

# SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRÁULICA

## XXVI CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA HIDRÁULICA

### INTERFERENCIA OPERACIONAL ENTRE HIDROELECTRICIDAD DE PASADA Y OTROS USOS DE AGUA EN LA SUBCUENCA DE MAIPO ALTO

GABRIELA ÁLVAREZ A.<sup>1</sup>  
MARCELO OLIVARES A.<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La hidroelectricidad de pasada, a pesar de ser un uso no consuntivo, puede producir interferencias operacionales con otros usuarios de agua a una escala intradiaria, al contar con capacidad de almacenamiento a dicha escala. Lo anterior resulta a menudo en un esquema de operación llamado *hydropeaking*, caracterizado por una gran variabilidad en los caudales turbinados y restituidos por las centrales. El presente estudio se concentra en la subcuenca del río Maipo Alto, fuente de agua para consumo humano, agricultura, generación de hidroelectricidad y recreación. En 2022 entró en operación el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, el cual modifica la topología de la red hídrica de la cuenca, tiene el potencial de reducir el caudal disponible en ciertos sectores de la cuenca y afectar usuarios aguas abajo de su restitución. Adicionalmente, se proyectan cambios en la estacionalidad de caudales y la disponibilidad del recurso hídrico disminuya debido al cambio climático. Se implementó un modelo operacional de la cuenca a escala intradiaria para proyectar la operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo y su efecto en los caudales en dos puntos de interés. Las preferencias de otros usuarios de la cuenca en dichos puntos se representan como restricciones del problema de optimización. Se utilizan como datos de entrada las series de caudales horarios afluentes a los principales cauces de la subcuenca, series de tiempo del costo marginal horario proyectado de la energía eléctrica y series de tiempo de operación del embalse El Yeso, considerada exógena en este trabajo. El modelo entrega la asignación óptima de caudales en las zonas de estudio y los *tradeoffs* entre hidroelectricidad y otros usos se exploran a partir de ellos en un enfoque multiobjetivo. Resultados preliminares muestran que con la operación de PHAM una se da una reducción del 6% en el caudal promedio disponible para usos de recreación y un incremento en los peaks de caudal, así como un pequeño desfase de éstos en el punto de restitución de PHAM. Se espera poder reducir la potencial interferencia operacional de la cuenca por medio de la identificación de esquemas de operación para PHAM que promuevan la coordinación entre usuarios.

---

<sup>1</sup>Estudiante de Magíster, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile - email:

[gabriela.alvarez.a@ug.uchile.cl](mailto:gabriela.alvarez.a@ug.uchile.cl)

<sup>2</sup>Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile - email: [maroliva@uchile.cl](mailto:maroliva@uchile.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los usos del recurso hídrico no siempre presentan una coordinación entre ellos y, típicamente, se genera competencia en el uso de agua debido a la entrada de nuevos usuarios y la disponibilidad del recurso hídrico frente a escenarios de cambio climático (Expósito et al., 2020; Olmstead, 2014). La localización y temporalidad en que los usuarios captan y restituyen el recurso también puede ser una fuente de conflicto entre usuarios. La interferencia operacional hace referencia a los caudales requeridos por usuarios de agua y los beneficios que se adquieren por el uso de ella, y como éstos se ven afectados por las decisiones de operación de otros usuarios. La competencia por el recurso hídrico se asocia comúnmente a usos consuntivos y extractivos (riego, agua potable e industria), sin embargo, los usos no consuntivos (como hidroelectricidad) y usos in situ (recreación) también forman parte de la competencia, en escalas espaciales y temporales específicas, por el recurso hídrico en una cuenca, debido a potenciales conflictos entre los caudales captados, restituidos o mantenidos en el cauce.

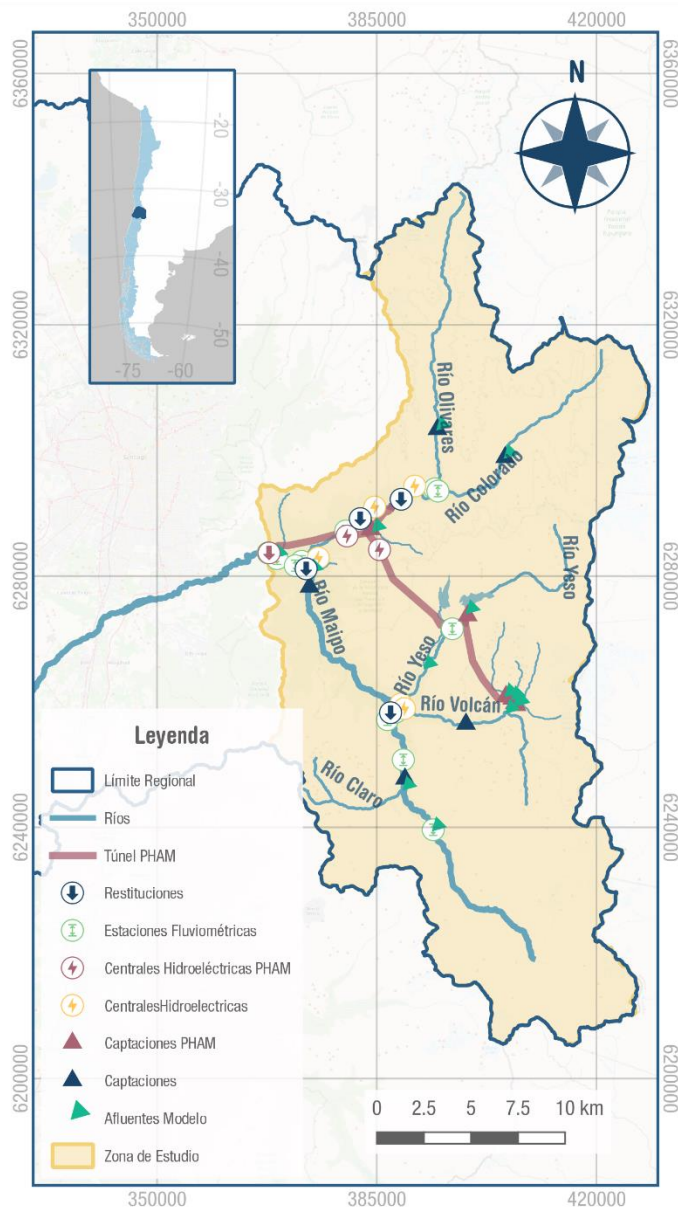
La hidroelectricidad produce potenciales interferencias operacionales al variar los caudales turbinados y restituidos al cauce, desde escala estacional hasta horaria, dependiendo de la capacidad de regulación. A una escala intradiaria, las centrales hidroeléctricas operan en un esquema de *hydropeaking*, que se caracteriza por ser una operación altamente fluctuante con potenciales efectos en el ecosistema (Bejarano et al., 2017) y conflictos de uso aguas abajo de las centrales (Briscoe, 1999). Este esquema es cada vez más frecuente debido a la entrada de energías renovables fluctuantes (eólica o solar) a los sistemas eléctricos (Haas et al., 2015). Las hidroeléctricas de pasada no están exentas al uso de este esquema de operación, ya que en su infraestructura (bocatomas y canales) ofrece una capacidad de regulación de al menos algunas horas, induciendo aumentos en la variabilidad del caudal a nivel intradiario aguas abajo del punto de restitución (Almeida et al., 2020; Greimel et al., 2018).

En la parte alta de la cuenca del río Maipo, el agua es utilizada para múltiples propósitos: consumo humano, riego, generación de hidroelectricidad y recreación. Con la entrada en operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) en marzo de 2022, la topología de la cuenca cambió al incorporar nuevos cauces artificiales que desvían el agua de su curso original, y debido a la magnitud del proyecto (531 MW de potencia instalada), el esquema de operación que utilice PHAM puede cambiar los patrones de caudales aguas abajo de su punto de restitución. Ambas situaciones, y considerando que existen desfavorables escenarios en la disponibilidad de agua en la cuenca y cambios en su estacionalidad debido al cambio climático (Muñoz et al., 2016), tienen el potencial de provocar una interferencia operacional entre los usuarios de la cuenca.

El objetivo de este trabajo es proyectar la posible operación del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo bajo diferentes modelos de circulación general (CCSM4, CSIRO, IPSL, MIROC) y escenarios de operación del Embalse el Yeso para analizar y contribuir a reducir la potencial interferencia operacional en la subcuenca de Maipo Alto entre hidroelectricidad de pasada y otros usos de agua, en una escala temporal intradiaria a través de la identificación de esquemas de operación para PHAM que permitan una mejor coordinación entre usuarios.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde a la subcuenca Maipo Alto ubicada en la Región Metropolitana, en donde el agua es utilizada para consumo humano, generación de hidroelectricidad, riego y recreación (DGA, 2015). Para satisfacer la demanda de agua potable, la cuenca cuenta con el Embalse el Yeso de 210 hm<sup>3</sup> de capacidad y de uso exclusivo para el consumo humano. En el ámbito de la hidroelectricidad, la subcuenca aportaba, hasta 2021, al sistema eléctrico chileno 279 MW de potencia instalada con 5 centrales hidroeléctricas de pasada. Estudios anteriores determinaron una alteración hidrológica debido a la operación de las centrales hidroeléctricas existentes de la cuenca (Kaldi, 2021).



En marzo de 2022 entró en operación el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) adicionando 531 MW de potencia instalada con dos centrales hidroeléctricas de pasada, Alfalfal II y Las Lajas con caudales de diseño de 27 y 65 m<sup>3</sup>/s respectivamente. El proyecto capta el recurso hídrico en esteros y ríos afluentes al río Maipo ubicados en la alta montaña y lo entrega 39 km aguas abajo en el río Maipo en el sector de Las Vertientes, reduciendo el caudal medio anual de estos cauces intermedios en un 15.5% para el sector del río Maipo en San Alfonso y un 29.5% en el sector de El Manzano (AES Gener, 2008). Esto supone un potencial problema para los actuales usuarios de agua debido a la modificación en la topología de la cuenca, la reducción del caudal y el esquema operacional que utilice PHAM.

Figura 1: Zona de estudio.

### 3. METODOLOGÍA

El modelo de optimización multi-objetivo se implementó en el software AMEBA (<https://www.spec.cl/AmebaCloud/>), el cual es capaz de replicar la coordinación de las operaciones de centrales generadoras prescritas por el Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional, incluyendo las hidroeléctricas. De esta forma, es posible generar modelos técnicos de redes hídricas que simulan topológicamente el movimiento del agua a través de esta red (SPEC, 2021) con el objetivo de encontrar asignaciones óptimas del recurso en diferentes tramos de la cuenca. En el caso de centrales de pasada, se supone típicamente un criterio de operación enfocado a maximizar el valor de la energía producida, valorada a costo marginal. En la figura 2 se observa la topología del modelo implementado en AMEBA, construido y verificado con la ayuda de la Junta de Vigilancia de la primera sección del río Maipo.

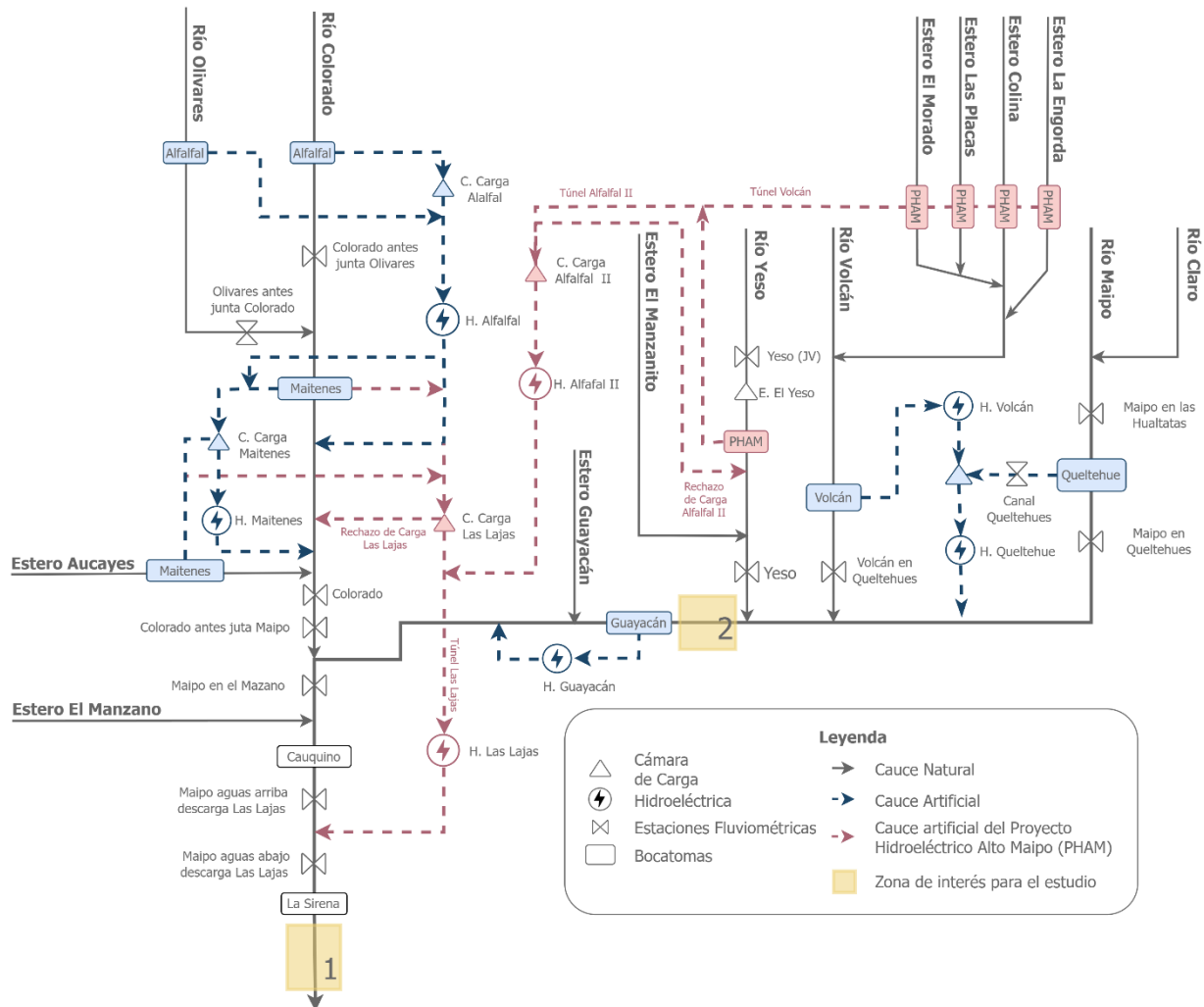


Figura 2: Topología del modelo. En rojo se observa el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo y en amarillo las zonas de interés del estudio.

La función objetivo del modelo es la maximización de beneficios económicos por venta de energía del conjunto de hidroeléctricas; las preferencias de los otros usuarios (riego y recreación) se incorporan en forma de restricciones, otorgando la naturaleza multiobjetivo al modelo por el método de las restricciones (Chiandussi et al, 2012). La resolución temporal del modelo es horaria, con corridas de una semana (lunes a domingo), es decir 168 horas, en donde se seleccionan semanas en específico dentro de un año para correr el modelo. Estas semanas se seleccionan a modo de ejemplo para caracterizar diferentes aspectos relevantes en la modelación y análisis posterior (diferencia en la demanda agrícola de agua, procesos estacionales de deshielo y diferente estacionalidad). Los resultados del modelo son series de tiempo de asignaciones óptimas de caudales en todos los arcos del modelo. Para este estudio, se han identificado dos puntos de interés (Figura 2): la primera es un punto aguas abajo de la restitución del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, cercano a la localidad de Las Vertientes, debido a la potencial interferencia operacional entre usuarios de agua para riego aguas abajo de este punto; el segundo punto de interés corresponde al río Maipo en San Alfonso, en donde se desarrollan actividades de recreación como rafting y kayak, y debido al PHAM, se podrían ver afectadas por una reducción de caudal en el río.

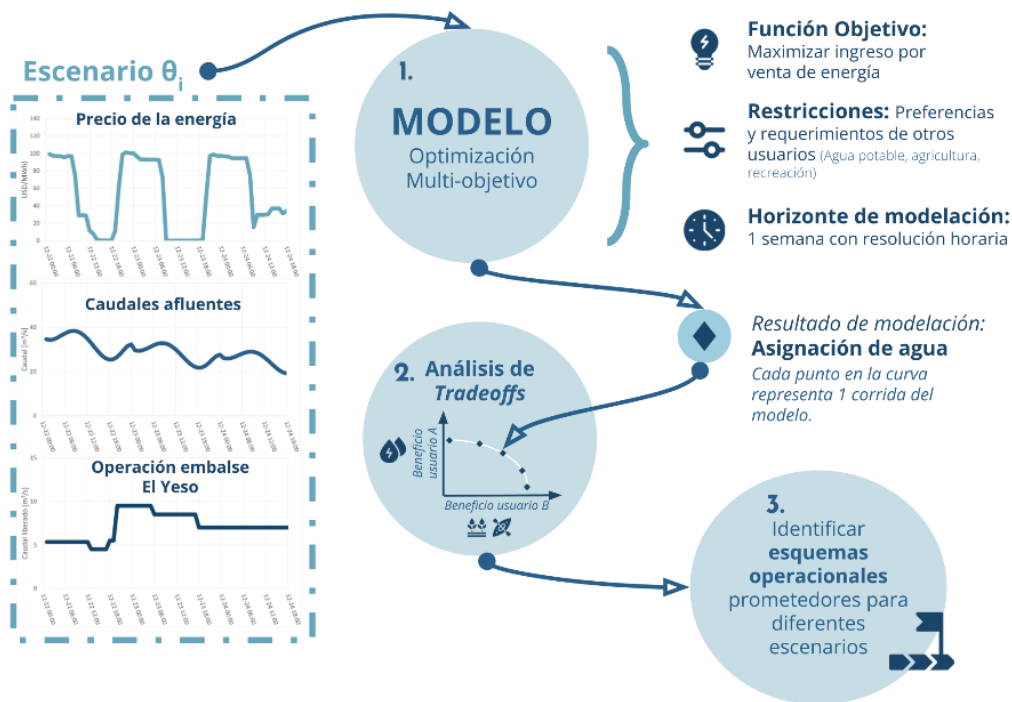


Figura 3: Resumen de la metodología empleada.

El modelo utiliza como datos de entrada series horarias de caudales afluentes al dominio y las proyecciones del costo horario marginal de la energía eléctrica. Los parámetros del modelo incluyen: las características de la infraestructura hídrica presente (volumen de almacenamiento de las cámaras de carga de las centrales hidroeléctricas, caudales de diseño de bocatomas, túneles y canales), derechos de agua en la cuenca y caudales ecológicos de los tramos, tiempo de viaje del caudal (si es que existe) en los arcos del sistema (tramos de río, canal o túnel).

Las series de caudales afluentes para los distintos escenarios utilizadas en este trabajo son un resultado derivado del modelo hidrológico VIC con parámetros calibrados para la cuenca alta del Maipo en el contexto de la quinta versión del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2022). Para ello, se han seleccionado puntos afluentes al modelo teniendo en consideración que no haya algún grado de intervención humana aguas arriba de estos, es decir, que el caudal en estos puntos sea natural (Figura 1). Así, es posible obtener series de caudales horarios en cada uno de los puntos afluentes de la cuenca para los 4 modelos de circulación general (MCG) proyectados para el escenario de cambio climático RCP 8.5. Originalmente, las series de caudales afluentes se encuentran en resolución tri-horaria (cada tres horas), y por medio de interpolación *spline* se obtienen series horarias.

Las proyecciones de costos marginales de la energía eléctrica son entregadas por AMEBA. Estos costos marginales se obtienen a partir de la corrida de los modelos de generación eléctrica a largo, mediano y corto plazo utilizados ampliamente en la industria de la generación eléctrica en Chile.

Los parámetros del modelo se obtienen de los antecedentes del estudio de impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (AES Gener, 2008) y documentación sobre derechos de aguas de la Dirección General de Aguas. Los tiempos de viaje del caudal dentro del modelo se calculan utilizando la fórmula de Manning, suponiendo altura de escurrimiento normal y ancho del cauce mucho mayor a la altura de escurrimiento (Ecuación (1)). Los datos de pendiente, longitud y características del lecho son obtenidos utilizando Google Earth. Se opta por esta metodología por falta de información batimétrica en los cauces de interés y limitaciones técnicas del modelo, el cual solo permite la implementación de tiempos de viaje constantes (exógenos) por cada tramo de río. De esta forma, los tiempos de viaje son calculados para cada semana a simular según la serie de caudales afluentes de esa semana, según la ecuación (2).

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} = b \cdot y^{\frac{5}{3}} \quad (1)$$

$$t_v = \frac{d \cdot v \cdot y}{Q} \quad (2)$$

Se estiman diferentes escenarios de operación del embalse El Yeso a partir de información real de la operación del embalse entre diciembre de 2021 y abril de 2023 mediante el algoritmo de análisis de series temporales Dynamic Time Warping (DTW). Este algoritmo se utiliza para clasificar según similitud series de tiempo de igual longitud en diferentes grupos o *clusters*. De esta forma, en un *cluster* se encuentran series de tiempo de operación del embalse El Yeso similares entre ellas. Posteriormente, se calcula una serie promedio representativa del *cluster* y se escoge la serie de tiempo de operación real más similar a ella para representar el *cluster*, esta serie representativa real es el escenario de operación. Por último, se estudia el origen temporal de las series de cada *cluster* para establecer cuándo utilizar estos escenarios (temporada húmeda, mes en particular, inicio de la crecida de deshielo, etc.).

Las restricciones del modelo referentes a las preferencias y requerimientos de los otros usuarios de la cuenca (que no son hidroelectricidad) se están construyendo en conjunto con la Junta de Vigilancia de la primera sección del río Maipo. Estas restricciones se pueden traducir, como en el caso del río Tinguiririca (Urzúa, 2022), como caudales mínimos y/o máximos (Ecuación 3 y 4) en los puntos de interés del estudio (Figura 2) y rampas máximas -diferencias entre caudales de horas consecutivas- en el punto de restitución del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (Ecuación 5).

$$Q_{arco} = Q_{min} \quad (3)$$

$$Q_{arco} = Q_{max} \quad (4)$$

$$|Q_{tubinado\ t} - Q_{tubinado\ t+1}| < r_{max} \quad (5)$$

Por último, la identificación de los esquemas de operación se lleva a cabo por medio del análisis de curvas de *tradeoff*, las cuales permiten explorar resultados de beneficio mutuo entre las partes involucradas que no se tenían contempladas (James, 2017). Estas curvas se construyen a partir de la utilización del modelo en forma iterativa, cambiando la permisividad de las restricciones referentes a los otros usos de agua. La asignación de agua, dada como resultado del modelo, se asocia a un nivel de beneficio medido como valor económico para hidroelectricidad e índice de cumplimiento de la restricción para otros usos (Figura 3).

