-tracking* en los glaciares reservorio dentro de la cuenca del río Copiapó. Este método implica la estimación de los campos de offset log slant-range y azimutal slant-range a partir de dos imágenes SAR, también conocido como el "procedimiento de optimización de correlación cruzada". Los "offsets" se derivan mediante la correlación cruzada normalizada de las escenas de intensidad de valor real SAR. El seguimiento de estos desplazamientos se utiliza para calcular la velocidad 2D a nivel de subpíxel. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado en el estudio de la cinemática de glaciares descubiertos, y ha demostrado producir resultados centimétricos en algunos casos, con una línea de base temporal de 12 días. En nuestra investigación, identificamos anomalías significativas de velocidad en la superficie del glaciar Del Potro, donde las velocidades oscilan entre 20 y 30 cm/día, con un flujo predominante hacia el sureste.

Los mayores valores de velocidad se localizan en la parte central del glaciar, y muestran una tendencia a aumentar en áreas de mayor pendiente. Observamos un cambio en la orientación del flujo de hielo hacia el este a partir de los 5.400 m s.n.m. Este cambio es evidente tanto en el producto con una ventana de coregistro de 128 píxeles como en el de 256 píxeles. Para la ventana de coregistro de 128 píxeles, se determinó una velocidad media de 28 cm/día, con una concentración de anomalías observadas principalmente en la parte centro-occidental del glaciar. El patrón vectorial de este producto generalmente sigue la pendiente del terreno, aunque debajo de los 4.300 m s.n.m., se detectaron vectores que muestran una dirección contraria al flujo, posiblemente debido a una menor actividad cinemática en esa región del glaciar.

En el caso de la ventana de coregistro de 256 píxeles, se obtuvo una velocidad media de 20 cm/día, con una concentración de anomalías más notable en la parte central del glaciar, donde la pendiente es más pronunciada y la masa de hielo es mayor.

Se observó una velocidad baja en el frente del glaciar para todas las ventanas de coregistro, aproximadamente entre 3 y 4 cm/día. Se destacó que el producto de la ventana de 64 píxeles presentó desviaciones significativas en las magnitudes de velocidad, mientras que con la ventana de 512 píxeles se observaron artefactos en todos los bordes del producto.

Los rangos de velocidad más consistentes se obtuvieron utilizando las ventanas de coregistro de seguimiento de offset de 256 y 128 píxeles, que arrojaron velocidades de 20 y 28 cm/día, respectivamente. Estas ventanas de coregistro se identifican como las más óptimas para medir la dinámica de glaciares de embalse en la cuenca del río Copiapó.

Keywords: Radar, Interferometría, Hielo, Detección, Offset tracking

Financing: Apoyo para el monitoreo de detalle intensivo del Glaciar Del Potro, Región de Atacama, Macrozona Norte, 2022-2023.

Acknowledgments: Se agradece a la DGA-MOP por el soporte a la investigación. También se agradece al Sr. Adrien Tavernier y al equipo del LICA por el apoyo en todo el proceso.

Desafíos y avances en la detección de la pérdida de hielo en glaciares: Un estudio entre las regiones de Atacama a Ñuble, Chile
Desafíos y avances en la detección de la pérdida de hielo en glaciares: Un estudio entre las regiones de Atacama a Ñuble, Chile
Helena Valenzuela-Astudillo¹, Felipe Ugalde¹, Javiera Carrasco-Galvez¹, Martina Toledo¹, Gino Casassa^{1,2}, Cedimir Marangunic¹
(1) Geoestudios, Los Aromos 3371, San José de Maipo, Chile(2) Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile

El retroceso y la disminución de las masas glaciares en las últimas décadas representan un fenómeno conocido y preocupante, cuya cuantificación ha sido un desafío continuo. Entre la clasificación de estos cuerpos de hielo se encuentran los glaciares, que se perfilan como una ventana para profundizar en la comprensión de la crisis hídrica. Estos se definen como criofomas con una superficie reducida menor a 25 hectáreas (Cogley et al., 2011), no obstante, su numerosa presencia en los Andes del norte y centro de Chile implica un objeto de estudio relevante en cuanto a la pérdida significativa de agua dulce.

En este trabajo se busca detectar, al final del periodo estival 2022-2023, la variación de la superficie de hielo descubierto de los glaciares presentes entre la Región de Atacama y la Región de Ñuble, Chile, con superficies menores a 1 hectárea según el Inventario Público de Glaciares 2022_v2 (DGA, 2022), donde se utilizan imágenes satelitales entre las fechas 30/12/2018 a 01/01/2021. Para lograr el objetivo, se emplea el monitoreo sistemático y análisis de la superficie de hielo descubierto utilizando insumos satelitales de imágenes Landsat 9 y Sentinel-2. Este proceso se lleva a cabo mediante la plataforma Google Earth Engine, donde se aplican cálculos de índices, tales como el Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) y el Índice Glaciar de Diferencia Normalizada (NDGI) en las imágenes correspondientes a marzo o abril 2023, previo a las primeras nevadas invernales. Posteriormente, se realiza la inspección visual de la gran mayoría de los glaciares a partir de imágenes de alta resolución espacial (submétrica), de los últimos 5 años (2018-2023), y disponibles en los mapas base de Esri, Bingmaps y el servidor de Google Earth Pro.

En los resultados preliminares, se observa evidencia de una pérdida total de la superficie de hielo en la cuenca del Río Maipo para el 74% de los glaciares menores a 1 hectárea, lo que equivale a una pérdida aproximada de 0,179 km² de hielo, traduciéndose en 14.000 metros cúbicos equivalentes de agua. Esta constatación resalta la importancia de extender este estudio a las siete regiones investigadas, permitiendo una integración más completa de la tendencia generalizada del comportamiento superficial del hielo en los glaciares. Es crucial destacar que, si bien la metodología presentada proporciona un contexto del comportamiento del hielo descubierto de los glaciares, en casos específicos es necesario corroborarlo con inspecciones *in situ* para asegurar que el hielo no esté cubierto por detritos.

Este estudio no puede afirmar la extinción de todos los glaciares monitoreados, pero sí ofrece información relevante sobre su comportamiento y tendencias futuras, especialmente para los glaciares de mayor extensión. Brindando a su vez, una comprensión más clara de la magnitud de la afectación a los recursos hídricos disponibles en el contexto de la megasequía que actualmente afecta a gran parte de Chile.

Keywords: Glaciares, Retroceso, Índices espectrales, Megasequía

Acknowledgments: Agradecimientos a Geoestudios por el apoyo y por permitirnos realizar esta investigación.

52

HR669TD

Area: Oceanografía de la criósfera

Tipo de presentación: Oral

Enviado por: Nicolás Zelaya Pérez

Variabilidad interanual y tendencia a largo plazo de la biomasa fitoplanctónica en el Estrecho de Bransfield (Península Antártica) durante primavera-verano

Nicolás Zelaya Pérez^{1,2}, Juan Hofer¹, Katherine Gómez Campos¹

(1) Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias del Mar y Geografía, Avenida Universidad 330, Curauma, Valparaíso, Chile(2) Universidad Técnica Federico Santa María, Centro de Tecnologías Ambientales (CETAM), Av. España 1680, Valparaíso, Chile

El Estrecho de Bransfield (EB) es un canal al Oeste de la punta de la Península Antártica, en donde se encuentran las aguas de los mares de Bellingshausen y Weddell. Es una región marina clave de la Península Antártica debido a su productividad biológica, su papel en la trama trófica y como área de desove y crianza de krill antártico. El objetivo de este trabajo fue analizar la tendencia a largo plazo de la clorofila-a (Chl-a) como indicador de la biomasa fitoplanctónica en el EB, durante primavera-verano de 1997 a 2023, y su respuesta a la variabilidad climática del Modo Anular del Sur (SAM) y la Temperatura Superficial del Mar (TSM).

Para este trabajo, se utilizó un conjunto de datos satelitales diarios de TSM y Chl-a para analizar su variabilidad espacial y temporal. Además, se incluyó datos del índice SAM para relacionar su variabilidad climática con los patrones oceanográficos en el EB. Se realizó un análisis de series de tiempo, climatologías mensuales y una proyección a largo plazo de TSM, Chl-a y el índice SAM, evaluando la posible correlación entre estas variables.

La distribución espacial de TSM mostró un patrón similar tanto en primavera como en verano; una masa de agua fría al sureste y una masa de agua cálida al noroeste de EB, separadas por un estrecho y somero frente hidrográfico. Ambas variables presentaron una fuerte estacionalidad, y una significativa correlación en el período de primavera, mientras que la tendencia a largo plazo de Chl-a en el período de primavera-verano mostró un aumento significativo en el tiempo. Sin embargo, la tendencia a largo plazo de TSM mostró una disminución en el tiempo, lo cual indica que las aguas superficiales del EB se están enfriando y no calentando como es el caso de las aguas superficiales en el resto de la Península Antártica.

Por su parte, el SAM mostró una alta variabilidad y una correlación significativa con la Chl-a, con un periodo de rezago de 1 mes. Lo cual indica el tiempo de respuesta del fitoplancton a la variabilidad climática del SAM. Además, sugiere que la varianza de la concentración de Chl-a estaría influenciada por otros factores como la TSM y la concentración de hielo marino en primavera.

Keywords: Antártica, Cambio Climático, Fitopláncton, Península Antártica, Temperatura Superficial del Mar

Financing: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Escuela de Ciencias del Mar

Acknowledgments: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso