

**SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**  
**XXIV CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**¿CUÁNTA AGUA TIENEN REALMENTE NUESTROS RÍOS? UN ANÁLISIS A  
TRAVÉS DE LA OFERTA NATURAL Y LA DEMANDA**

**MIGUEL LAGOS-ZÚÑIGA<sup>1</sup>, DIMITRI DIONIZIS<sup>2</sup>, HILDA MOYA<sup>3</sup>, JOSÉ MIGUEL  
VALDÉS<sup>4</sup>, FRANCISCO JARA<sup>5</sup>, FELIPE SAAVEDRA<sup>6</sup>, KARLA ASTORGA<sup>7</sup> y  
ANDRES DE LA FUENTE<sup>8</sup>**

**RESUMEN**

Si bien existe un número creciente de estaciones fluviométricas a lo largo del territorio nacional, gran parte de ellas representa un caudal que ya ha sido intervenido por el ser humano en diversos tipos de usos, de modo que conocer la oferta natural es un problema abierto y ha convocado a gran parte de la comunidad hidrológica en las últimas décadas. Por otro lado, el Catastro Público de Aguas que presenta la información oficial sobre los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA), suele no contemplar la totalidad de derechos que una Organización de Usuarios de Aguas (OUA) administra, de forma que tampoco se tiene certeza sobre la demanda jurídica legal sobre un río. En el presente documento se muestran los resultados en la determinación de la oferta en régimen natural y demanda hídrica en algunos ríos de las macrozonas Sur y Austral de Chile. Según la metodología empleada, gran parte de las cuencas analizadas presentan probables condiciones de sobre otorgamiento de DAA, de forma que se plantea una necesidad real de establecer un plan nacional que permita reducir brechas de información para el mejor conocimiento de nuestros ríos y el uso de sus derechos.

---

<sup>1</sup> Investigador asociado, AMTC y Profesional Docente, Depto. de Ingeniería Civil. U. de Chile - mlagosz@uchile.cl

<sup>2</sup> Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil. U. de Chile - d.dionizis@gmail.com

<sup>3</sup> Investigadora, Laboratorio de Análisis Territorial, Fac. Cs. Agronómicas, U. de Chile - hilda.moya@uchile.cl

<sup>4</sup> Investigador, Laboratorio de Análisis Territorial, Fac. Cs. Agronómicas, U. de Chile - jose.valdes@ug.uchile.cl

<sup>5</sup> Investigador asociado, Centro Avanzado de Tecnología para la Minería. U. de Chile - francisco.jara@ug.uchile.cl

<sup>6</sup> Investigador asociado, Centro Avanzado de Tecnología para la Minería. U. de Chile - felipesaam@gmail.com

<sup>7</sup> Investigadora, Laboratorio de Análisis Territorial, Fac. Cs. Agronómicas, U. de Chile - karla.astorga@gmail.com

<sup>8</sup> Académico, Depto. Cs. Ambient. y Rec. Nat. Renovables y LAT, F.Cs. Agron. U. de Chile - afuente@uchile.cl

## 1. INTRODUCCIÓN

El balance hídrico de Chile (DGA,1987), publicado después de cinco años de trabajo, recopiló en un informe sin precedentes la disponibilidad de caudal medio anual en todas las cuencas del Banco Nacional de Aguas (BNA), así como la climatología de precipitaciones y temperaturas que permitieron obtener la evapotranspiración anual promedio en cada unidad de análisis.

Del centenar de estaciones fluviométricas públicas administradas por la Dirección General de Aguas (DGA), solo un pequeño número de ellas se encuentra en régimen natural, esto implica que, si se quiere modelar hidrológicamente cuencas para, por ejemplo, evaluar escenarios de cambio climático, es necesario realizar técnicas de transferencia de parámetros a cuencas vecinas según criterios comunes vistos en la literatura (Beck et al, 2016; Blöschl et al, 2013).

Dado que, a lo largo de las cuencas, existen distintos usuarios del agua, estos pueden agruparse en Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA), siendo responsables de velar por la correcta distribución de los recursos hídricos de acuerdo a los derechos de sus usuarios, generalmente a través de asignaciones proporcionales (acciones), del agua total que administran en conjunto y que circula por los ríos. La gran mayoría de estas organizaciones tiene un catastro sobre la demanda de cada uno de los usuarios en acciones o caudales (l/s, por ejemplo). Sin embargo, la DGA, organismo responsable de la asignación de derechos en base a elementos técnicos, no posee un catastro total de los usos que en la práctica existen sobre una cuenca determinada, tanto a nivel superficial como subterráneo. En efecto, se ha estudiado que existe una brecha, a veces importante, entre los derechos registrados en el Catastro Público de Aguas (CPA) que administra la DGA y los derechos administrado por las OUA (Banco Mundial, 2013; Moya et al., 2018).

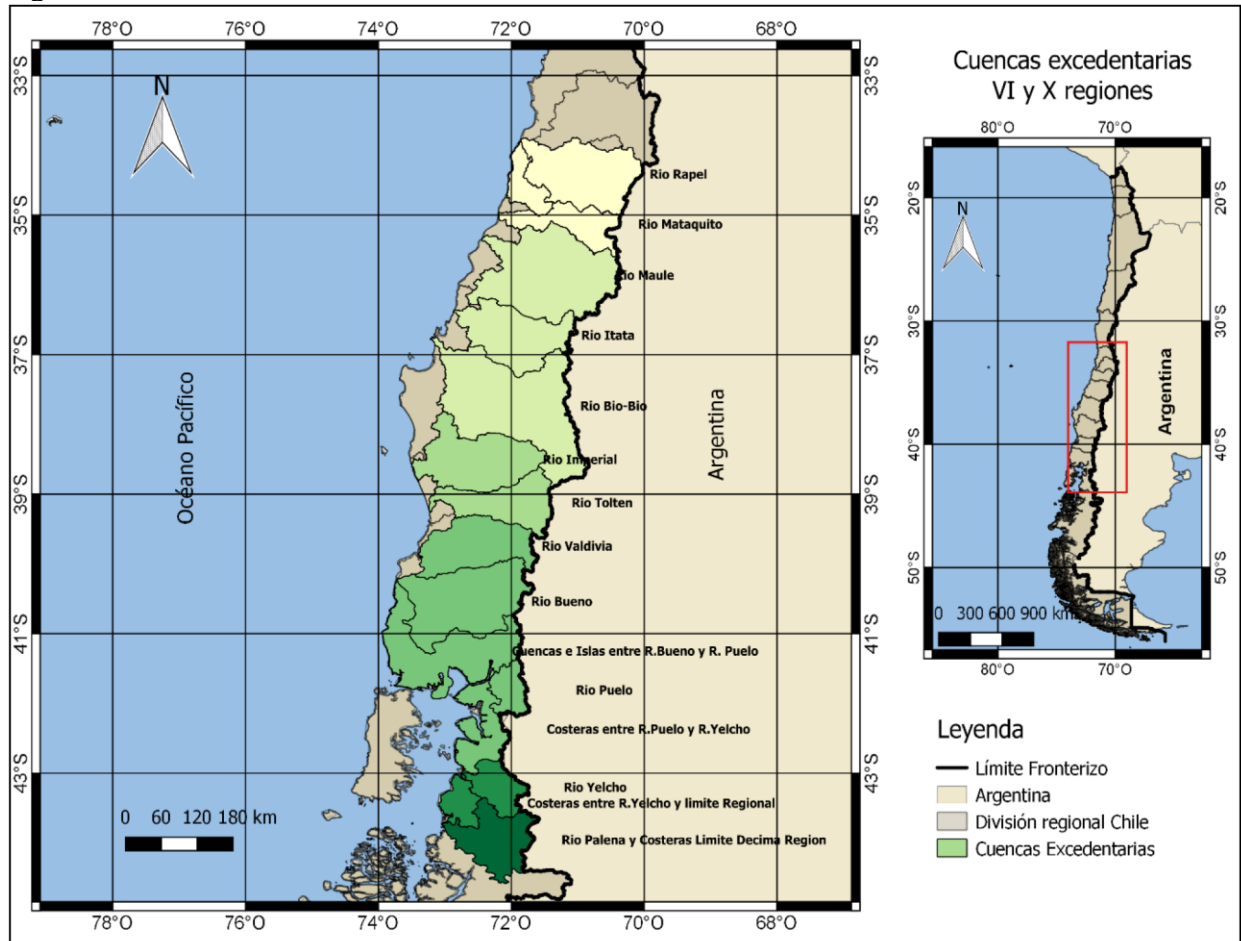
Ante antecedentes como la disponibilidad natural del recurso hídrico estimada por la DGA en el Atlas del Agua (2016), que muestra las diferencias entre zonas en constante estrés hídrico, en contraste a otras zonas con un aparente potencial de superávit, la idea de realizar una carretera hídrica (trasvase de aguas) ha tomado fuerza en los últimos años, con el objetivo de redistribuir los recursos de agua desde “cuencas excedentarias” hasta “cuencas deficitarias”.

En el año 2019, la Universidad de Chile, a través del Laboratorio de Análisis Territorial de la Facultad de Ciencias Agronómicas y el Centro Avanzado de Tecnología para la Minería de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, entrega a CORFO el resultado de cerca de dos años de estudio en donde se evalúan, entre otras cosas, el contraste entre la oferta natural y la demanda jurídica en diversos ríos del Sur de Chile (CORFO, 2019). En aquel estudio, entre otras tareas, se realizaron una serie de entrevistas a diversas OUA, para conocer el caudal que administraban y así ser contrastado con el CPA y complementar la demanda jurídica de agua en base a ambas fuentes de información, así como se estimó la oferta natural histórica de potenciales ríos con mayor escurrimiento.

En base al contexto descrito, el presente artículo tiene como objetivo realizar una discusión en torno a la oferta natural y la demanda jurídica, y concluir sobre el nivel de conocimiento de la disponibilidad real de agua en cuencas potencialmente excedentarias.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

El análisis de cuencas potencialmente excedentarias se realizó en una primera instancia en cuencas DARH con potencial a tener recursos hídricos disponibles según información del Atlas del Agua (DGA, 2016) situadas entre los ríos Cachapoal y el río Palena, todas ellas esquematizadas en la Figura 1.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de cuencas potencialmente excedentarias en función de análisis de información BNA y Atlas del Agua (DGA, 2016). En la Figura solo se muestra la fracción de aquellas cuencas pertenecientes al territorio Chileno. Fuente: CORFO (2019).

## 3. METODOLOGÍA

La metodología adoptada en el estudio CORFO (2018), y que también se utilizó en este estudio se resume en cuatro etapas: 1) Determinación de la oferta física media anual mediante balance hídrico simplificado, 2) Cuantificación del caudal relacionado a los DAA catastrados, 3) Modelación hidrológica y regionalización a aquellas cuencas que resulten con potencial hídrico disponible y 4) Contraste para las cuencas con modelación hidrológica con el CPA y entrevistas a las distintas OUA, de modo de complementar la demanda jurídica de agua.

## **Estimación del caudal medio anual**

Para estimar el caudal medio anual, se realiza un balance hídrico simplificado entre la precipitación y la evapotranspiración para un periodo climatológico de 30 años (1985-2015) según la Ecuación (1), que puede suponerse válida para un periodo extenso. La Precipitación se obtiene del producto CR2MET desarrollado para la actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017) junto con las temperaturas.

$$Q \cong Pp - ET \quad (1)$$

La evapotranspiración potencial en cada una de las cuencas se estimó mediante tres métodos ampliamente utilizados en la literatura: los métodos de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985) y Turc (Turc, 1961) para luego estimar la evapotranspiración real mediante la aproximación de Budyko (Budyko, 1974). Las forzantes meteorológicas necesarias para estimar ETP se obtienen desde los productos CR2MET en temperaturas (v1.0) y de la base de datos CAMELS-CL (Álvarez-Garretón et al., 2018).

## **Estimación preliminar de los DAA nueva estimación de cuencas excedentarias**

Para determinar los DAA iniciales, se utiliza la base de datos del Atlas del Agua (DGA, 2016) -el que a su vez señala la información consignada en el CPA-, considerando tanto aquellos derechos consuntivos como no consuntivos, eventuales y permanentes. Del contraste entre los caudales medios anuales y la estimación de DAA registrados por DGA (2016), se determinan aquellas cuencas que podrían tener recursos disponibles.

## **Modelación hidrológica y estimación de caudales para distintas probabilidades de excedencia.**

De las hoyas hidrográficas en donde la diferencia entre QMA y DAA anuales es positiva, se realiza una modelación hidrológica en aquellas subcuencas en régimen natural estimadas por CAMELS-CL (Álvarez-Garretón et al., 2018). La modelación se realiza a través del software HBV (Bergström, 1992) el cuál es un modelo conceptual, concentrado, determinístico y continuo, que modela el caudal de salida de una cuenca utilizando estadística diaria de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial. Dicha información fue desagregada en 10 bandas de elevación para cada cuenca y calibrando caudales medios diarios mediante el estadístico Kling Gupta (Gupta et al., 2009).

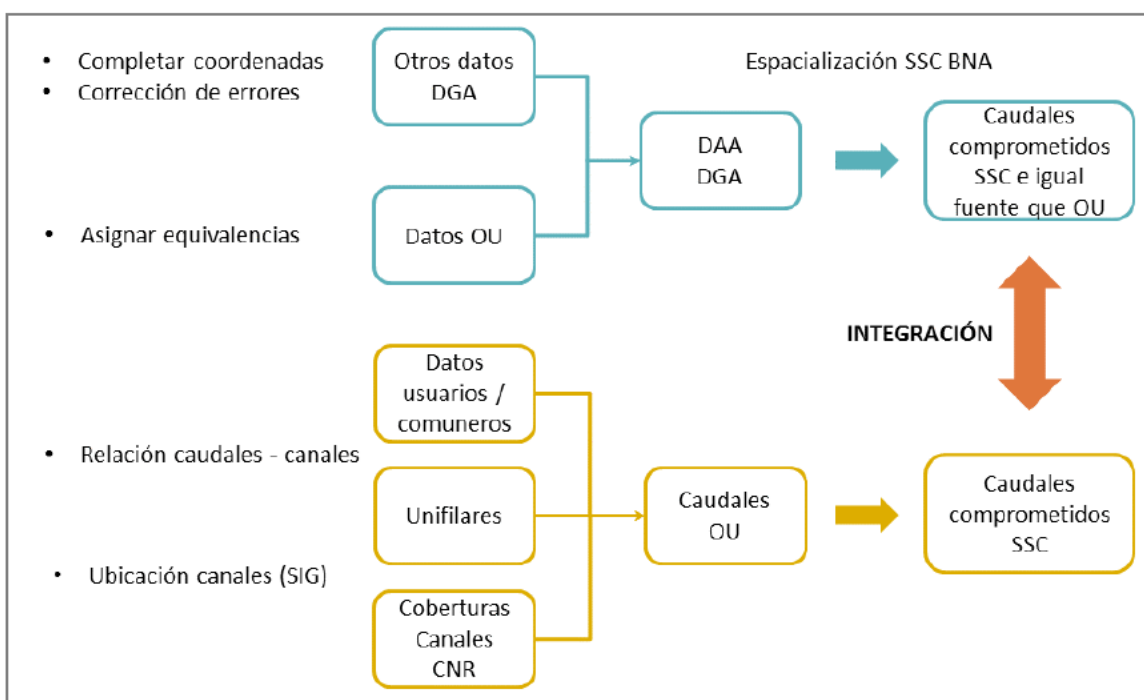
Una vez realizada la calibración de cuencas, se prueban diversas técnicas de regionalización de parámetros a aquellas cuencas intervenidas o sin observación, seleccionando aquella metodología que entregase el menor error en validación cruzada. Finalmente, para todas las cuencas modeladas, se determinan los caudales medios mensuales para distintas probabilidades de excedencia.

## **Determinación de la Demanda Antrópico Ambiental Comprometida (DAAC)**

La Demanda Antrópico Ambiental Comprometida (DAAC), se definió en CORFO (2019), como la suma de los caudales legalmente comprometidos y que determinan la Oferta Jurídica (OJ), es

decir la disponibilidad de agua para constituir nuevos derechos de aprovechamiento de aguas<sup>1</sup>, incluye: i) DAA otorgados, ii) derechos en proceso de regularización, iii) caudal ecológico y iv) caudales de reserva<sup>2</sup> v) caudales de ajuste (complemento a los derechos otorgados y en proceso de regularización, que resultan de la diferencia entre lo oficial y lo administrado por las OUA).

Para determinar la DAAC, fue necesario integrar la información del CPA, así como realizar entrevistas a analistas de expedientes y personal DGA relacionado con expedientes del Catastro Público de Aguas. Los procesos realizados para la compatibilización de datos de DAA y OUA se resumen en la Figura 2 con el fin de evitar duplicaciones en la estimación de los caudales asociados a derechos. Tal como se presenta en dicha figura, se integraron los caudales georreferenciados tanto del CPA como de las OUA, lo cual se realizó a partir de un ejercicio de comparación de ambos caudales para cada subsubcuenca (SSC) involucrada. Si el caudal administrado por las OUA en una fuente natural era mayor que el caudal registrado en el CPA para esa misma fuente natural, se incorporó un caudal de ajuste para esa SSC y de este modo fue complementada la DAAC. Para llegar a esto, en el caso de los DAA registrados en el CPA, fue necesario georreferenciarlos en base a coordenadas y asignados a subsubcuencas (SSC) del Banco Nacional de Aguas.



**Figura 2.** Proceso realizado para la compatibilización de derechos de aprovechamiento de agua t organizaciones de usuarios. Fuente: CORFO (2018).

<sup>1</sup> Los derechos de aprovechamiento de aguas son constituidos por la DGA.

<sup>2</sup> “El decreto de reserva es una facultad del Presidente de la República que permite, a través de un decreto fundado, reservar el recurso para el abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua, o bien, tratándose de solicitudes de derechos no consuntivos y por circunstancias excepcionales y de interés nacional” <http://www.dga.cl/limitacionrestriccionagua/Paginas/default.aspx#dos>

Para los caudales administrados por las OUA asociados a derechos, se identificaron todas las captaciones desde cauces naturales que eran administradas por las OUA para luego asignarles el caudal indicado por las OUA y luego, de acuerdo a la ubicación de estas captaciones, asignar ese caudal a la SSC correspondiente

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada uno de los pasos metodológicos expuestos en la sección 3 se detallan a continuación:

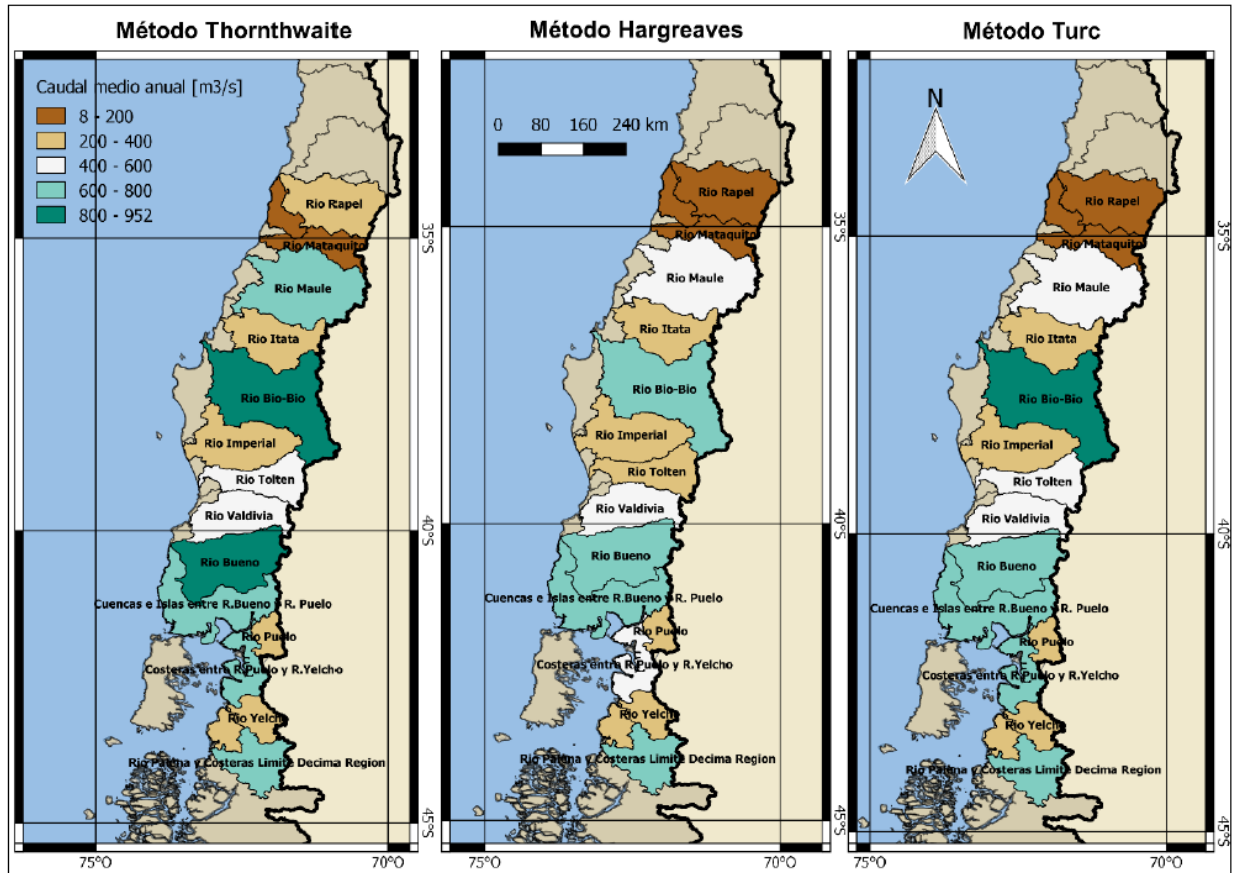
##### Disponibilidad hídrica y DAA presentes.

Los caudales medios anuales en las potenciales cuencas excedentarias, indican que la metodología empleada para estimar la ET potencial, o del cultivo de referencia, marca importantes diferencias a la hora de estimar los caudales, siendo el método de Thornthwaite el que entrega un potencial de evapotranspiración menor respecto a los tres analizados, y por ende un mayor caudal (Figura 3).

Al contrastar los caudales medios anuales obtenidos en función de la metodología propuesta con los DAA registrados en DGA (2016), es posible preseleccionar 7 cuencas como candidatas a ser excedentarias las que se destacan en azul en la Tabla 1. En esta selección también se consideró a aquellas cuencas que han sido declaradas en escasez en la última década.

**Tabla 1.** Contraste entre caudales medios anuales y DAA consuntivos otorgados. Fuente: Adaptado de CORFO (2019).

Caudal medio anual [m <sup>3</sup> /s]				DAA consuntivos otorgados (m <sup>3</sup> /s)	Diferencia entre caudal medio estimado, según método utilizado, y los DAA consuntivos otorgados (m <sup>3</sup> /s)		
Cuenca	Thornthwaite	Hargreaves	Turc		Thornthwaite	Hargreaves	Turc
Río Rapel	202,2	122,6	116,2	143,8	58,4	-21,2	-27,6
Costeras Rapel	18,1	7,7	7,7	-	-	-	-
Río Mataquito	158,5	109,0	106,0	82,5	76,0	26,5	23,5
Río Maule	633,6	450,2	439,7	335,9	297,7	114,3	103,8
Río Itata	343,7	244,9	237,9	259,3	84,4	-14,4	-21,4
Río Biobío	954,8	732,4	722,4	194,8	760,0	537,7	527,7
Río Imperial	396,7	291,8	283,2	274,2	122,5	17,6	9,0
Río Toltén	462,2	387,6	378,4	126,6	335,6	261,0	251,8
Río Valdivia	578,5	500,9	474,8	94,4	484,0	406,4	380,3
Río Bueno	875,3	760,6	723,8	71,2	804,1	689,4	652,6
Cuencas entre Ríos Bueno y Puelo	722,0	636,2	598,0	419,0	721,6	635,8	597,6



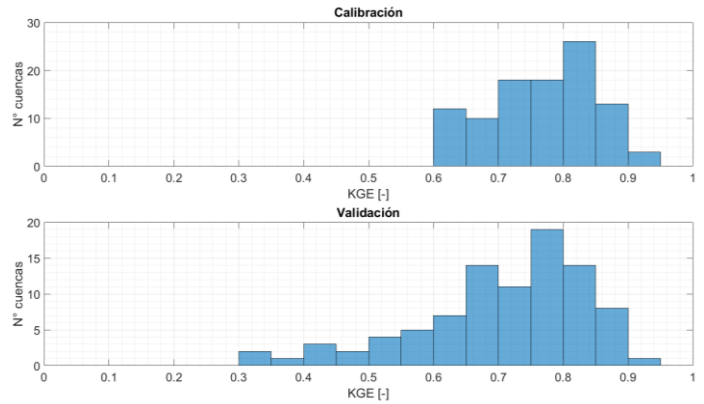
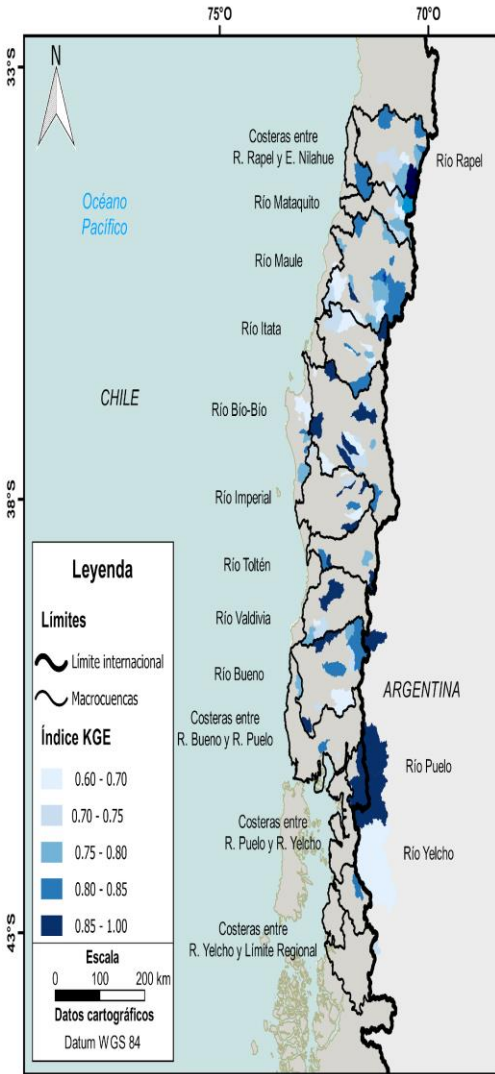
**Figura 3.** Estimación del caudal medio anual en las cuencas candidatas a ser excedentarias. Fuente: CORFO (2019).

### Modelación hidrológica y regionalización de parámetros.

Los resultados de modelación hidrológica entregan valores de KGE sobre 0,6 para todas las 100 cuencas analizadas, teniéndose en validación 82 cuencas que tienen este criterio y sólo tres cuencas con KGE inferior a 0,4 (Figura 4). Con lo que se procede al proceso de regionalización.

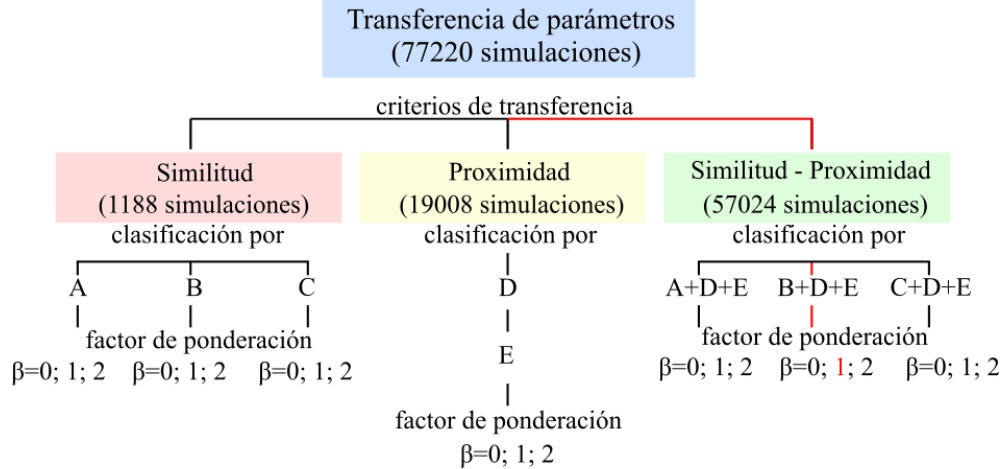
La regionalización de parámetros adoptada consideró 77220 simulaciones en modalidad de validación cruzada, seleccionado aquel método que minimizara el error de la estimación en los caudales Q50% y Q85%. Adoptándose el criterio híbrido de similitud en base a atributos climáticos y físicos, así como de cercanía espacial en base a 5 vecinos mediante inverso simple de la distancia (Figura 5).

Los errores de las estimaciones en caudales 85% y 50% obtenidos para la técnica de regionalización utilizada muestran que la mediana en todos los meses se sitúa en torno al 25% para los caudales medios, mientras que para la condición seca, existe mayor certidumbre en los meses de mayo a agosto y se tienen en promedio subestimaciones en torno al 40% para el resto del año en los caudales de 85% de probabilidad de excedencia (Figura 6).



**Figura 4.** Resultados de la calibración en las cuencas en régimen natural obtenidas en el estudio (izquierda) e histograma de índice KGE en los periodos de calibración y validación para las mismas cuencas. Fuente: Adaptado de CORFO (2019).





- A: Atributos hidroclimáticos
- B: Atributos Geomorfológicos
- C: Atributos Híbridos, mezcla de A y B
- D: Número de cuencas vecinas
- E: Radio máximo de búsqueda de cuencas vecinas
- $\theta_i$ : Parámetros de una cuenca  $i$
- $d_{ij}$ : Distancia entre la cuenca  $i$  y la cuenca vecina  $j$
- $\beta$ : Potencia de la ponderación.  $\beta=0$  (promedio),  $\beta=1$  (IDW simple),  $\beta=2$  (IDW cuadrático)

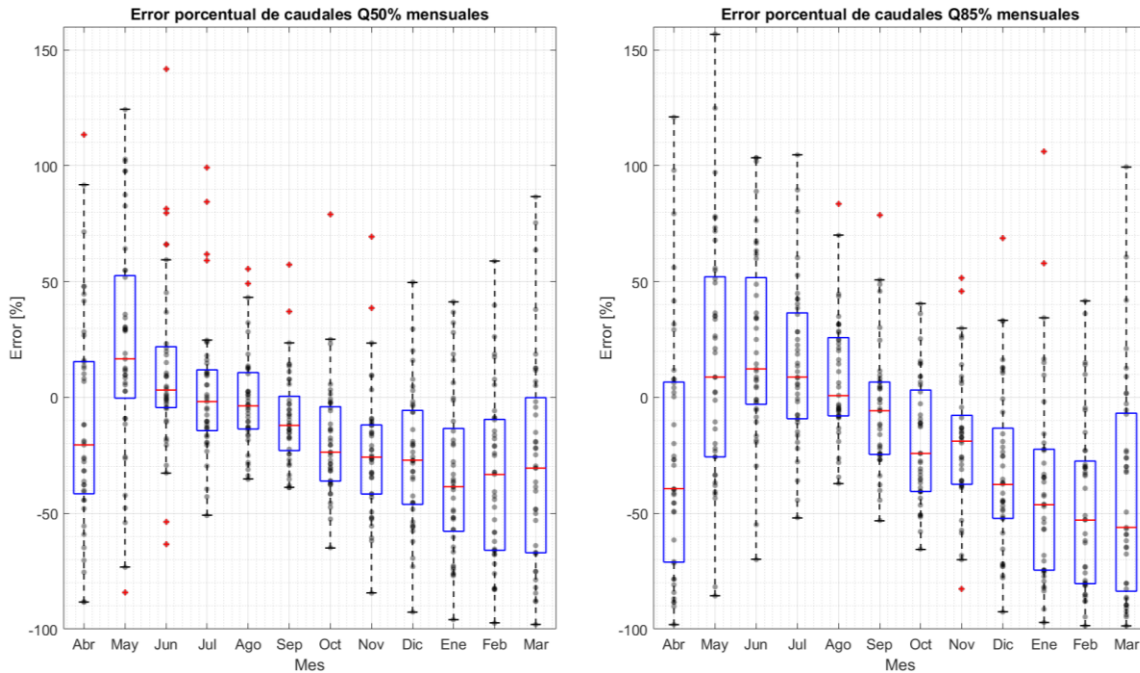
Ponderación de parámetros  $\theta_i$

$$\theta_{IDW} = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_i / d_{ij}^\beta}{\sum_{i=1}^n 1 / d_{ij}^\beta}$$

Metodología de transferencia seleccionada:

- Similitud- Proximidad con atributos geomorfológicos,  
número de vecinos =5, distancia máxima de los vecinos=200 km,  $\beta=1$

**Figura 5.** Resultados de los experimentos de regionalización utilizados. Fuente: CORFO (2019).



**Figura 6.** Errores porcentuales obtenidos al evaluar bajo validación cruzada las estimaciones de Q50 y Q95. Fuente: CORFO (2019).

## Demanda jurídica en cuencas de estudio

Finalizado el proceso de regularización, georreferenciación y comparación de derechos de agua en el CPA, así como lo informado en entrevistas de las distintas OUA consultadas, se presentan diferencias importantes a ser ajustadas entre los caudales informados por las OUA y los presentes en el CPA tanto otorgados como en proceso de regularización. A modo de ejemplo se presenta en las Figuras 7 y 8 los resultados para algunas OUA en los ríos Maule y Bio Bío, respectivamente.

Organización de Usuarios (OU)	Código de SSC BNA	Fuente natural	Caudal OU (L/s)	Caudal DAA otorgados (L/s) <sup>sz</sup>	Caudal DAA proceso regularización (L/s)	DAA DGA/OU (%)	Diferencia (L/s) (caudal de ajuste)
JV DH del Río Claro*	07371; 07372	Río Claro	150.247,8	3.678,4	185,4	2,6%	146.384,0
JV del Río Lircay	07374; 07376	Río Lircay	8.097,6	12.152,8	1.547,1	169,2%	-5.602,3
JV del Río Maule	07321; 07322	Río Maule (después embalse Colbún)	174.265,9	8.115,9	1.344,4	5,4%	164.805,6
AC del Canal Melado	07316	Río Melado	25.855,7	26,1	300,0	1,3%	25.529,6
JV DH del Río Putagán	07358	Río Putagán	9.935,0	5.810,8	695,2	65,5%	3.429,0
JV del Río Ancoa	07355; 07356	Río Ancoa	1.595,0	420,0	1.437,5	116,5%	-262,5
JV del Río Achibueno Primera Sección	07354; 7356	Río Achibueno	10.141,4	1.077,9	1,5	10,6%	9.061,9
JV DH del Río Achibueno Segunda Sección	07356	Río Achibueno	3.764,7	4.428,5	231,6	123,8%	-895,4
JV del Río Longaví	07351	Río Longaví	22.867,5	1.050,3	285,9	5,8%	21.531,3

**Figura 7.** Comparación entre caudal informado por algunas OUA y los otorgados o en proceso de regularización en el río Maule. Fuente: CORFO (2019).

Organización de Usuarios (OU)	Código de SSC BNA	Fuente natural	Caudal OU (L/s)	Caudal DAA otorgados (L/s)	Caudal DAA proceso regularización (L/s)	DAA DGA/OU (%)	Diferencia (L/s) (caudal de ajuste)
AC Canal Zañartu	8375	Río Laja	20.000,00	2.179,90	3.350,90	27,70%	14.469,10
AC Canal Laja	8380	Río Laja	42.000,00	106,40	2.341,40	5,80%	39.552,20
AC Quillaileo y del Mininco	8316; 8318	Río Huequecura; Río Quillaileo, Estero Mininco	3.500,00	2.245,20	203,9	70,00%	1.050,90
AC del Canal Duqueco Cuel	8323; 8324	Río Duqueco	17.500,00	9.722,60	1.010,60	61,30%	6.766,80
CA del Canal Coreo							
AC Canal Biobío Sur	8317	Río Biobío	40.439,90	41.780,90	222,7	103,90%	-1.563,80
AC Canal Biobío Norte	8318	Río Biobío	10.800,00	1.047,80	852,7	17,60%	8.899,60
AC Canal Biobío Negrete	8319	Río Biobío	18.000,00	10.522,50	42,7	58,70%	7.434,70

**Figura 8.** Comparación entre caudal informado por algunas OU y los otorgados o en proceso de regularización en el río Bio Bío. Fuente: CORFO (2018).

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos tanto en la estimación de caudal medio anual, así como por modelación hidrológica y regionalización de parámetros, es posible apreciar que es muy importante el método que se utilice para estimar caudales, pues se presentan importantes diferencias. En las únicas cuencas donde se puede tener un nivel de error aceptable es en aquellas cuencas en régimen natural y con control fluviométrica, que representan una pequeña fracción del área analizada. En aquellas cuencas intervenidas se tienen errores en la estimación de la oferta natural que puede, en algunos casos superar el 50%, aunque se utilizaron técnicas de vanguardia encontradas en la literatura.

En el caso de la demanda jurídica (DAAC), es posible notar una preocupante diferencia entre lo que informan las OUA y lo que está en el CPA, llegando en algunos casos a diferencias que superan los 150 m<sup>3</sup>/s. Estas diferencias representan aproximadamente el 25% del caudal medio anual en gran parte de las cuencas excedentarias analizadas.

Al realizar el contraste entre la oferta natural y la demanda jurídica, el estudio CORFO (2019) entrega nociones de dónde existiría eventualmente posibilidad de ejercer trasvases a través de una carretera hídrica, sería en meses de invierno, sin embargo, dado el alto nivel de incertidumbre en ambos procesos, aún con el rigor del análisis empleado, no garantiza una disponibilidad real debido a la falta de información más certera en este ámbito, esto sin considerar las consecuencias que se tendrían en ecosistemas que no han sido evaluados mediante un estudio ambiental adecuado.

Se vuelve relevante, en consecuencia, avanzar en la generación de información que permita avanzar en una mayor certeza en la estimación de la oferta natural, en base a instalación de estaciones fluviométricas tanto en los ríos como en las bocatomas, generando un sistema integrado y en tiempo real para una correcta planificación y monitoreo de recursos hídricos. Esta información permitiría la construcción de modelos hidrológicos en base física y operacionales, que permitan evaluar efectivamente condiciones de estrés hídrico bajo distintos escenarios, como por ejemplo asignación de nuevos derechos y bajo proyecciones de cambio climático.

Por el lado de la demanda jurídica, y en particular la incorporación efectiva de los derechos que administran las OUA, tal como se ha señalado por Moya *et al.* (2018), se hace necesario un mayor acercamiento entre OU y DGA, lo cual conlleva a trabajar en una mayor generación de confianzas que favorezcan la colaboración traducida por ejemplo en el intercambio de información.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile AG (ASOEX) en conjunto al programa CORFO en el contexto del Programa de Fomento “Plan de Inversiones Estratégicas en Recursos Hídricos para la Competitividad Meso-Región Norte Chico” por permitimos utilizar la información encontrada en el estudio “Evaluación de Proyecto de una Carretera Hídrica Nacional - Fase 1: Inventario de la Oferta y Demanda de Agua a lo Largo de la Geografía Chilena”, la que fue desarrollada por el Laboratorio de Análisis Territorial (LAT) en conjunto con el Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC), ambas instituciones de la Universidad de Chile.

## REFERENCIAS

- Alvarez-Garreton, C., Mendoza, P. A., Boisier, J. P., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., ... & Ayala, A. (2018). The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies-Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 5817-5846.
- Banco Mundial, (2013) - Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua
- Beck, H. E., Dijk, A. I., Roo, A. d., Miralles, D. G., McVicar, T. ..., Schellekens, J., & Bruijnzeel, L. A. (2016). Global-scale regionalization of hydrologic model parameters. *Water resources research*, 3599 - 3622.
- Blöschl, G., Sivapalan, M., Savenije, H., Wagener, T., & Viglione, A. (Eds.). (2013). *Runoff prediction in ungauged basins: synthesis across processes, places and scales*. Cambridge University Press.
- Bergström, S. (1992). The HBV Model: Its Structure and Applications. SMHI. Recuperado de <https://books.google.cl/books?id=u7F7mwEACAAJ>.
- Budyko, M. I. (1974). Climate and Life. Physics. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(67\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0033-5894(67)90014-2)
- CORFO (2019). “Evaluación de Proyecto de una Carretera Hídrica Nacional - Fase 1: Inventario de la Oferta y Demanda de Agua a lo Largo de la Geografía Chilena” Elaborado por Laboratorio de Análisis Territorial y Advanced Mining Technology Center. Universidad de Chile.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... & Bechtold, P. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the royal meteorological society*, 137(656), 553-597.
- DGA. 1987. “Balance Hídrico de Chile”.
- Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean *squared* error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of hydrology*, 377(1-2), 80-91.
- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96–99. <https://doi.org/10.13031/2013.26773>.
- Moya, H., Valdés, J. M., Astorga, K., Fuster, R., Silva, K., de la Fuente, A., & Escobar, C. (2018). Agua, un aporte a la discusión sobre la certeza en su estimación. *II Jornadas del Régimen Jurídico de las Aguas: La Regulación de las Aguas: nuevos desafíos del Siglo*. Santiago, Chile: 401-430.
- Thornthwaite, C. W. (1948). American Geographical Society An Approach toward a Rational Classification of Climate Author ( s ): C . W . Thornthwaite Published by : American Geographical Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/210739> Accessed : 11-08-2016 18 : 02 UTC. *Geographical Review*, 38(1), 55–94. <https://doi.org/10.2307/210739>
- Turc, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d’irrigation, évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 12(1), 13–49.