



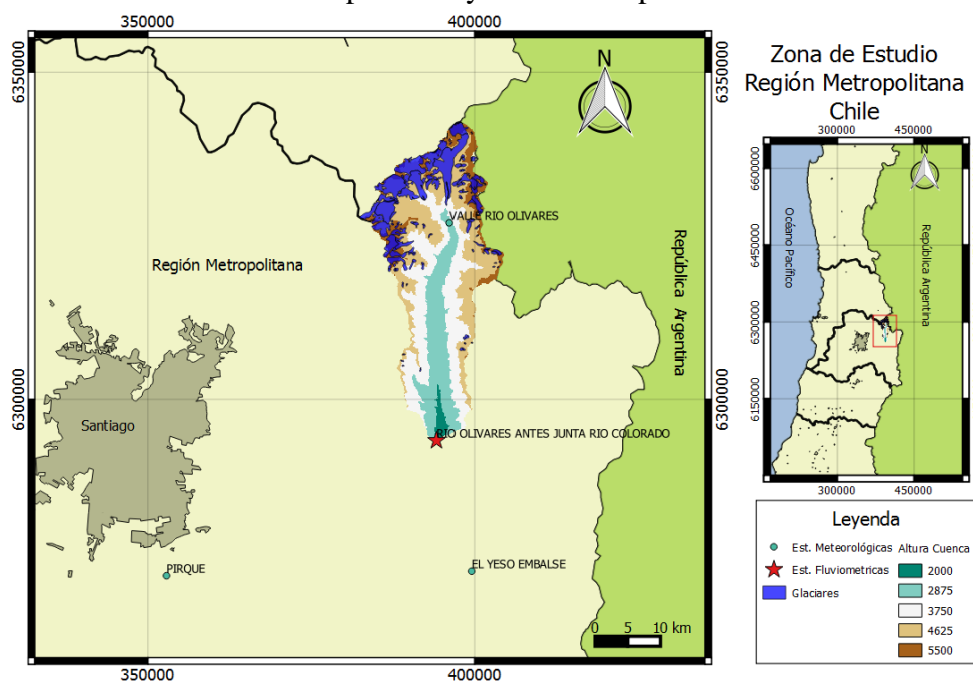
# I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

## ANÁLISIS DE LOS CAUDALES NIVO-GLACIARES HISTÓRICOS Y PROYECTADOS EN LA CUENCA DEL RÍO OLIVARES: COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO DHSVM Y WEAP

Javier Cepeda<sup>1</sup>  
Ximena Vargas<sup>2</sup>

### RESUMEN EXTENDIDO

Los glaciares ubicados en los Andes de Chile central constituyen parte fundamental del medioambiente y la economía, pues contribuyen en gran medida al escurrimiento de verano. En el pasado reciente se han realizado numerosos estudios (Pellicciotti et al., 2013, Castillo, 2015) para comprender tanto la magnitud actual de estos aportes como la respuesta que tendrán los glaciares ante cambios en el clima futuro. En el presente trabajo se analiza el comportamiento histórico y futuro del caudal de la cuenca del río Olivares antes junta río Colorado ( **Figura 1**), con énfasis en las variaciones que presentará el aporte glaciar. Para esto se utilizan dos modelos hidrológicos con distinta estructura, lo que permite tener una mayor consistencia en los resultados y, a la vez, analizar las diferencias dada la conceptualización de los distintos procesos y su escala espacial.



**Figura 1** Zona de estudio.

<sup>1</sup>Departamento de ingeniería civil, Universidad de Chile, j.cepada.abad@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de ingeniería civil, Universidad de Chile, xvargas@ing.uchile.cl



El primero de ellos corresponde a un modelo distribuido de base física, DHSVM (Wigmosta et al., 1994) que incorpora un módulo glaciar (Naz et al., 2014), mientras que el segundo posee una topología de carácter semi-distribuido con características conceptuales y de base física, WEAP. Ambos modelos se calibran a escala diaria en el período 2001/02-2011/12 comparando tanto el comportamiento del caudal como la cobertura nival.

Las proyecciones de cambio climático utilizadas en el estudio se realizan considerando cinco modelos de circulación global (GCM) del escenario RCP 8.5 (Taylor et al., 2012), escogidos en base al comportamiento de la precipitación y temperatura señalada por estos GCM, contrastadas con las observaciones en la estación meteorológica Pirque.

Analizando las variaciones en las forzantes meteorológicas entre la línea base (1985/86-2004/05) y el futuro cercano (2015/16-2044/45) y lejano (2045/46-2074/75) se obtiene que en promedio los modelos proyectan un incremento de la temperatura media anual de 1.3°C para el futuro cercano y 2.9 °C para el lejano, lo que representa un 9 y 20% respectivamente, mientras que para la precipitación anual se proyecta una disminución de 33.6 mm para el futuro cercano y 93.2 mm para el lejano, representando un 7 y 19% respectivamente.

El desempeño de los modelos fue exitoso, presentando un criterio de ajuste de Nash-Sutcliffe de los caudales y Nash-Sutcliffe del logaritmo de los caudales superior a 0.75 para la calibración y del orden de 0.6 para la validación, y valores superiores a 0.7 y 0.55 para el caso de la cobertura nival y el logaritmo de la cobertura nival respectivamente

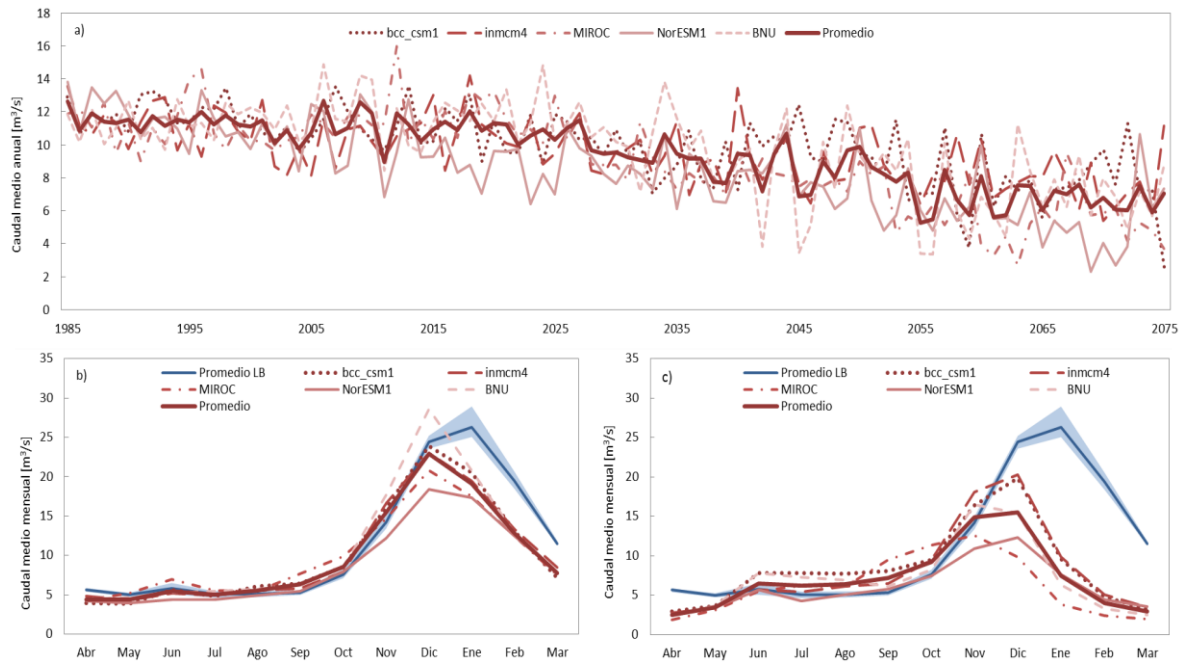
En base a los resultados del DHSVM se estima que el caudal medio anual para el período histórico es de 11.2 m<sup>3</sup>/s y se proyecta que este disminuirá a 9.8 m<sup>3</sup>/s para el futuro cercano y a 7.2 m<sup>3</sup>/s para el lejano, representando una disminución de un 13 y 36% respecto de la línea base (**Figura 2**), mientras que el caudal glaciar en el período histórico se estima que es de 3.6 m<sup>3</sup>/s, y se proyecta que éste disminuirá a 2.7 m<sup>3</sup>/s para el futuro cercano y a 0.8 m<sup>3</sup>/s para el lejano, representando una disminución de un 26 y 78% respecto a la línea base. Adicionalmente, se estima que prácticamente todos los glaciares existentes en la cuenca habrán desaparecido para fines del período estudiado, quedando en promedio un área de 1.2 km<sup>2</sup> y un volumen de 0.031 km<sup>3</sup>.

Por otro lado, la modelación con WEAP señala que para el período histórico el caudal medio anual es de 10.4 m<sup>3</sup>/s, y se proyecta que este disminuirá a 9.3 m<sup>3</sup>/s para el futuro cercano y a 7.8 m<sup>3</sup>/s para el lejano, representando una disminución de un 11 y 25% respecto de la línea base (**Figura 3**), mientras que el caudal glaciar en el período histórico se estima que es de 2.6 m<sup>3</sup>/s y se proyecta que éste disminuirá a 1.8 m<sup>3</sup>/s para el futuro cercano y a 1.1 m<sup>3</sup>/s para el lejano, representando una variación de un 31 y 57% respecto a la línea base, persistiendo en este caso un área promedio de 6.8 km<sup>2</sup> y un volumen de 0.34 km<sup>3</sup>.

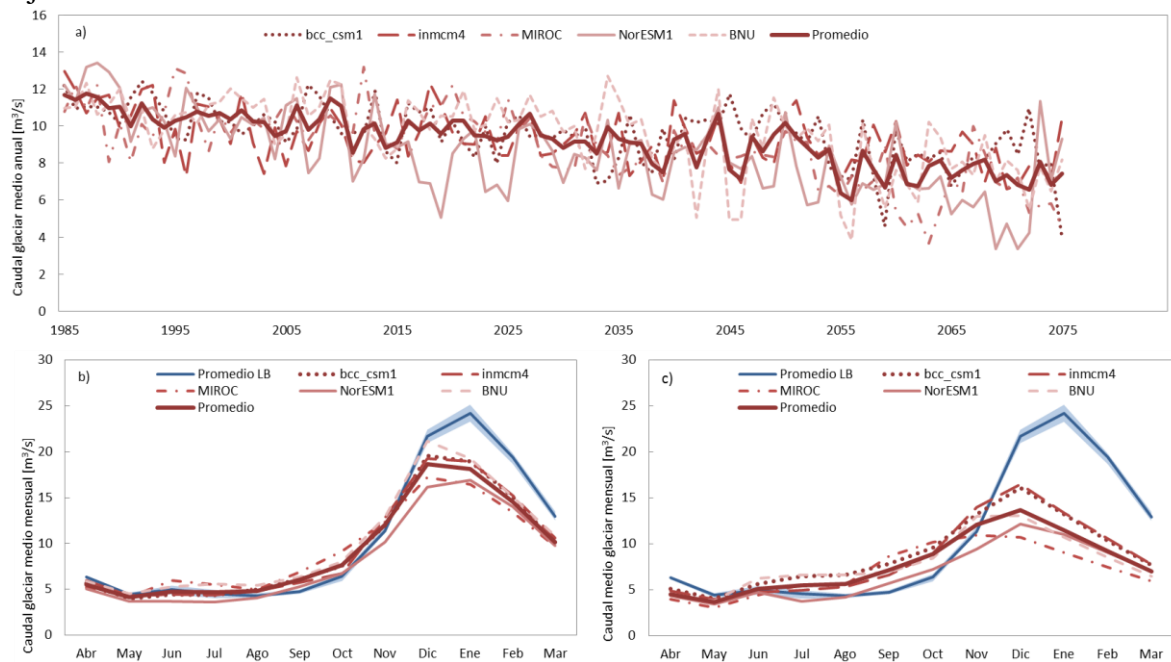
El rol hidrológico de los glaciares varía considerablemente según el tipo de año hidrológico, siendo el aporte glaciar promedio al caudal total en la línea base de un 46 % para un año hidrológico muy seco, 37% para uno seco, 30% para uno normal, 28% para uno húmedo y 23% para uno muy húmedo según DHSVM y de un 32, 26, 24, 22 y 20% respectivamente, con WEAP. Al analizar el aporte glaciar en el período de estiaje estos valores aumentan, llegando a un 59% para los años muy secos para el caso del DHSVM y del 42% para WEAP. Estos valores disminuyen drásticamente en el futuro, estimando



mediante DHSVM que en el futuro lejano el aporte glaciar al caudal total será solo entre un 11 y un 6% según el tipo de año hidrológico, mientras según WEAP se obtiene entre un 19 y un 9%.



**Figura 2** (a) proyección caudal total anual, (b) curva de variación estacional del caudal total para el futuro cercano y (c) curva de variación estacional del caudal total para el futuro lejano en base al DHSVM.



**Figura 3** (a) proyección caudal total anual, (b) curva de variación estacional del caudal total para el futuro cercano y (c) curva de variación estacional del caudal total para el futuro lejano en base al WEAP.



## Referencias

Castillo, Y. (2015). Caracterización de la hidrología glaciar de la cuenca del río Maipo mediante la implementación de un modelo glacio-hidrológico semi-distribuido físicamente basado.

Naz, B. S., C. D. Frans, G. K. C. Clarke, P. Burns, and D. P. Lettenmaier 2014, Modeling the effect of glacier recession on streamflow response using a coupled glacio-hydrological model, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18(2), 787–802, doi:10.5194/hess-18-787-2014

Pellicciotti, F., Ragetti, S., Carezzo, M., & McPhee, J. (2013). Changes of glaciers in the Andes of Chile and priorities for future work. *The Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.10.055.

Taylor, K.E., Stouffer, R.J., Meehl, G.A., 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Am. Met. Soc.* 93, 485–498. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>

Wigmosta, M.S., L. W. Vail, and D. P. Lettenmaier, A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain, *Water Resources Research*, 30 (6), 1665-1679, 1994.