## RESULTADOS PRELIMINARES

La figura 3 muestra a modo de ejemplo el caudal afluente proyectado al Río Maipo para la semana del 20 al 26 de octubre de 2025 para los modelos de circulación general CCSM4, CSIRO, IPSL y MIROC, donde se puede notar la presencia de un patrón intradiario de deshielo y variabilidad de este a lo largo de la semana, así como también entre los modelos de circulación general. Estas diferencias aportan mayor robustez al análisis de operación futura al incorporar diferentes escenarios para un mismo periodo.

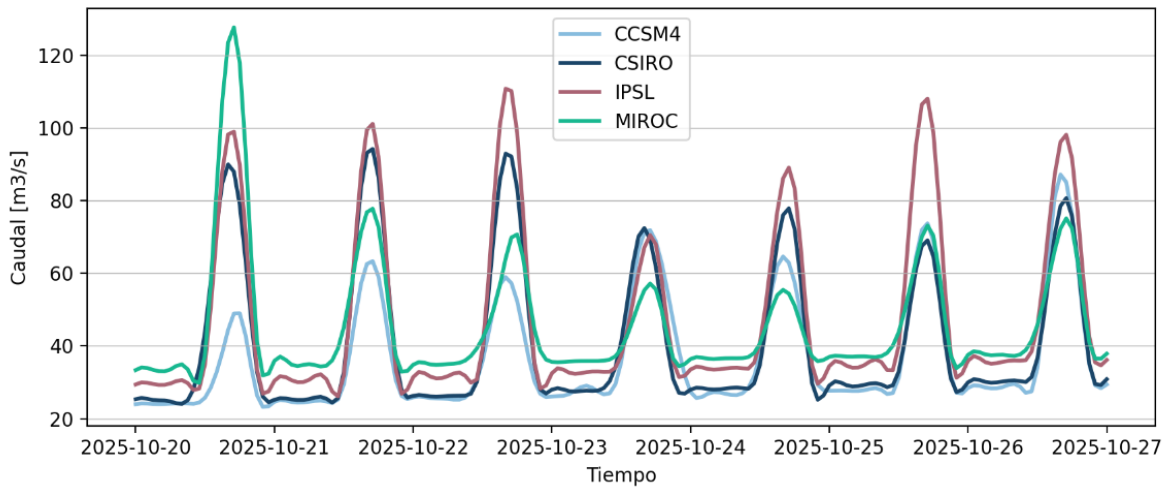


Figura 4: Caudales afluentes proyectados al río Maipo entre el 20-10-2025 y 26-10-2025 para cuatro modelos de circulación general.

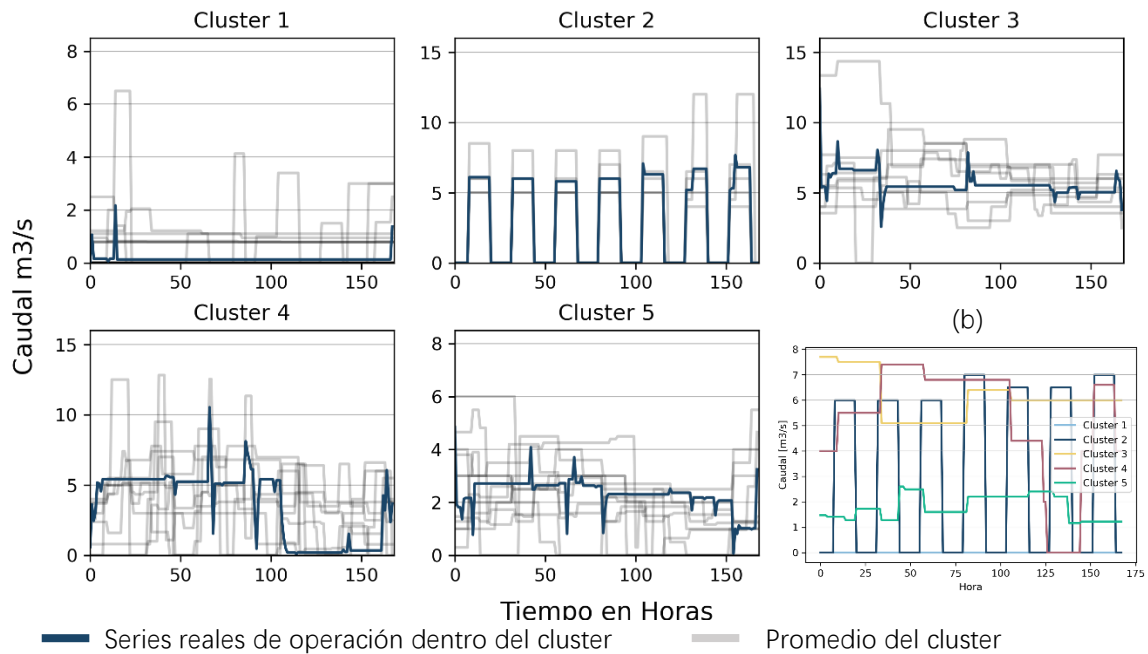


Figura 5: *Clusters* resultantes luego de clasificar las semanas reales de operación del embalse El Yeso. (b) Semanas de operación reales más representativas de cada *cluster*.

Los escenarios de operación del embalse El Yeso se pueden clasificar en 5 tipos (Figura 5). Estos 5 *cluster* no se traducen a 5 escenarios equiprobables que suceden en todas las épocas del año. Tras analizar el origen temporal de los datos de cada *cluster*, se encuentra que el embalse El Yeso entrega agua principalmente en dos periodos: durante los meses de enero a mayo y durante septiembre y octubre. Los meses que no entrega agua se relacionan con el cluster 1, se presume que este comportamiento se debe a que durante invierno la demanda agrícola de agua es nula y Aguas Andinas tiene todo el caudal del Maipo a su disposición, el cual sería suficiente y no necesitaría operar el embalse, así como también en noviembre y diciembre, donde el agua del deshielo cubriría las demandas de agua para potabilización y agrícola. Los comportamientos de los clusters 3 y 4 ocurren durante todo el periodo en que el embalse es activo y los clusters 2 y 5 se relacionan con el primer periodo de entrega del embalse (febrero a mayo). Con esta caracterización de la operación del embalse El Yeso se establecen los escenarios de la figura 5 (b), dependiendo de cuando ocurra la semana de operación seleccionada para correr el modelo, se pueden utilizar de 1 a 4 escenarios de operación del embalse.



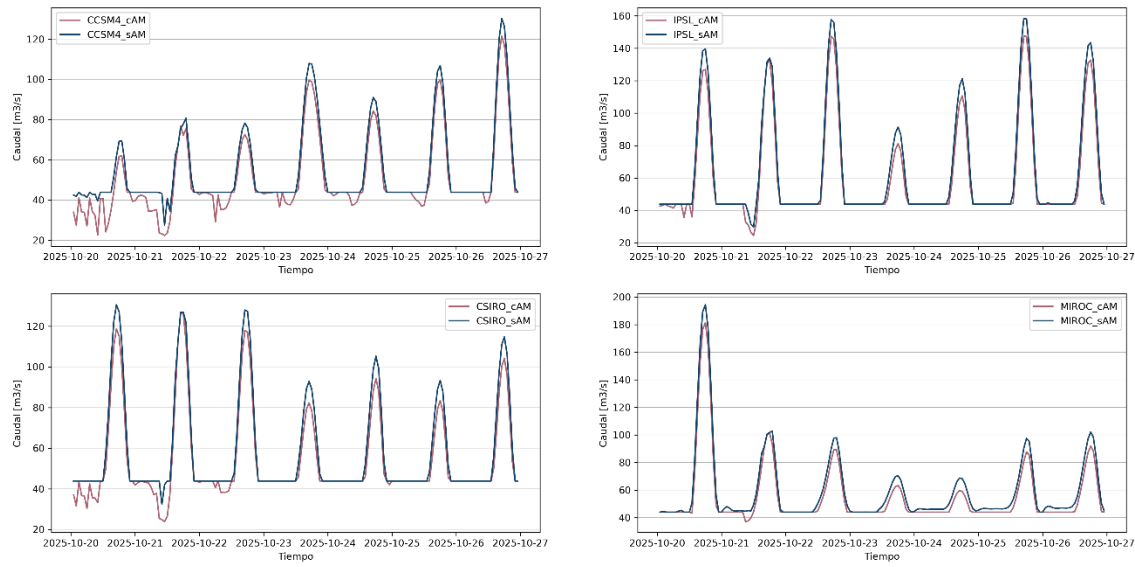


Figura 6: Resultados de modelación para la zona de estudio cercana a San Alfonso, para los 4 modelos de circulación y utilizando una serie de operación real del *cluster* 3. En azul la serie de caudales asignados para un modelo sin PHAM y en rojo la serie de caudales asignados en un modelo con PHAM incorporado.

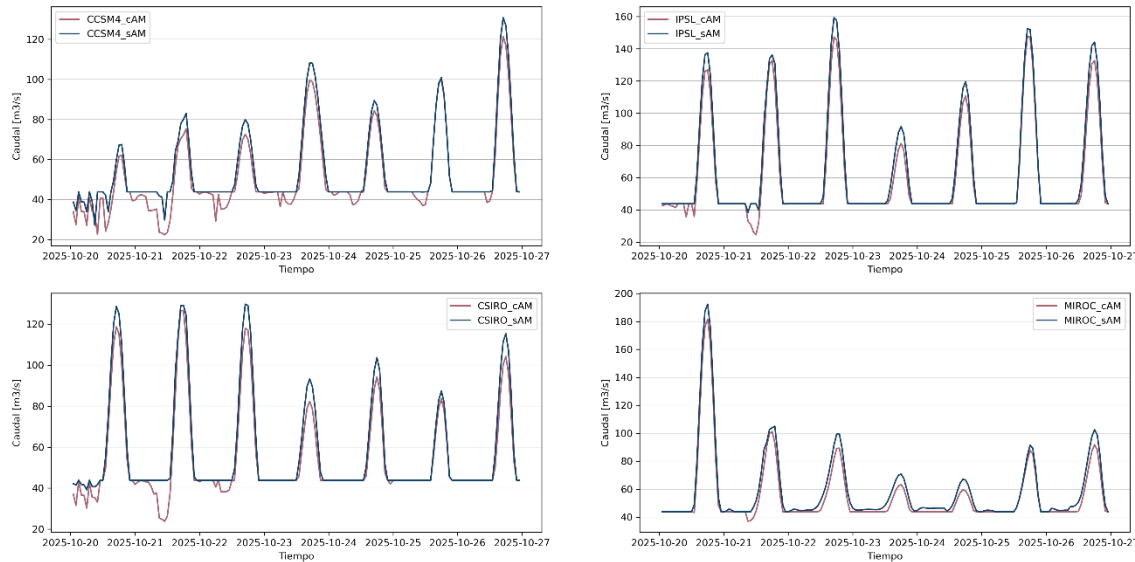


Figura 7: Resultados de modelación para la zona de estudio cercana a San Alfonso, para los 4 modelos de circulación y utilizando una serie de operación real del *cluster* 4. En azul la serie de caudales asignados para un modelo sin PHAM y en rojo la serie de caudales asignados en un modelo con PHAM incorporado.

Para el río Maipo en San Alfonso, los resultados del modelo indican que existe una reducción del caudal promedio circulante en el río de 4 m<sup>3</sup>/s cuando opera PHAM (reducción del 6% del caudal), y no se ve diferencia al operar el embalse según el *cluster* 3 o 4. Los caudales resultantes siguen la tendencia de patrón intradiario que tienen parte de sus afluentes (Río Maipo en la Figura 4)

Tabla 1: Promedio semanal del caudal en San Alfonso

Con PHAM	Sin PHAM
54.9 [m <sup>3</sup> /s]	58.9 [m <sup>3</sup> /s]

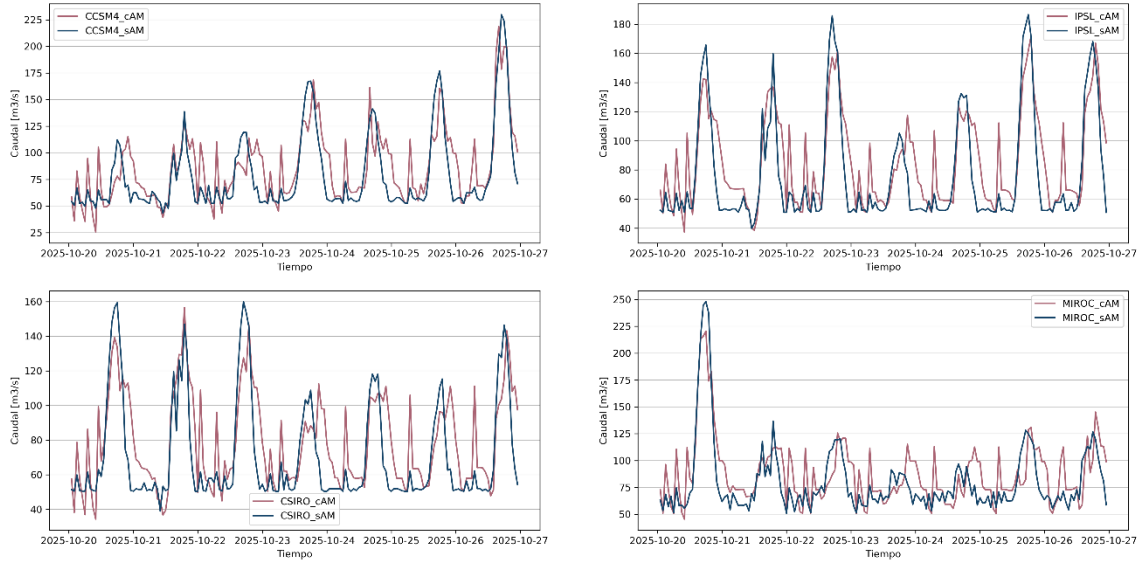


Figura 8: Resultados de modelación para la zona de estudio cercana a Las Vertientes, para los 4 modelos de circulación y utilizando una serie de operación real del *cluster* 3. En azul la serie de caudales asignados para un modelo sin PHAM y en rojo la serie de caudales asignados en un modelo con PHAM incorporado.

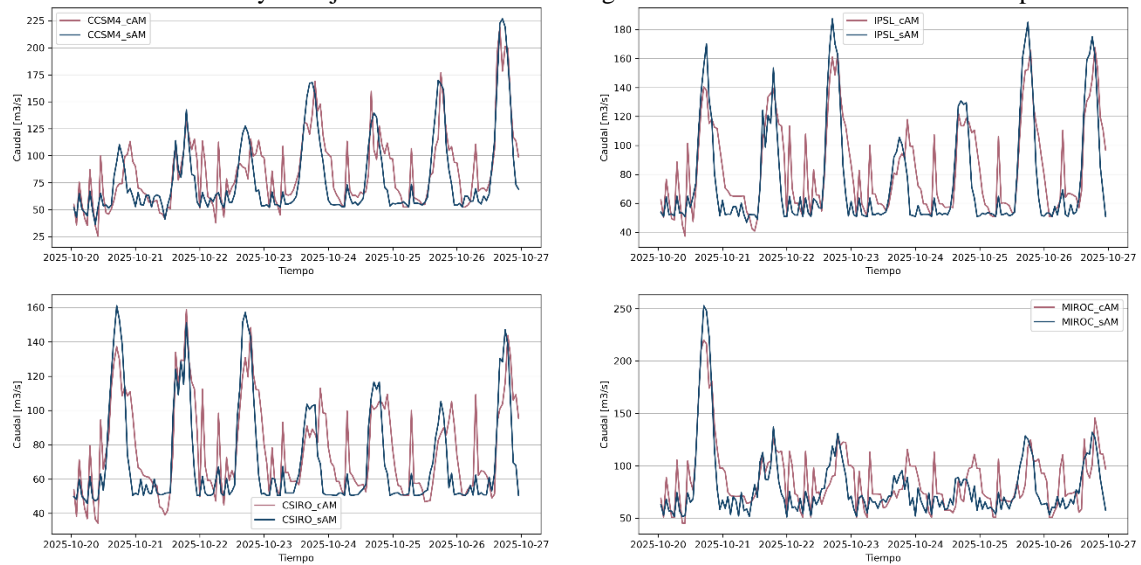


Figura 9: Resultados de modelación para la zona de estudio cercana a Las Vertientes, para los 4 modelos de circulación y utilizando una serie de operación real del *cluster* 4. En azul la serie de caudales asignados para un modelo sin PHAM y en rojo la serie de caudales asignados en un modelo con PHAM incorporado.

Para el punto aguas abajo de la descarga del PHAM, los resultados del modelo indican que existe un incremento en algunos de los *peaks* de caudal y un pequeño desfase cuando opera el proyecto. A pesar de lo anterior, los resultados de ambos modelos presentan una operación similar, con varias puntas a lo largo del día provocado por la operación conjunta de las 5 (sin PHAM) y 7 (con PHAM) centrales hidroeléctricas.

Tabla 2: Promedio semanal del caudal en Las Vertientes

Con PHAM	Sin PHAM
79.2 [m <sup>3</sup> /s]	71.5 [m <sup>3</sup> /s]

Los resultados aquí presentados no incluyen la incorporación de las preferencias de los otros usuarios, de modo que representan una línea base de la potencial operación de las centrales hidroeléctricas de la cuenca, considerando y no considerando PHAM, sin la coordinación entre usuarios.

#### **4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

Se presenta un análisis de la potencial interferencia operacional entre las centrales hidroeléctricas de pasada y otros usos del agua en puntos seleccionados de la cuenca alta del río Maipo. Los resultados preliminares muestran una reducción del caudal para el río Maipo en San Alfonso en promedio de 4 m<sup>3</sup>/s y en Las Vertientes un aumento de 8 m<sup>3</sup>/s cuando opera PHAM. En el río Maipo en Las Vertientes, el patrón de caudales proyectado es similar entre los escenarios con y sin PHAM, la diferencia radica en un incremento en los *peaks* de caudal y un pequeño desfase. Sin embargo, se requiere de más información para saber si este incremento podría afectar o no a los usuarios aguas abajo de esta zona. Se espera poder obtener esta información del trabajo colaborativo en curso con la Junta de Vigilancia de la primera sección del río Maipo.

Actualmente se está trabajando en la definición de las restricciones de otros usuarios de la cuenca en conjunto a la Junta de Vigilancia de la primera sección del río Maipo. Una vez definidas estas restricciones se procederá a implementarlas en el modelo y construir las curvas de *tradeoff* según se indica en la metodología.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue financiado a través del proyecto NSFC190025 del Programa de Cooperación Internacional de la Agencia Nacional de Investigación (ANID). Los autores agradecen la información y retroalimentación proporcionada por José Manuel Córdova, Gerente Técnico de la Junta de Vigilancia del Río Maipo primera sección, y Ernesto Veres, Gerente y Juez de río de la Junta de Vigilancia del Río Maipo primera sección. Los autores agradecen a SPEC Energy Consultants por proporcionar el software AMEBA y por la proyección de costos marginales de la energía.

#### **REFERENCIAS**

AES Gener. (2008). Estudio de Impacto Ambiental: "Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo" (pp. 63–122).

Almeida, R. M., Hamilton, S. K., Rosi, E. J., Barros, N., Doria, C. R. C., Flecker, A. S., Fleischmann, A. S., Reisinger, A. J., & Roland, F. (2020). Hydropeaking Operations of Two Run-of-River Mega-Dams Alter ownstream Hydrology of the Largest Amazon Tributary. *Frontiers in Environmental Science*, 8(July), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00120>

Bejarano, M. D., Sordo-Ward, Á., Alonso, C., & Nilsson, C. (2017). Characterizing effects of hydropower plants on sub-daily flow regimes. *Journal of Hydrology*, 550, 186–200. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.023>

Briscoe, J. (1999). The financing of hydropower, irrigation and water supply infrastructure in developing countries. *International Journal of Water Resources Development*, 15(4), 459–491. <https://doi.org/10.1080/07900629948718>

Chiandussi, G., Codegone, M., Ferrero S., Varesio F.E. (2012). Comparison of multi-objective optimization methodologies for engineering applications. *Computers & Mathematics with Applications*, 63(5), 912-942. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.11.057>.

Dirección General de Aguas (DGA). (2015). Diagnóstico Plan Maestro De Recursos Hídricos Región Metropolitana de Santiago. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Dirección Regional de Aguas Región Metropolitana, Chile. Elaborado por: ARRAU Ingeniería E.I.R.L.

Dirección General de Aguas (DGA) (2022). Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile. SIT N° 524. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Elaborado por: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Expósito, A., Beier, F., & Berbel, J. (2020). Hydro-economic modelling for water-policy assessment under climate change at a river basin scale: A review. *Water (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/W12061559>

Greimel, F., Schülting, L., Graf, W., Bondar-Kunze, E., Auer, S., Zeiringer, B., & Hauer, C. (2018). Hydropeaking Impacts and Mitigation. *Riverine Ecosystem Management*, 91-110. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_5)

Haas, J., Olivares, M. A., & Palma-Behnke, R. (2015). Grid-wide subdaily hydrologic alteration under massive wind power penetration in Chile. *Journal of Environmental Management*, 154, 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.017>

James, D. (2017). The Role of Economic Analysis in Water Resource Management-The Murray-Darling Experience. In *Decision Making in Water Resources Policy and Management: An Australian Perspective* (pp. 133-149). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810523-8.00009-4>

Kaldi, S. (2021). Caracterización y análisis operacional del uso de agua para generación hidroeléctrica en la cuenca del Río Maipo. [Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile

Muñoz, A. A., González-Reyes, A., Lara, A., Sauchyn, D., Christie, D., Puchi, P., Urrutia-Jalabert, R., Toledo-Guerrero, I., Aguilera-Betti, I., Mundo, I., Sheppard, P. R., Stahle, D., Villalba, R., Szejner, P., LeQuesne, C., & Vanstone, J. (2016). Streamflow variability in the Chilean Temperate-Mediterranean climate transition (35°S–42°S) during the last 400 years inferred from tree-ring records. *Climate Dynamics*, 47(12), 4051–4066. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3068-9>

Olmstead, S. M. (2014). Climate change adaptation and water resource management: A review of the literature. *Energy Economics*, 46, 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.005>

SPEC. (2021). AMEBA. <https://www.spec.cl/AmebaCloud/#home>

Urzúa, G. (2022). Estudio del impacto de la operación hidroeléctrica en el uso del agua para riego en la cuenca del río Tinguiririca, Chile. [Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile