

RESUMEN DE TESIS DOCTORAL

Evaluación de los impactos del cambio climático en los patrones espaciotemporales de las fuentes de agua dulce del sistema costero de la Patagonia occidental.

RODRIGO AGUAYO GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA:

DR. MAURICIO AGUAYO ARIAS

PROFESOR CO-GUÍA:

DR. JORGE LEÓN MUÑOZ



Resumen de Difusión

La región occidental de la Patagonia se caracteriza por un ambiente con baja intervención humana, con ecosistemas acuáticos compuestos por una gran diversidad de lagos, ríos y glaciares. En esta zona vasta, estrecha y transfronteriza, los ecosistemas continentales de agua dulce interactúan con uno de los sistemas de fiordos más complejos y extensos del mundo. Dentro de estos sistemas de fiordos, el agua dulce produce una estratificación vertical de dos o tres capas producto de diferencias de densidad y salinidad con el agua salada. La estratificación es un regulador clave de circulación marina y en el desarrollo de la vida marina en estos mares. La mezcla de estas capas es crítica, ya que regula la distribución de nutrientes entre las distintas capas de agua. Esto, a su vez, puede provocar un aumento en la cantidad de vida marina en la región, lo que tiene un impacto importante en el equilibrio ecológico regional.

Las proyecciones climáticas para la mayor parte de la Patagonia Occidental indican una prolongación de las condiciones secas y cálidas que la han afectado en las últimas décadas. Dada la incompleta red de monitoreo hidroclimática, la mayoría de los estudios realizados han utilizado sólo un subconjunto reducido de estaciones meteorológicas, imágenes satelitales o proxies climáticos (anillos de árboles) para estudiar los cambios ambientales. A pesar del escaso uso de datos, la región ha mostrado indicios de una disminución de la extensión de la capa de nieve, un aumento de los incendios forestales, patrones inusuales de crecimiento de los árboles, una disminución de la disponibilidad de agua y tendencias significativas en los principales lagos, ríos y glaciares. En efecto, algunos de los glaciares ubicados en la Patagonia han mostrado algunas de las mayores tasas de retroceso a nivel mundial.

Considerando las amenazas planteadas por el cambio climático, el objetivo principal de la presente tesis fue evaluar los impactos del cambio climático sobre los ingresos de agua dulce al sistema costero de la Patagonia occidental. Para lograr esto, se establecieron diversos objetivos específicos, cada uno relacionado con una etapa y un tema diferente. Estos temas abarcaron avances significativos en la comprensión del clima regional, las diversas fuentes de incertidumbre en la evolución de los glaciares, y el uso inteligencia artificial para

RESUMEN DE TESIS DOCTORAL



integrar el clima, los glaciares y la hidrología. Esto se hizo con el objetivo de mejorar nuestra comprensión de la hidrología regional y, como resultado, generar proyecciones más precisas de los caudales para una región altamente vulnerable al cambio climático.

Dentro de los resultados asociados a la tesis se encuentra PatagoniaMet (PMET), una compilación sin precedentes de datos hidrometeorológicos locales (PMET-obs), y un producto espacial de precipitación y temperatura (PMET-sim). PMET-obs se desarrolló considerando un minucioso control de calidad aplicado a más de 500 series de tiempo hidrometeorológicas obtenidas desde ocho instituciones de Chile y Argentina. Por otro lado, PMET-sim utilizó diferentes procedimientos estadísticos, hidrológicos y basados en inteligencia artificial para generar información espacial sin vacíos. Basado en un experimento para producir caudales más precisos, PMET-sim logró mejores resultados que otros productos globales y regionales previamente utilizando en la región. PatagoniaMet corresponde a la fundación de una base de datos colaborativa y abierta en el que cualquiera puede contribuir potencialmente a futuros estudios ambientales en la Patagonia Occidental.

Teniendo en cuenta la importancia hidrológica de los glaciares en la región y su evolución incierta, posteriormente se utilizó un modelo glaciológico (“Open Global Glacier Model”) para estimar la evolución de cada glaciar en la región durante el período 1980–2099. Para generar estas proyecciones, se utilizaron diferentes inventarios de glaciares ($n = 2$), conjuntos de datos sobre el espesor del hielo ($n = 2$), climas históricos de referencia ($n = 4$), modelos de cambio climático ($n = 10$), escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero ($n = 4$) y métodos de corrección de sesgos ($n = 3$) para generar 1920 potenciales escenarios para cada glaciar. Estos escenarios fueron utilizados para desentrañar y evaluar la importancia de estas fuentes de incertidumbre sobre la modelación del deshielo. En general, las proyecciones sugieren que se espera que la zona norte de la Patagonia experimente un descenso generalizado en el caudal glaciar, mientras que los Campos de Hielo Patagónicos deberían aumentar o mantener su caudal en las próximas décadas. El clima de referencia fue la fuente de incertidumbre más importante en más del 60% de las cuencas con presencia glaciar, lo cual da mayor aún mayor relevancia a la creación de PatagoniaMet.

RESUMEN DE TESIS DOCTORAL



Sobre la base de los recientes avances en los conjuntos de datos regionales, y la trayectoria de evolución de cada glaciar en los Andes Patagónicos, el último objetivo generó proyecciones de los ingresos de agua dulce al sistema costero. Para esto, se utilizaron técnicas de inteligencia artificial (“Deep learning” en inglés) en combinación con el modelo glaciológico previamente utilizado. A partir de esta combinación se obtuvo que mientras que la zona norte se esperan importantes reducciones en los ingresos de agua dulce, en las zonas centro y sur de la Patagonia se esperan ligeros incrementos. Estas diferencias regionales son producto de un aumento del caudal glaciar debido a las pérdidas de volumen en los Campos de Hielo patagónicos, y también debido a un ligero aumento en la precipitación en la zona de Tierra del Fuego.

En resumen, los resultados mostrados en esta tesis proporcionan: i) una base de datos hidrometeorológica abierta que supera todas las alternativas actuales, ii) la primera evaluación a gran escala del impacto de varias fuentes de incertidumbre sobre la escorrentía glaciar, y iii) proyecciones de última generación de las entradas de agua dulce al sistema costero que contribuirán a los futuros planes de adaptación al cambio climático para la Patagonia Occidental.