



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

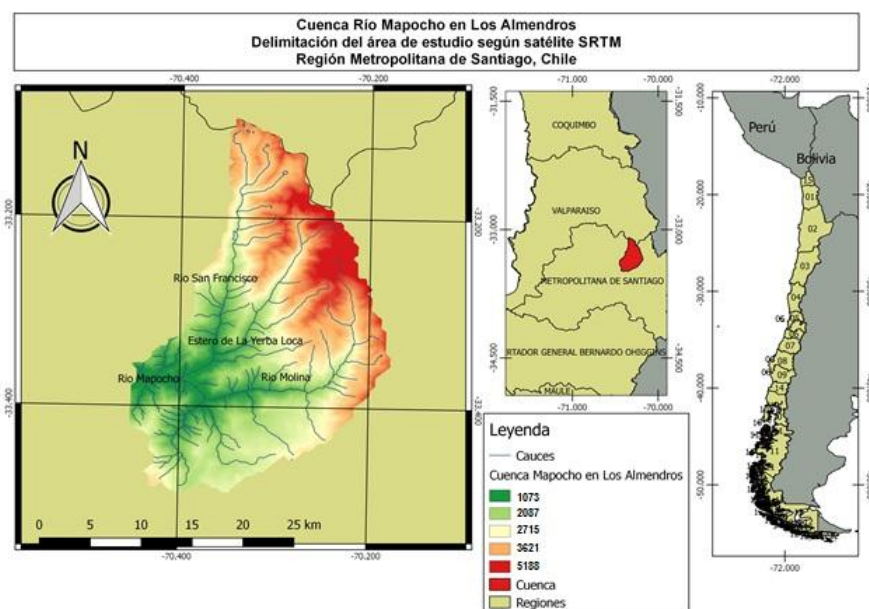
## MODELACIÓN HIDROLÓGICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAPOCHO EN LOS ALMENDROS USANDO EL MODELO “COLD REGIONS HYDROLOGICAL MODEL”

MICHELLE COMTE<sup>1</sup>  
JAMES MCPHEE<sup>2</sup>

### RESUMEN EXTENDIDO

En la zona central de Chile, una fracción importante de la precipitación cae en forma sólida en la parte alta de la cordillera de los Andes. La cuenca en estudio, del río Mapocho en Los Almendros, posee un régimen hidrológico nivo-pluvial, por lo que la nieve acumulada en la zona cordillerana representa una importante fuente del recurso hídrico. El objetivo principal de este trabajo es estudiar y modelar procesos hidrológicos de nieve que ocurren en la cuenca, incorporando la utilización del modelo CRHM (Cold Regions Hydrological Model) y datos obtenidos de la estación nivométrica instalada en el centro de Ski Valle Nevado operada por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

La cuenca del río Mapocho en Los Almendros se extiende entre los paralelos 33°05'-33°30' latitud sur y meridianos 70°10'-70°28' longitud oeste. Se encuentra a una elevación de 1073 msnm y alcanza una altura máxima de 5188 msnm.



**Figura 1:** Mapa zona de estudio

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Contacto: Michelle.comte@ug.uchile.cl

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Advanced Mining Technology Center. Contacto: jmcphree@u.uchile.cl

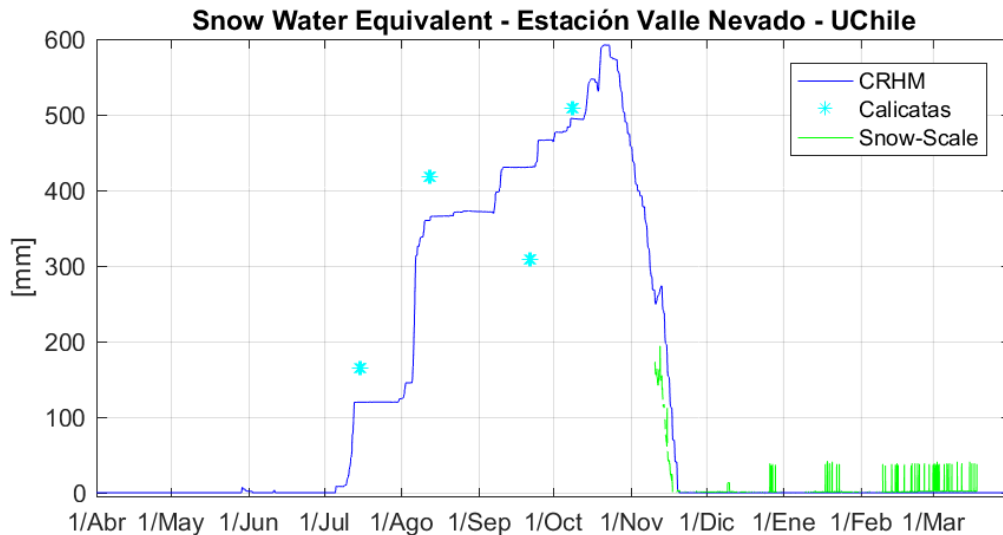


El CRHM permite realizar simulaciones multi-objetivo que puede ser utilizado para modelar procesos hidrológicos en regiones de clima frío y templado. Incorpora procesos con incertidumbre considerable dentro de la cuenca, tales como redistribución de nieve a causa del viento, evaporación, sublimación y derretimiento de nieve.

El estudio del comportamiento de la cuenca comprende la realización del balance de energía de nieve a nivel puntual utilizando los datos meteorológicos de 1 año hidrológico completo, obtenidos de una estación nivométrica de Valle Nevado y también considerando datos de estaciones de la DGA dentro de la cuenca.

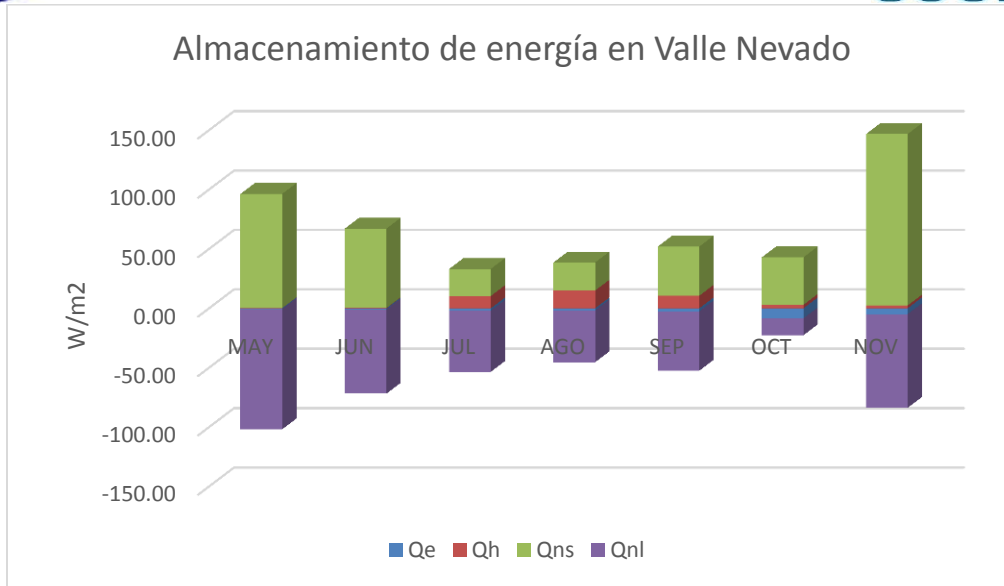
- Temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ )
- Humedad relativa (%)
- Velocidad del viento (m/s)
- Precipitación (mm/intervalo)
- Radiación solar incidente ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- Radiación de onda larga incidente ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- Albedo (-)

Para validar los resultados del modelo puntual se utiliza información de calicatas realizadas en terreno y mediciones de SWE.



**Figura 2:** Evolución de SWE en Valle Nevado para el año hidrológico 2015-2016

Con los resultados del balance, se realiza un análisis de del almacenamiento de energía en el manto de nieve.



**Figura 3:** Almacenamiento de energía en el manto de nieve. Estación Valle Nevado para el año hidrológico 2015-2016

La radiación neta de onda larga y el calor latente representan una pérdida de energía en el manto de nieve. Por otro lado la radiación neta de onda corta y el calor sensible representan una ganancia de energía. La radiación neta de onda corta es menor durante los meses de invierno debido al alto albedo que presenta el manto. La mayor variación de energía en el manto se debe principalmente a la radiación neta total, la cual es negativa desde mayo a septiembre donde se acumula la nieve y positiva en octubre y noviembre donde ocurre el mayor derretimiento.

Luego se construye el modelo distribuido en CRHM, considerando datos de Valle Nevado y otras estaciones en la cuenca y se calibró considerando los caudales medidos en dos subcuencas con escasa intervención humana. Los módulos a considerar son:

- Basin: Declara los parámetros generales para el modelo, como por ejemplo el área de la cuenca, área de cada HRU, latitud, elevación, pendiente y aspecto.
- Obs: Lee los datos meteorológicos observados en la cuenca.
- Albedo\_obs: Lee la serie de observaciones de albedo.
- Intcp: Maneja la intercepción de verano e invierno.
- pbsmSnobal: Calcula el transporte y sublimación de nieve en cada intervalo, usando la velocidad del viento, temperatura del aire y humedad relativa.
- Evap: Calcula la evapotranspiración usando el método de Penman-Monteith.
- SnobalCRHM: Modelo que usa el balance de energía puntual para calcular derretimiento de nieve y predecir la escorrentía.
- Ayers: Modela la infiltración en suelo no congelado considerando la cobertura vegetal y la textura del suelo.
- K\_estimate: Estima los factores de drenaje que controlan las tasas de flujo lateral y vertical en las capas de suelo y la capa de agua subterránea.



- Soil: Modela el suelo como dos capas, una de recarga (superficial) y otra subsuperficial. Determina la humedad del suelo a lo largo del año. Utiliza factores calculados por  $K_{estimate}$ .
- Netroute\_M: maneja el enrutamiento de la escorrentía superficial, la escorrentía subsuperficial y el enrutamiento de cada URH usando el método Muskingum. El flujo de salida de una HRU se calcula retrasando su flujo de entrada por el tiempo de recorrido a través de la HRU, luego lo enruta a través de una cantidad de almacenamiento lineal definida por la constante de almacenamiento K. El flujo de salida de una HRU puede ser desviado a la entrada de otra HRU o dirigido a la salida de la cuenca.

Finalmente se obtiene un modelo validado que se ajusta correctamente al conjunto de datos considerado. Además se identifican los parámetros y variables de mayor importancia para el ajuste del modelo y su sensibilidad con respecto a los cambios de precipitación y temperatura proyectados para la región.

## Referencias

J.W. Pomeroy, D.M. Gray, T. Brown, N.R. Hedstrom, W.L. Quinton, R.J. Granger, S.K. Carey. 2007. The cold regions hydrological model: a platform for basing process representation and model structure on physical evidence. Wiley InterScience, 2007. págs. 2650-2667. Vol. 21.