



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

### DIFERENCIAS EN LOS CAUDALES ECOLÓGICOS DETERMINADOS A PARTIR DE ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS Y LOS OBTENIDOS DE ESTIMAR LA OFERTA FÍSICA EN RÉGIMEN NATURAL. CASOS DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS MAULE Y BÍO-BÍO.

**DIMITRI DIONIZIS<sup>1</sup>**  
**MIGUEL LAGOS<sup>2</sup>**  
**FRANCISCO JARA<sup>3</sup>**  
**FELIPE SAAVEDRA<sup>4</sup>**  
**JOSÉ M. VALDÉS-NEGRONI<sup>5</sup>**  
**KATHERINNE SILVA-URRUTIA<sup>6</sup>**

#### RESUMEN EXTENDIDO

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo público encargado de preservar los ecosistemas y valores paisajísticos al momento de otorgar nuevos derechos de aprovechamiento (MMA, 2015), lo cual se materializa a través de la definición de un caudal ecológico mínimo. Para la estimación de esta magnitud, la autoridad se basa principalmente en la estadística fluviométrica histórica disponible en estaciones ubicadas en el río a regular (SEIA, 2016), lo que podría implicar que la determinación del caudal ecológico mínimo se realice sobre una condición intervenida de la cuenca producto de actividades antrópicas, la cual puede diferir considerablemente con respecto a la situación en régimen natural (CEA, 2008). El presente artículo aborda la problemática descrita estimando la escorrentía de cuencas intervenidas en condiciones sin intervención por medio de una metodología de estimación de caudales en cuencas no controladas, utilizando regionalización y validación cruzada a partir de la base de datos CAMELS-CL (Alvarez-Garreton, et al., 2018), para posteriormente determinar los caudales ecológicos mínimos considerando el marco legal vigente.

---

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile – dimitri.dionizis@uchile.cl

<sup>2</sup>Ingeniero Civil, MSc. Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile – miguel.lagos@ing.uchile.cl

<sup>3</sup>Ingeniero Civil, Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile – francisco.jara@uchile.cl

<sup>4</sup>Ingeniero Civil, Advanced Mining Technology Center, Universidad de Chile - felipesaam@gmail.com

<sup>5</sup>Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Laboratorio de Análisis Territorial, Depto. Cs. Ambientales y RNR, Universidad de Chile - jose.valdes@ug.uchile.cl

<sup>6</sup>Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Laboratorio de Análisis Territorial, Depto. Cs. Ambientales y RNR, Universidad de Chile - ksilva@ug.uchile.cl

Las estimaciones se han realizado en cauces de las cuencas de los Ríos Maule y Bío-Bío (**Error! Reference source not found.**), las cuales se encuentran altamente intervenidas producto, principalmente, de actividades agrícolas y de generación hidroeléctrica (DGA, 2016; DGA, 2004).

Deleted: Fig

Para la modelación hidrológica de los sistemas en estudio, se utilizó el modelo hidrológico HBV (Bergström, 1992), calibrando mediante estadística fluviométrica observada aquellas cuencas con un grado de intervención inferior al 10%, definido como el porcentaje de derechos consuntivos superficiales en el catastro público de aguas (CPA) sobre el caudal medio anual. Como resultado, se tienen los sets de parámetros óptimos representativos de cada región y tipo de cuenca.

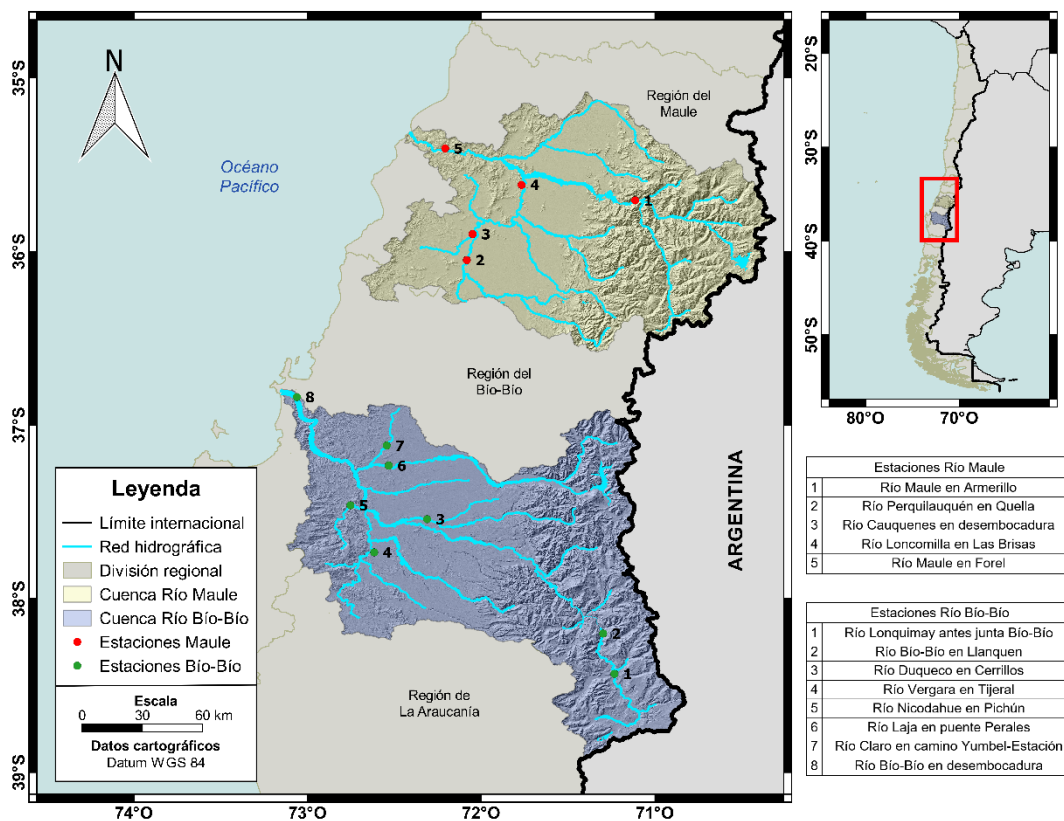


Figura 1: Cuencas de los Ríos Maule y Bío-Bío, junto con las estaciones DGA utilizadas en el análisis.  
Fuente: SRTM (Farr, et al., 2007).

Los parámetros calibrados fueron transferidos a las cuencas intervenidas mediante criterios de similitud hidrológica según el algoritmo de clasificación bayesiano AutoClass-C (Cheeseman, et al., 1988) y según su proximidad espacial, para posteriormente estimar los hidrogramas en régimen natural en cuencas con intervención antrópica. A partir de los caudales estimados en régimen natural, se determinaron los caudales ecológicos mínimos para cada uno de los cauces en estudio según los criterios establecidos por la DGA, esto es, valores entre el 10% y 20% del caudal medio anual, dependiendo del caudal asociado al 95% de probabilidad de excedencia para cada mes (MMA, 2012).

Los resultados obtenidos ([Error! Reference source not found.](#)) muestran que, en general, la autoridad tiende a subestimar los caudales ecológicos mínimos en relación a las condiciones sin intervención, lo que implica que no se estarían resguardando adecuadamente las condiciones ambientales de los ríos, principalmente en los meses de verano, que corresponden al estiaje en cuencas pluviales como las estudiadas.

Deleted: Figu

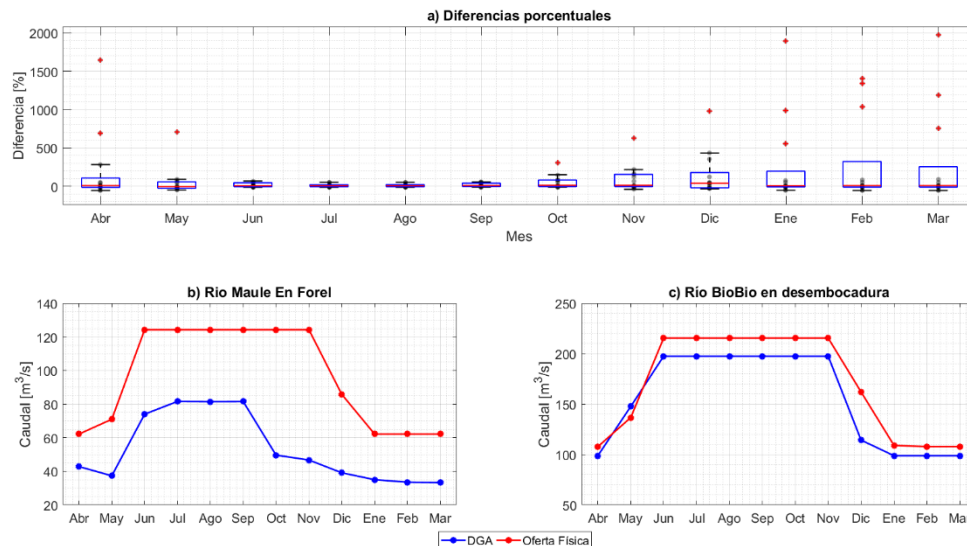


Figura 2: Comportamiento estacional de los caudales ecológicos definidos por la DGA y los obtenidos de las estimaciones de caudales en régimen natural al aplicar la metodología en las estaciones presentadas. Diferencias porcentuales entre estimaciones en régimen natural y DGA (a), curvas de variación estacional del caudal ecológico en estación Río Maule en Forel, cercana a la desembocadura (b) y estación Río Bío-Bío en desembocadura (c).

Es importante destacar, además, que la determinación del caudal ecológico considera únicamente criterios hidrológicos, sin tomar en cuenta la componente ecológica necesaria para preservar los ecosistemas y los medios de subsistencia de la flora y fauna (SEIA, 2007), labor a cargo del SEIA al momento de aceptar o rechazar un proyecto.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al AMTC por el financiamiento entregado para realizar este artículo, a la investigadora CR2 Camila Álvarez-Garretón quien facilitó el acceso a la base de datos CAMELS-CL; y al investigador del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile Nicolás Vásquez por su colaboración en la adaptación del algoritmo AutoClass-C.

### Referencias

- Alvarez-Garretón, C., Mendoza, P. A., Boisier, J. P., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., . . . Araya, A. (2018). The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies – Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*.
- Bergström, S. (1992). The HBV model - its structure and applications. *SMHI*.



- CEA. (2008). *Determinación de caudales ecológicos en cuencas con fauna ictica nativa y en estado de conservación*. Centro de Ecología Aplicada, Santiago.
- Cheeseman, P., Kelly, J., Self, M., Stutz, J., Taylor, W., & Freeman, D. (1988). AutoClass: A Bayesian Classification System. *Machine Learning Proceedings*, 54-64.
- DGA. (2004). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Bío Bío*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.
- DGA. (2016). *Actualización Informe Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del Río Maule*. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., . . . Seal, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*.
- MMA. (22 de Mayo de 2012). Aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. Decreto N°14. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.
- MMA. (15 de Enero de 2015). Modifica decreto N°14 de 2012, que aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. *Diario Oficial de la República de Chile*, págs. I -74.
- SEIA. (2016). *Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centralers hidroeléctrcas en el SEIA*. Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago.