

## **RESEÑA DE LA MESA REDONDA CRIOSFÉRICA “LOS GRANDES RETOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN LOS GLACIARES SUDAMERICANOS”.**

**Coordinador: Andrés Rivera (Universidad de Chile)**

**Organizada por la Universidad de Chile (Andrés Rivera)**

**Laboratorio de Geomática Andina – IANIGLA (María Gabriela Lenzano)**

En el marco de la XXIX Reunión de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas el día 3 de agosto del 2021 se llevó a cabo la Mesa redonda criosférica sobre los resultados recientes y retos futuros de la investigación científica en los glaciares sudamericanos. Esta mesa contó con la participación de destacados científicos internacionales que expusieron sus trabajos más recientes llevados a cabo a lo largo de todos los Andes, quienes compartieron sus ideas y proyectos con más de 100 participantes no presenciales que con gran interés, escucharon, comentaron y preguntaron sobre el presente y futuro de la criósfera sudamericana.

La mesa redonda fue coordinada e introducida por Andrés Rivera del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, quien dio el marco de la discusión, resaltando la importancia y prestigio de los expositores y moderando las preguntas y comentarios que surgieron de esta interesante actividad. El primer expositor fue Matthias Braun del Institut für Geographie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Alemania, quien expuso sus trabajos sobre la observación de glaciares en los Andes a partir de datos de multi misiones satelitales. Luego fue el turno de Mathias Vuille del Department of Atmospheric & Environmental Sciences, University of Albany, State of New York, EEUU, quien presentó sus investigaciones sobre los impactos del cambio climático en la criósfera tropical andina. A continuación, fue el turno de Lucas Ruiz de IANIGLA-CONICET, Mendoza, Argentina, quien dio una introducción al conocimiento de la criósfera en los Andes, los vacíos de investigación y los temas estratégicos que deberán abordarse a futuro, y finalmente, presentó María Gabriela Lenzano también de IANIGLA-CONICET, Mendoza, Argentina, quien conferenció sobre los desafíos glaciológicos actuales en los Andes australes de Sudamérica.

Los temas tratados en la mesa son de gran importancia no solo para la comunidad científica especializada que presencié la discusión, sino que, para la sociedad en su conjunto, tal como ha quedado demostrado en la reciente reunión de la COP 26 llevada a cabo en Glasgow a principios de noviembre del presente, donde uno de los ejes más relevantes fue analizado en el Pabellón de la Criósfera. Allí se discutieron los impactos del cambio climático en la nieve, Antártica y Groenlandia, así como en los glaciares de montaña del planeta, entre los que destacan los cerca de 42,300 glaciares existentes en Sudamérica que poseen un área de 31,173 km<sup>2</sup> (Rivera et al., 2016).

En la mesa redonda quedó claro que los glaciares de Sudamérica están experimentando pérdidas de masa a una de las tasas más altas del planeta, tal como explicó Matthias Braun. En su presentación demostró con datos recientes que los balances de masa de la gran mayoría de los glaciares sudamericanos son negativos y que las consecuencias de este proceso ya se están sintiendo, en especial en términos de disponibilidad de agua de fusión glacial y en términos de riesgos naturales asociados. El énfasis de su presentación fue mostrar datos recientes destacando la pérdida de más de 19 Gt por año de hielo debido a adelgazamiento de glaciares de los Andes entre el año 2000 y el 2011-15, donde el 83% provenía de los campos de hielo patagónicos (Braun et al., 2019). Para enfrentar esta problemática planteó algunos desafíos científicos de gran

relevancia, en particular, la necesidad de modelar en forma más precisa y certera los cambios futuros. Para ello, Matthias ha focalizado sus proyectos recientes en el análisis de grandes volúmenes de datos de origen satelital para el estudio de las causas de los cambios glaciares recientes y sus posibles consecuencias. Uno de los ejemplos que mostró de este gran esfuerzo es la generación de una página web (<http://retreat.geographie.uni-erlangen.de>) que permite el cálculo en tiempo real de velocidades del hielo para numerosas regiones del planeta, incluidos los glaciares de Patagonia. Los resultados pueden visualizarse en pantalla o bajarse para análisis sin restricción, constituyéndose en un inigualable aporte a toda la comunidad científica internacional.

En la siguiente exposición de la mesa redonda Mathias Vuille habló desde una perspectiva climatológica sobre los glaciares de los Andes tropicales que van desde Colombia hasta Bolivia y el Norte de Chile analizando las causas de los cambios presentes y las posibles proyecciones de sus cambios. Esos cuerpos de hielo tienen en términos relativos poca importancia por su escasa contribución potencial al aumento global del nivel del mar, pero están en una región muy diversa donde hay una relación muy particular de la sociedad con la Cordillera Andina. Los glaciares de esta región han experimentado fuertes pérdidas volumétricas durante el siglo XX y en lo que va del XXI, debido en gran medida a que los Andes tropicales han experimentado un calentamiento de 0.13°C por década desde 1950, lo que se espera se exacerbe en todos los escenarios de cambio climático futuros (Vuille et al., 2017). Sin embargo, explicó que no todos los Andes tropicales se calentarán a las mismas tasas, siendo las zonas ubicadas a mayores altitudes las que experimentarán aumentos más fuertes de temperatura, lo que tendrá un impacto directo en los glaciares que se ubican sobre 4500 m de altura y cuyas líneas de equilibrio son altamente sensibles a la altura del punto de congelación. Los glaciares tropicales son muy importantes para las comunidades Alto Andinas, porque usan en forma creciente las aguas provenientes de glaciares, se ven afectadas por los crecientes riesgos asociados a la recesión de glaciares y porque tienen un sistema de creencias que se ven lesionadas por la deglaciación en curso. Por lo anterior, terminó su alocución enfatizando que el estudio del hielo tiene relevancias medioambientales, económicas e incluso culturales, las que hay que abordar en forma integrada.

Luego fue el turno de Lucas Ruiz quien expuso sobre el estado de la criósfera en los Andes con énfasis en Argentina, donde recientemente se terminó el inventario de sus glaciares y cuyos resultados pueden ser analizados en Zalazar et al., (2020). En su presentación mostró los avances recientes en investigación glaciológica en Argentina, en especial los estudios de balance de masa y cambios volumétricos, no solo de glaciares descubiertos, sino que también de los de escombro, donde se dan particularidades que requieren estudios más detallados, en especial porque tienen una mayor resiliencia a los cambios climáticos en curso. Este tipo de glaciares, tanto los de origen periglacial o glacial, han adquirido una mayor relevancia en la última década por el aporte que tienen a los caudales de los ríos, en especial en zonas áridas y semiáridas, donde el agua de fusión es muy relevante, por lo que su estudio ha adquirido creciente interés. Terminó su exposición relevando la importancia de modelar de mejor forma y menores incertidumbres, las proyecciones de cambios glaciares en respuesta a los distintos escenarios de cambios climáticos.

La última exposición de la mesa redonda fue de María Gabriela Lenzano que disertó sobre los desafíos glaciológicos actuales en los Andes Australes, particularmente en el Campo de Hielo Patagónico Sur (CHPS), la mayor masa de hielo continua del continente sudamericano, donde ha trabajado especialmente en los glaciares desprendentes de la cuenca del río Santa Cruz. El Campo de Hielo Sur es probablemente la zona englaciada más estudiada del continente con decenas de trabajos desde 1899 con casi 300 autores que han investigado la zona según explicó, siendo las últimas dos décadas las que concentran el mayor número de estudios. Resaltó, sin embargo, que solo el 7% de todos los autores de los trabajos más relevantes en la zona han tenido participación de mujeres, la mayor parte de las cuales se han incorporado en años recientes. Mostró que los estudios han pasado de tener carácter exploratorio, luego de escala local hasta la actualidad donde

los trabajos tienen carácter más regional, utilizando sensores remotos satelitales combinados con mediciones directas en terreno y modelación. Considerando más de 10 trabajos recientes en el Campo de Hielo, hizo una síntesis de las pérdidas de hielo, que muestran en primer lugar, una heterogénea distribución espacial de los cambios de elevación, con zonas de engrosamiento (pío XI), otras estables, pleateaux del Europa) y otras zonas con fuertes pérdidas (mitad norte, sector oriental del CHPS en el parque Nacional Los Glaciares de Argentina y parque Nacional Torres del Paine en Chile. Destacó el rol del desprendimiento de témpanos (*calving* en literatura inglesa) que en la mayor parte de los casos, ha acelerado las pérdidas de masa en aquellos glaciares que terminan en lagos. Para estudiar esta zona, Gabriela describió los trabajos que han realizado en el glaciar Viedma, Upsala y Perito Moreno, donde ha instalado estaciones GPS, cámaras fotográficas y numerosos sensores para medir los cuerpos de hielo de la zona en forma integrada (Lenzano et al., 2018).

A continuación, se dio una interesante discusión a partir de las preguntas de los asistentes y los comentarios entre los panelistas, todos los cuales apuntaron a los desafíos futuros de investigación en la zona. Quedó claro que los glaciares son relevantes no solo para la región, sino que para todo el planeta, en especial lo que ocurre en Patagonia, donde los aporte al nivel del mar global son mayores al que podría esperarse por el volumen de hielo allí existente. Esto implica que, entre las mayores urgencias detectadas, está la necesidad de integrar y complementar los esfuerzos científicos para un mejor entendimiento de estas respuestas, la existencia de anomalías y las proyecciones futuras de la zona. Hubo consenso que el abordaje más relevante es el de estudios regionales, basado en grandes cantidades de datos de origen satelital, todo lo cual permitirá un mejoramiento de la capacidad de modelación de cambios actuales y futuros. Quedo claro también, que estos esfuerzos de modelación no servirán si no hay una complementariedad con trabajos de validación y calibración con datos en terreno, cuya captura posee una difícil logística y requiere personal especializado que es difícil de encontrar y formar, en especial de mujeres y minorías étnicas y culturales. Por encima de todo lo anterior, el problema es la inexistencia de infraestructura de apoyo a la investigación en las zonas englaciadas, la pobre red de estaciones de medición en las proximidades de los glaciares y la nula existencia de estaciones en el hielo. Para integrar la modelación y la validación, es necesaria una aproximación multiescala y multidisciplinaria, que mejore las líneas de base, haga estudios de procesos con mayores niveles de certidumbre, de acceso libre a los datos generados y permita abordar todos los servicios ecosistémicos que proveen los glaciares (Rivera et al., 2021).

En síntesis, la mesa redonda fue una excelente oportunidad de escuchar a algunos de los mejores científicos trabajando en la criósfera de Sudamérica. Todos abogaron por más estudios, sinergismo y colaboración entre los grupos de cada país y una mayor colaboración internacional. Para ello, la búsqueda de financiamiento nacional e internacional debe intensificarse, compartiendo objetivos, combinando logísticas e incorporando nuevas generaciones de científicos interesados en estas materias.

En pocas palabras, fue una gran reunión!!

## Referencias

Braun, M. H., Ph. Malz, Ch. Sommer, D. Farías-Barahona, T. Sauter, G. Casassa, A. Sorucco, P. Skvarca and T. C. Seehaus (2019). Constraining glacier elevation and mass changes in South America. *Nature Climate Change* 9, 130-136.

Lenzano, M.G., E. Lannutti, C. Toth, A. Rivera and L. Lenzano (2018). Detecting Glacier Surface Motion by Optical Flow. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Journal (PE&RS)* 84(1): 33-42.

Rivera, A., F. Bown, F. Napoleoni, C. Muñoz & M. Vuille (2016). Balance de masa glaciar. Ediciones CECs, Valdivia, Chile, 203 pp.

Rivera A., J. C. Aravena, A. Urra and B. Reid (2021). Glaciares de la Patagonia Chilena y Consecuencias Medioambientales de sus Cambios. En: Castilla, J. C., Armesto, J. J., y Martínez-Harms, M. J. (Eds.). Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica, Santiago de Chile, Capítulo 15, pp 473-491.

Vuille, M., M. Carey, C. Huggel, W. Buytaert, A. Rabatel, D. Jacobsen, A. Soruco, M Villacis, C. Yarleque, O. Elison-Timm, T. Condom, N. Salzmann and J.E. Sicart (2018). Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes – Impacts, uncertainties and challenges ahead. *Earth-Science Reviews* 176, 195-213.

Zalazar, L., L. Ferri, M. Castro, H. Gargantini, M. Gimenez, P. Pitte, L. Ruiz, M. Masiokas, G. Costa and R. Villalba (2020). Spatial distribution and characteristics of Andean ice masses in Argentina: Results from the first National Glacier Inventory. *Journal of Glaciology* 66(260), 938-949.