



UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Ciencias Ambientales y  
Recursos Naturales Renovables



**amtc**  
ADVANCED MINING TECHNOLOGY CENTER



**LAT**  
Laboratorio de  
Análisis Territorial

# 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

Informe Final

Junio 2019

	30-05-2019	Publicación	KA/AdF	OA/LL	OA	
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	POR	REVISADO POR	APROBADO POR	
			Universidad de Chile			Cliente





Documento elaborado por el Laboratorio de Análisis Territorial (LAT) en asociación con el Advanced Mining Technology Center (AMTC) de la Universidad de Chile, en el contexto del Programa de Fomento “Plan de Inversiones Estratégicas en Recursos Hídricos para la Competitividad Meso-Región Norte Chico”, financiado por CORFO.

**Laboratorio de Análisis Territorial (LAT), Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.**

**Jefe de Proyecto**

Ing. Agrónomo, **Andrés de la Fuente D.**

**Coordinadora de Proyecto**

Ing. en Recursos Naturales Renovables, **Karla Astorga V.**

MSc. Governance of Risks and Resources, Ing. en Recursos Naturales Renovables, **Hilda Moya J.**

Ing. en Recursos Naturales Renovables, **José Miguel Valdés N.**

Ing. en Recursos Naturales Renovables, **Katherine Silva U.**

MSc. Physical Geography and Ecosystem, Mg. en Ciencias Agropecuarias, mención en Producción Frutícola,

Ing. Agrónomo, **Cristián Escobar A.**

Lic. en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, **Matías Roa C.**

Lic. en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, **Felipe Abellá S.**

PhD. y MSc. en Management, mención Finanzas, Ing. Agrónomo, **Nicolás Magner P.**

**Advanced Mining Technology Center (AMTC), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.**

MSc. en Recursos y Medio Ambiente Hídrico, Ing. Civil, **Miguel Lagos Z.**

Ing. Civil, **Dimitri Dionizis R.**

Ing. Civil, **Francisco Jara Á.**

Ing. Civil, **Felipe Saavedra M.**

**Revisores**

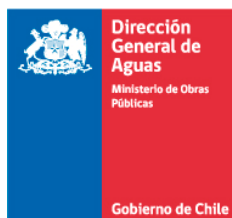
**Director Técnico del Programa**

Ms. Hidrol. Subt. y Mg. Gestión Neg. Minero, Ing. Agrónomo, **Orlando Acosta L.**

**Coordinador del Programa**

Ingeniero Civil Ambiental, **Lino Lizarde L.**

Este estudio contó con la colaboración de la Dirección General de Aguas y la Comisión Nacional de Riego, en su calidad de Organismos Aliados del Programa.





## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACLARACIÓN</b>	<b>11</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>12</b>
<b>Presentación: Introducción al Problema de Estudio</b>	<b>15</b>
Objetivos del estudio.....	15
Objetivo general .....	15
Objetivos específicos.....	15
<b>RESUMEN DEL ESTUDIO</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I: COMPROBACIÓN DE LA OFERTA NATURAL Y JURÍDICA DE AGUA SUPERFICIAL EN CUENCAS ENTRE LAS REGIONES DE O’HIGGINS Y LOS LAGOS.</b>	<b>24</b>
<b>I. Metodología para la estimación de caudales para potenciales proyecto de trasvase</b>	<b>24</b>
<b>I.1. Determinación de Unidades de Análisis en cuencas excedentarias.....</b>	<b>26</b>
I.1.A. Unidades administrativas de la DGA.....	27
I.1.B. Definición de límites de las Unidades de Análisis en base a criterios de gestión del recurso hídrico	27
I.1.C. Compatibilización con estimación de Oferta Natural .....	27
<b>I.2. Estimación de la Oferta Natural .....</b>	<b>29</b>
I.2.A. Diagrama de flujo general de la metodología .....	29
I.2.B. Modelación hidrológica .....	31
I.2.C. Estimación de caudales en cuencas no controladas.....	33
I.2.D. Estimación de errores de la modelación.....	37
<b>I.3. Estimación de la Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (AAC).....</b>	<b>38</b>
I.3.A. Análisis de datos a considerar .....	41
I.3.B. Estimación de caudales correspondientes derechos otorgados y a extracciones con respaldo legal por Unidad de Análisis.....	48
I.3.C. Estimación de caudal ecológico y reservas de caudal.....	54
<b>I.4. Estimación de la Oferta Jurídica .....</b>	<b>57</b>
I.4.A. Demanda AAC interna .....	57
I.4.B. Caudal intervenido .....	58
I.4.C. Demanda AAC externa.....	59
I.4.D. Estimación Oferta Jurídica .....	60
<b>I.5. Estimación del Caudal observado no comprometido aguas abajo .....</b>	<b>61</b>
I.5.A. Análisis de la estadística fluviométrica .....	61
I.5.B. Demanda Jurídica Externa (en base a caudales observados) .....	62
I.5.C. Obtención del caudal observado no comprometido aguas abajo .....	62
<b>II. Resultados Generales Etapa I</b>	<b>64</b>

<b>II.1. Oferta Natural.....</b>	<b>64</b>
II.1.A. Calibración .....	64
II.1.B. Validación .....	65
II.1.C. Transferencia de parámetros.....	66
II.1.D. Estimación de errores de la metodología .....	68
<b>II.2. Demanda AAC.....</b>	<b>70</b>
II.2.A. DAA otorgados en base a RPDAA y DAA en procesos de regularización .....	70
II.2.B. Reservas de caudales.....	73
II.2.C. Caudal administrado por las OU.....	73
<b>III. Resultados por cuencas .....</b>	<b>77</b>
<b>III.1. Cuenca del río Maule .....</b>	<b>77</b>
III.1.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Maule .....	77
III.1.B. Oferta Natural .....	77
III.1.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	82
III.1.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	88
<b>III.2. Cuenca del río Biobío .....</b>	<b>95</b>
III.2.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Biobío .....	95
III.2.B. Oferta Natural .....	96
III.2.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	98
III.2.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	103
<b>III.3. Cuenca del río Imperial .....</b>	<b>111</b>
III.3.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Imperial.....	111
III.3.B. Oferta Natural .....	111
III.3.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	113
III.3.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	117
<b>III.4. Cuenca del río Toltén .....</b>	<b>121</b>
III.4.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Toltén .....	121
III.4.B. Oferta Natural .....	121
III.4.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	124
III.4.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	127
<b>III.5. Cuenca del río Valdivia.....</b>	<b>133</b>
III.5.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Valdivia .....	133
III.5.B. Oferta Natural .....	133
III.5.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	136
III.5.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	139
<b>III.6. Cuenca del río Bueno .....</b>	<b>145</b>
III.6.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Bueno .....	145
III.6.B. Oferta Natural .....	145
III.6.C. Caudales considerados en la Demanda AAC.....	148
III.6.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	150
<b>III.7. Cuencas entre los ríos Bueno y Puelo.....</b>	<b>157</b>

III.7.A.	Unidades de Análisis de las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo .....	157
III.7.B.	Oferta Natural .....	157
III.7.C.	Caudales considerados en la Demanda AAC .....	160
III.7.D.	Oferta Jurídica .....	164
<b>III.8.</b>	<b>Cuencas Costeras entre los ríos Puelo y Yelcho .....</b>	<b>167</b>
III.8.A.	Unidades de Análisis de las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho .....	167
III.8.B.	Oferta Natural .....	167
III.8.C.	Caudales considerados en la Demanda AAC .....	170
III.8.D.	Oferta Jurídica .....	173
<b>III.9.</b>	<b>Cuencas entre los ríos Yelcho y límite regional .....</b>	<b>177</b>
III.9.A.	Unidades de Análisis de las cuencas costeras entre los ríos Yelcho y límite regional.....	177
III.9.B.	Oferta Natural .....	177
III.9.C.	Caudales considerados en la Demanda AAC .....	179
III.9.D.	Oferta Jurídica .....	180
<b>IV.</b>	<b><i>Nodos de Captación</i> .....</b>	<b>182</b>
IV.1.	<b>Criterios de ubicación de Nodos de Captación .....</b>	<b>182</b>
IV.2.	<b>Definición de Nodos de Captación .....</b>	<b>182</b>
<b>V.</b>	<b><i>Recomendaciones generales para acuerdos entre privados en cuencas excedentarias</i> .....</b>	<b>186</b>
V.1.	<b>Aspectos conceptuales y principios.....</b>	<b>186</b>
V.2.	<b>Aspectos técnicos de la transacción de DAA .....</b>	<b>189</b>
V.2.B.	Coordenadas .....	192
V.2.C.	Caudal.....	193
V.3.	<b>Aspectos técnicos de la transferencia temporal de caudales .....</b>	<b>195</b>
V.3.A.	Precio referencial de transacciones de volúmenes .....	195
V.3.B.	Precios referenciales por región.....	196
V.3.C.	Coordenadas .....	197
V.3.D.	Caudal.....	198
<b>VI.</b>	<b><i>Consideraciones adicionales</i> .....</b>	<b>202</b>
VI.1.	<b>Análisis general de la Oferta Natural .....</b>	<b>202</b>
VI.2.	<b>Externalidades a nivel de Organizaciones de Usuarios.....</b>	<b>204</b>
VI.2.A.	Condición de disponibilidad.....	205
VI.2.B.	Dificultades y desafíos de un proyecto de trasvase.....	206
VI.2.C.	Posible Mercado <i>Spot</i> .....	207
VI.2.D.	Potenciales impactos de un proyecto de trasvase .....	207
VI.2.E.	Necesidades e intereses de las OU.....	209
<b>CAPÍTULO II: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA ACTUAL Y FUTURA EN LAS CUENCAS ENTRE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y ARICA Y PARINACOTA. ....</b>		<b>210</b>

<b>VII. Determinación de las Unidades de Análisis en cuencas deficitarias</b>	<b>210</b>
<b>VII.1. Metodología de delimitación de Unidades de Análisis</b>	<b>210</b>
<b>VII.2. Unidades de Análisis</b>	<b>211</b>
<b>VIII. Metodología para la Estimación de la Demanda de Agua Actual</b>	<b>212</b>
<b>VIII.1. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Agua Potable</b>	<b>212</b>
VIII.1.A. Agua Potable Urbana	212
VIII.1.B. Agua Potable Rural	212
<b>VIII.2. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Minero</b>	<b>213</b>
VIII.2.A. Gran minería del cobre	214
VIII.2.B. Minería metálica no cuprífera	215
VIII.2.C. Minería no metálica	217
<b>VIII.3. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Industrial</b>	<b>217</b>
<b>VIII.4. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Agrícola</b>	<b>218</b>
<b>IX. Metodología para la Estimación de la Demanda de Agua Futura</b>	<b>222</b>
<b>IX.1. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Agua Potable</b>	<b>222</b>
IX.1.A. Agua Potable Urbana	222
IX.1.B. Agua Potable Rural	223
<b>IX.2. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Minero</b>	<b>224</b>
IX.2.A. Gran minería del cobre	225
IX.2.B. Minería metálica no cuprífera	226
IX.2.C. Minería no metálica	227
<b>IX.3. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Industrial</b>	<b>227</b>
<b>IX.4. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Agrícola</b>	<b>228</b>
IX.4.A. Selección de la matriz de cultivos y evaluación de aptitud agrícola	228
IX.4.B. Generación de escenarios para el uso del suelo y cálculo de demanda hídrica	230
<b>X. Resultados de la Demanda Actual de Agua</b>	<b>233</b>
<b>X.1. Perfil de la demanda actual de agua del Sector Agua Potable</b>	<b>233</b>
X.1.A. Agua Potable Urbana	233
X.1.B. Agua Potable Rural	236
<b>X.1. Perfil de la demanda actual de agua del sector minero</b>	<b>239</b>
<b>X.2. Perfil de la demanda actual de agua del sector industrial</b>	<b>242</b>
<b>X.3. Perfil de la demanda actual de agua del sector agrícola</b>	<b>244</b>
<b>XI. Resultados de la Demanda Futura de Agua</b>	<b>250</b>
<b>XI.1. Demanda proyectada de agua del sector sanitario</b>	<b>250</b>
XI.1.A. Agua Potable Urbana	250



XI.1.B.	Agua Potable Rural .....	253
<b>XI.2.</b>	<b>Demanda proyectada de agua del sector minero .....</b>	<b>256</b>
<b>XI.3.</b>	<b>Demanda proyectada de agua del sector industrial .....</b>	<b>260</b>
<b>XI.4.</b>	<b>Demanda proyectada de agua del sector agrícola .....</b>	<b>263</b>
<b>XI.5.</b>	<b>Validación de la estimación de la demanda de agua proyectada .....</b>	<b>273</b>
XI.5.A.	Metodología .....	273
XI.5.B.	Resultados validación .....	274
<b>XII.</b>	<b><i>Nodos de Entrega</i> .....</b>	<b>277</b>
<b>XII.1.</b>	<b>Criterios de ubicación de Nodos de Entrega .....</b>	<b>277</b>
<b>XII.2.</b>	<b>Definición de Nodos de Entrega .....</b>	<b>277</b>
<b>XIII.</b>	<b><i>Estimación de la Capacidad Y Disposición a Pago</i> .....</b>	<b>279</b>
<b>XIII.1.</b>	<b>Estimación de la Capacidad de Pago del sector agrícola .....</b>	<b>279</b>
<b>XIII.2.</b>	<b>Disposición a pagar de los sectores .....</b>	<b>281</b>
<b>XIII.3.</b>	<b>Análisis de disposición y capacidad de pago sectorial. ....</b>	<b>283</b>
<b>XIV.</b>	<b><i>Sistema de Información Geográfica</i> .....</b>	<b>284</b>
<b>XV.</b>	<b><i>Integración de Resultados</i> .....</b>	<b>286</b>
<b>XV.1.</b>	<b>Nodos de Captación .....</b>	<b>286</b>
XV.1.A.	Oferta Jurídica .....	286
XV.1.B.	Caudal observado no comprometido aguas abajo .....	293
XV.1.C.	Nodos de captación por secciones de las cuencas excedentarias .....	299
<b>XV.2.</b>	<b>Nodos de Entrega .....</b>	<b>308</b>
XV.2.A.	Demanda hídrica futura .....	308
<b>XVI.</b>	<b><i>Análisis y Consideraciones del Estudio</i> .....</b>	<b>318</b>
<b>XVI.1.</b>	<b>Hallazgos principales .....</b>	<b>318</b>
XVI.1.A.	Caudales potencialmente disponibles para un proyecto de trasvase de agua .....	318
XVI.1.B.	Estimación de la demanda de agua actual y futura .....	319
<b>XVI.2.</b>	<b>Consideraciones territoriales de las cuencas excedentarias .....</b>	<b>320</b>
<b>XVI.3.</b>	<b>Propuestas de estudios e investigaciones futuras .....</b>	<b>321</b>
<b>XVII.</b>	<b><i>Literatura Citada</i> .....</b>	<b>323</b>
<b>XVIII.</b>	<b><i>Apendices</i> .....</b>	<b>328</b>
<b>XVIII.1.</b>	<b>Definición de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua .....</b>	<b>328</b>
XVIII.1.A.	Cuencas potencialmente excedentarias .....	328
XVIII.1.B.	Resultados .....	331

<b>XVIII.2. Glosario de Términos .....</b>	<b>341</b>
<b>XVIII.3. Resultados de simulaciones en cuencas sin intervención .....</b>	<b>343</b>
XVIII.3.A. Cuenca del río Maule.....	343
XVIII.3.B. Cuenca del río Biobío.....	345
XVIII.3.C. Cuenca del río Imperial.....	352
XVIII.3.D. Cuenca del río Toltén.....	355
XVIII.3.E. Cuenca del río Valdivia .....	357
<b>XVIII.4. Resultados de simulaciones en estaciones cercanas a desembocaduras.....</b>	<b>360</b>
<b>XVIII.5. Pauta de entrevista agentes de expedientes de la DGA .....</b>	<b>365</b>
<b>XVIII.6. Cartas de presentación del estudio .....</b>	<b>367</b>
<b>XVIII.7. Pauta de entrevista representantes Organizaciones de Usuarios.....</b>	<b>369</b>
<b>XVIII.8. Requerimientos Climáticos de los Cultivos .....</b>	<b>371</b>
<b>XVIII.9. Superficie agrícola adicionada a la matriz actual de cultivos proyectada al año 2030, 2040 y 2050 .....</b>	<b>372</b>
<b>XVIII.10. Demanda Mensual Agrícola Futura .....</b>	<b>375</b>
<b>XVIII.11. Pauta de entrevista para la Consulta y Validación de resultados de Demanda de Agua y Disposición a Pago para los sectores minero, sanitario y agrícola.....</b>	<b>391</b>
<b>XVIII.12. Base de Datos.....</b>	<b>396</b>
XVIII.12.A. Diseño de base de datos.....	396
XVIII.12.B. Poblamiento base de datos .....	396
XVIII.12.C. Relación entre Unidades de Análisis .....	397
<b>XVIII.13. Resumen de datos estaciones disponibles en estaciones fluviométricas .....</b>	<b>399</b>
<b>XVIII.14. Resultados por secciones de cuenca de adición de caudales susceptibles de ser utilizados en un proyecto de trasvase para distintas probabilidades de excedencia. ....</b>	<b>401</b>
<b>XIX. Anexos .....</b>	<b>407</b>
<b>XIX.1. Modelo hidrológico HBV .....</b>	<b>407</b>
XIX.1.A. Esquema del modelo. ....	407
XIX.1.B. Ecuaciones del modelo. ....	407
XIX.1.C. Parámetros del modelo. ....	409

### **Anexos Digitales**

[https://drive.google.com/open?id=1eA4tikg9JPaQqGRo-G3mYzJ\\_ie-iA4eN](https://drive.google.com/open?id=1eA4tikg9JPaQqGRo-G3mYzJ_ie-iA4eN)

## ACLARACIÓN






El estudio que se presenta a continuación contiene una estimación de los caudales superficiales que potencialmente estarían disponibles en cuencas consideradas excedentarias (sur de Chile) para ser utilizados en un eventual proyecto de trasvase y de las demandas hídricas futuras en cuencas deficitarias (centro-norte de Chile). Los resultados obtenidos corresponden a una buena aproximación a los órdenes de magnitud de estos caudales y, en ese sentido, pueden ser considerados como una referencia para la toma de decisiones tanto por organismos públicos como privados a nivel general. Sin embargo, dados los niveles de incertidumbre que persisten en la información de base para un estudio a esta escala, es relevante destacar que estos resultados en ningún caso pueden reemplazar estudios de mayor detalle, necesarios para planificación a nivel de proyectos.

Para la consecución de los objetivos propuestos en el estudio, que no consideró un proyecto de trasvase en particular, se propuso una metodología que necesitó el establecimiento de una serie de supuestos claves de comprender para una correcta interpretación de los resultados, por lo que se recomienda al lector revisar la sección XVI. Análisis y Consideraciones del Estudio para entender de mejor forma los alcances y limitaciones del estudio realizado.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio de “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” no podría haber sido desarrollado sin la cooperación y participación de varias organizaciones y sus delegados o representantes quienes generosamente brindaron su tiempo, conocimientos y experiencia al estudio. Particularmente se otorgan agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

	<b>Dirección General de Aguas</b>	<a href="http://www.dga.cl">www.dga.cl</a>
	Andrea Osses	Jefa (s) de la División de Estudios y Planificación
	Carlos Flores	Agente Nacional de Expedientes DARH RM
	Carlos Valenzuela	Abogado Archivero DARH RM
	Susan Valenzuela	Agente de Expedientes Región del Maule
	Aracely Ulloa	Agente de Expedientes Región del Biobío
	Eduardo Fuentes	Agente de Expedientes Región de la Araucanía
	Roberto Liewald	Agente de Expedientes Región de los Ríos
	Ana María Vargas	Agente de Expedientes Región de los Lagos
	<b>Comisión Nacional de Riego</b>	<a href="http://www.cnr.cl">www.cnr.cl</a>
	Jaime Yáñez	Coordinador Unidad de Políticas
	<b>Junta de Vigilancia del Río Maule</b>	<a href="http://jvriomaule.cl/">http://jvriomaule.cl/</a>
	Felipe Olivares	Asesor Técnico
	Jimena Latrach	Asesora Comunicacional
	Cristian Beas	Repartidor de Aguas
	<b>Junta de Vigilancia del Río Lircay</b>	
	Claudio Letelier	Gerente
	<b>Junta de Vigilancia del Río Longaví</b>	<a href="http://www.juntariolongavi.cl/">http://www.juntariolongavi.cl/</a>
	Lisandro Farías	Gerente
	<b>Junta de Vigilancia del Río Achibueno</b>	
	Said Nome	Presidente
	<b>Junta de Vigilancia del Río Ancoa</b>	
	Rosa Alarcón	Secretaria Directorio
	<b>Junta de Vigilancia del Río Claro</b>	
	Diego Castro	Gerente

	<b>Asociación de Canalistas Embalse Digua</b>	
	Jorge Quezada	Gerente Técnico
	<b>Junta de Vigilancia del Río Renaico</b>	
	Cristian Cid	Administrador
	<b>Junta de Vigilancia del Río Malleco</b>	
	María Riquelme	Presidenta
	Rosa Arriagada	Secretaria Administrativa
	<b>Asociación de Canalistas Canal Biobío Norte</b>	
	Rodrigo Romero	Gerente
	<b>Asociación de Canalistas Canal Biobío Sur</b>	<a href="http://www.canalistasbiobiosur.cl/">http://www.canalistasbiobiosur.cl/</a>
	Claudio Rojas	Administrador
	<b>Asociación de Canalistas Canal Biobío Negrete</b>	<a href="https://www.biobionegrete.cl/">https://www.biobionegrete.cl/</a>
	Juan Enrique Vallejos	Administrador
	<b>Asociación de Canalistas Canal Laja</b>	<a href="http://www.canalistasdellaaja.cl/">http://www.canalistasdellaaja.cl/</a>
	Héctor Sanhueza	Gerente
	<b>Asociación de Canalistas Canal Zañartu</b>	
	Patricio Sabag	Presidente
	<b>Asociación de Canalistas Canal Duqueco-Cuel</b>	
	Guillermo Novoa	Gerente
	<b>Junta de Vigilancia del Río Cautín</b>	
	Rodrigo Camelio	Presidente
	Carol Lerdón	Secretaria Administrativa
	<b>Aguas Nuevas</b>	<a href="http://www.aguasnuevas.cl">http://www.aguasnuevas.cl</a>
	Alberto Kresse	Gerente Corporativo de Planificación

	<b>Esval S.A.</b> Oscar Viera	<a href="https://www.esval.cl">https://www.esval.cl</a> Jefe Departamento Planificación de Recursos Hídricos
	Rodrigo Osorio	Subgerente de planificación
	<b>BHP Billiton</b> Rodolfo Camacho	<a href="https://www.bhp.com/">https://www.bhp.com/</a> Gerente Medio Ambiente y Comunidades
	<b>SCM Minera Lumina Copper Chile</b> Jaime Andrade	<a href="http://www.caserones.cl">http://www.caserones.cl</a> Gerente de Relaciones Comunitarias
<b>Camilo Prats</b>	Arquitecto, MSc Regional and Urban Planning Studies. Experto independiente (sector sanitario)	
<b>Marcos Mora G.</b>	Ingeniero Agrónomo, Doctor en Economía de la Empresa Agraria y Alimentaria, Agronegocios y Marketing Agroalimentario. Académico, Departamento de Economía Agraria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	
<b>Rodrigo Callejas R.</b>	Ingeniero Agrónomo, PhD. Fisiología Frutal. Académico, Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	
<b>Thomas Fichet L.</b>	Ingeniero Agrónomo, Doctor de la Universidad Politécnica de Valencia Académico, Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	
<b>Gabino Reginato M.</b>	Ingeniero Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias. Académico, Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile	

## PRESENTACIÓN: INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE ESTUDIO

En nuestro país ha surgido, desde hace algún tiempo, la preocupación por la condición actual de los recursos hídricos y las restricciones que estos podrían imponer al desarrollo en los casos en que aparecen como deficitarios. Entre las observaciones que se han llevado a discusión destaca la constatación de que, si bien Chile no parece tener un balance negativo entre los caudales disponibles y las demandas actuales y esperadas de recursos hídricos, es evidente que la disponibilidad de recursos no es igual a lo largo del país, lo cual se refleja en que algunas cuencas enfrentan déficits hídricos -principalmente aquellas ubicadas desde la Región de Valparaíso al norte- y, por otra parte, en cuencas ubicadas más al sur donde los balances hídricos son más favorables, se tiende a una condición excedentaria. Lo anterior ha llevado a que se considere la posibilidad de trasvasar caudales desde aquellas cuencas consideradas 'excedentarias' a aquellas consideradas 'deficitarias', en virtud de lo cual se han presentado a la fecha distintas iniciativas que proponen alternativas para trasladar estos recursos.

Aunque en su oportunidad las distintas alternativas deberán ser evaluadas detalladamente en términos de su factibilidad tecnológica, económica, social y ambiental, dado el carácter estratégico y la trascendencia que tienen proyectos de esta naturaleza -tanto a nivel de las cuencas que aportarían los recursos como en aquellas que serían sus receptoras- es importante que los actores públicos y privados involucrados en la toma de decisiones dispongan tempranamente de información que les permita evaluar las distintas opciones actualmente en discusión y las que se presenten en el futuro. Generar líneas base de estas características pluridimensionales sobre el funcionamiento, el estado actual, y las condiciones esperables en el futuro de los sistemas hídricos y sus diversas demandas sociales, constituye un desafío ya que el nivel de información asociado al recurso hídrico en nuestro país aún contiene brechas, muchas de las cuales son fuente de importantes incertidumbres.

Este estudio abordó el problema de la falta de información para la toma de decisiones en este contexto, en particular en lo relativo a los factores más relevantes que determinan la disponibilidad de recursos hídricos en las cuencas consideradas excedentarias y los potenciales niveles de demanda en las cuencas consideradas deficitarias. En este esfuerzo -que en cualquier caso debe ser considerado de carácter inicial- fue posible aproximarse a las magnitudes de disponibilidad de recursos hídricos para potenciales trasvases y generar escenarios plausibles de demanda en las cuencas receptoras. Junto con ello, además se pudieron establecer las mayores deficiencias de información y las principales fuentes de incertidumbre que es recomendable abordar en estudios futuros, así como recoger desde los actores locales las impresiones acerca de este tipo de iniciativas.

### Objetivos del estudio

#### Objetivo general

Realizar un inventario de la oferta hídrica excedentaria en el sur de Chile y de la demanda potencial y disposición a pago por el agua en la zona centro-norte, en el marco de un posible proyecto de trasvase hídrico, comúnmente denominado carretera hídrica nacional.

#### Objetivos específicos

1. Comprobar la Oferta Física efectiva de agua superficial de los ríos de las cuencas circunscritas entre la Región de O'Higgins y la Región de Los Lagos.

2. Comprobar la Oferta Jurídica disponible en los ríos de las cuencas circunscritas entre la Región de O'Higgins y la Región de Los Lagos.
3. Determinar la demanda futura máxima potencial y la disposición a pago por agua en las cuencas de destino ubicadas entre las regiones de Valparaíso y Arica y Parinacota.
4. Definir, caracterizar y georreferenciar nodos de captación en cuencas excedentarias y nodos de entrega en cuencas deficitarias.



## RESUMEN DEL ESTUDIO

El presente documento presenta los resultados del 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”, cuyo objetivo es realizar un inventario de la oferta hídrica excedentaria en el sur de Chile y de la demanda potencial en la zona centro-norte en el marco de un posible proyecto de carretera hídrica nacional.

En la fase inicial de este estudio (presentado en el Informe I: Plan de Implementación) se identificaron aquellas cuencas de interés para el análisis de la oferta hídrica entendiendo esto como aquellas cuencas que, preliminarmente, presentaron un superávit relativo respecto a la demanda de agua de las distintas actividades usuarias de este recurso, dado los antecedentes recopilados, tanto por información secundaria como por la modelación hidrológica preliminar realizada especialmente con este objetivo<sup>1</sup>.

Este documento incluye un resumen del trabajo realizado preliminarmente respecto a la selección de las cuencas de mayor interés para el análisis de la Oferta Natural<sup>2</sup>, mencionado anteriormente. Además, contiene la metodología y resultados obtenidos a la fecha de entrega, respecto a las actividades de comprobación de la Oferta Natural de agua superficial y Oferta Jurídica (OJ)<sup>2</sup>, actividades A y B, respectivamente de acuerdo a lo señalado en bases y contrato; y un avance de las actividades transversales al desarrollo de este estudio y que tienen relación con la definición de los nodos de captación de agua y del desarrollo de una Base de Datos y Sistema de Información Geográfica (SIG).

Originalmente en las bases generales de la licitación, se proponen como cuencas potencialmente excedentarias para el estudio todas aquellas circunscritas entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y la de Los Lagos, dentro de las cuales se realizó una primera selección mediante un conjunto de criterios con el fin de evaluar las cuencas candidatas a ser consideradas con mayor potencial como fuente de recursos en el contexto de un hipotético proyecto de trasvase por medio de una carretera hídrica. Para esto se realizó un análisis preliminar sobre la base de balances hídricos simples para cada una de las cuencas potenciales originales y una revisión de información secundaria para indagar sobre el caudal comprometido en cada cuenca. Como resultado del análisis de los antecedentes recopilados se seleccionaron nueve **cuencas excedentarias de interés para realizar el estudio de la Oferta Natural** y Jurídica de aguas superficiales, estas son: cuenca del río Maule, cuenca del río Biobío, cuenca del río Imperial, cuenca del río Toltén, cuenca del río Valdivia, cuenca del río Bueno, cuencas entre los ríos Bueno y Puelo y las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho y Yelcho y el límite regional (con la Región de Aysén).

Para el análisis y presentación de los resultados obtenidos en este estudio, tanto para las cuencas excedentarias como para las deficitarias, se establecieron áreas dentro de las cuencas hidrográficas, delimitadas en base a criterios hidrológicos, las cuales fueron denominadas **Unidades de Análisis (UA)**. En el caso de las cuencas excedentarias, para la delimitación de las UA se siguió un procedimiento de modelación de cuencas en base a los órdenes de río (metodología de Strahler) que posteriormente fueron compatibilizadas en base a las unidades de modelación de Oferta Natural (cuencas del modelo CAMELS-CL) y las unidades administrativas de la DGA (cuencas y subcuencas). Para las cuencas excedentarias en estudio se definió un total de 89 UA, pudiendo diferenciarse entre aquellas UA con características de cuencas

<sup>1</sup> Esta modelación se realizó de manera preliminar con el objeto de discriminar aquellas cuencas que presentaran mayores caudales medios anuales que hicieran prever aquellas cuencas con mayor disponibilidad hídrica física a nivel anual. Es necesario enfatizar que esta modelación no reemplaza la modelación de balances hídricos contemplada en el estudio y que describe posteriormente

<sup>2</sup> Para profundizar en este y otros conceptos, revisar Glosario en el apéndice XVIII.2. Glosario de Términos.

cabeceras, cuencas medias y desembocadura, la cuales están descritas para cada una de las nueve cuencas seleccionadas.

Se estimó la **Oferta Natural** de agua superficial en las nueve cuencas de interés presentadas anteriormente. Para estimar la oferta natural, se modelaron 100 cuencas (cuencas CAMELS) en régimen natural mediante el modelo hidrológico HBV. Todas las cuencas presentaron índice de KGE<sup>3</sup> sobre 0,6, siendo altamente satisfactorio este proceso. Los parámetros calibrados fueron transferidos a cuencas intervenidas o sin control fluviométrico (136) mediante interpolación por el inverso de la distancia entre los 5 vecinos más cercanos que pertenecieran al mismo tipo de cuencas (por atributos climáticos y geomorfológicos), criterio adoptado luego de realizar cientos de simulaciones computacionales, en las cuales se minimizaba el error de la estimación de caudales mediante el método de validación cruzada. En cuencas en régimen natural, la oferta física se estimó mediante la calibración del modelo hidrológico a escala mensual, para probabilidades de excedencia de 50% y 85%. En caso de aquellas cuencas intervenidas o sin información, el error de la metodología es en promedio inferior al 30% del caudal medio anual. En general se tiene que la oferta natural sobrepasa las mediciones, resultado deseable y esperable puesto que estas últimas incorporan los diversos usos consuntivos y trasvases existentes entre estas hoyas hidrográficas.

La **Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (Demanda AAC)** se compone, como su nombre lo dice, por los caudales comprometidos para diferentes usos –traducido en los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) y en otros caudales respaldados legalmente como reservas y caudal ecológico-. Fue estimada para las cuencas de interés, por UA, utilizando como fuente principal el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (RPDAA), en donde se presentan los derechos otorgados, junto con las solicitudes de regularización en curso consignadas en la DGA. A partir de este registro, se realizó una primera estimación de Demanda AAC, por corresponder a una fuente oficial de información. No obstante, entendiendo que este registro, que es poblado y mantenido por la DGA, no necesariamente está debidamente actualizado con todos los usuarios que extraen agua desde cauces naturales para su aprovechamiento y que poseen algún reconocimiento legal o formal, es que se incorporó en la estimación, información sobre los caudales administrados por las Organizaciones de Usuarios (OU) –Juntas de Vigilancia (JV) y Asociaciones de Canalistas (AC)- comprendidas en el territorio de estudio (además de solicitudes de regularización de DAA). Se efectuaron 16 reuniones con diferentes OU -en las cuencas del río Maule, río Biobío y río Imperial- con el objetivo de entender las formas de distribución de las aguas, el caudal extraído desde distintas fuentes naturales, la ubicación de estas captaciones, y consideraciones especiales en relación al mercado de aguas y necesidades de las OU. En estas cuencas en particular, se realizó una integración de la información recabada de las OU y los registros de la DGA, con el fin de robustecer el análisis de la Demanda AAC, determinando que existe un caudal significativo que está formalmente adscrito y/o es administrado por las OU del área de estudio, que no está representando en el RPDAA –aunque sí se encuentren inscritas en el Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU) o tienen inscripciones colectivas en el Conservador de Bienes Raíces (CBR)-. Luego, se identificaron y corrigieron algunas inconsistencias en los datos del RPDAA como la presencia de derechos duplicados y datos poco fiables de caudales y ubicación de derechos. Ya teniendo resumida y distribuida espacialmente a nivel de UA la información de los caudales comprometidos se observó que las mayores demandas consuntivas (asociadas a las demandas internas a respetar por UA) se encuentran en las cuencas de menor latitud (Maule, Biobío e Imperial) con caudales consuntivos del orden de los 200 m<sup>3</sup>/s). Así también con las no consuntivas que pueden alcanzar cerca de los 2.000 y 4.000 m<sup>3</sup>/s mensuales en algunas de sus UA. Luego vienen en importancia los caudales comprometidos en las cuencas del río Toltén, Valdivia y Bueno con caudales consuntivos generalmente

<sup>3</sup> Indicador de eficiencia de Kling-Gupta (KGE). Corresponde a una medida de la bondad de ajuste entre valores simulados y observados. Varía desde  $-\infty$  hasta 1, donde el valor más cercano a 1 indica que el modelo es más preciso (Gupta et al., 2009).

inferiores a los 100 m<sup>3</sup>/s. Así también los caudales no consuntivos son inferiores a los 2.000 m<sup>3</sup>/s. Finalmente se encuentra el grupo de cuencas costeras que en su mayoría poseen caudales comprometidos bajos, tanto de tipo consuntivo como no consuntivo<sup>4</sup>.

El **caudal ecológico**, en el contexto de este estudio, constituye parte de la Demanda AAC dado que corresponde a un caudal resguardado por ley para la “preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente” (Decreto 14/012). El caudal ecológico que respetar para los nuevos DAA está establecido en el Manual de procedimientos de la DGA (Res. DGA 3405/2008) y en la Resolución MOP 40/2012 modificada por el Decreto 71/2015 del Ministerio del Medio Ambiente. En términos prácticos, y considerando las recomendaciones de las oficinas regionales y nivel central de la DGA consultadas durante el desarrollo de esta etapa, además de los estudios de disponibilidad de las regiones del Maule y Biobío, para la estimación del caudal ecológico se consideró un caudal ecológico mínimo correspondiente al 50% del caudal con 95% de probabilidad de excedencia sin que sobrepase el rango del 10% al 20% del caudal medio anual, estimado a partir de caudales simulados para una serie de 30 años por cada UA, por mes. Se presentaron altos caudales ecológicos en sectores de desembocadura. Esta situación se observa principalmente en las cuencas de los ríos Biobío, Bueno, y Maule donde el caudal ecológico en promedio fluctúa entre los 100 y 170 m<sup>3</sup>/s.

Finalmente, la estimación de la **Oferta Jurídica** (OJ) se efectuó a partir de la comparación entre la Oferta Natural y la Demanda AAC por UA y a escala mensual, con caudales de probabilidad de excedencia del 85%, 50% y 10% (Oferta Natural), utilizando en el primer caso los DAA de ejercicio Permanente (tanto otorgados como en proceso de regularización) dentro de la Demanda AAC junto con el caudal ecológico y los caudales de reserva, mientras que para las otras dos probabilidades de excedencia se consideraron además los DAA de ejercicio Eventual (los cuales son otorgados considerando caudales con probabilidades de excedencia del 10%<sup>5</sup>). La estimación de la Demanda AAC también incluyó a su vez, la estimación de un caudal intervenido teórico a nivel de UA, y que corresponde a aquel que debiera pasar por su desembocadura en el caso en que se ejerciera toda la Demanda AAC aguas arriba de dicho punto. Este valor debiera idealmente estimarse mediante simulación hidrológica, considerando las captaciones como salidas del balance. Sin embargo, dado el nivel de incerteza que se sabe contienen los datos de extracciones en relación con la precisión que requiere este tipo de modelación, se prefirió realizar una estimación basada en un modelo de cascada simple.

En los casos donde el caudal intervenido es menor al caudal ecológico, se reconocería una situación de sobreotorgamiento de DAA que implica una situación de nula OJ para la solicitud de nuevos DAA<sup>6</sup> para un posible proyecto de trasvase.

<sup>4</sup> A excepción de una UA de las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo que presenta una reserva ambiental que hace ascender a más de 2.000 m<sup>3</sup>/s el caudal consuntivo comprometido (de carácter eventual).

<sup>5</sup> Según los criterios generales para otorgar DAA especificados en la Resolución Exenta DGA N°3504 del año 2008 que “aprueba nuevo Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos” SIT N°156. En el caso de los DAA eventuales, se otorgan caudales con probabilidad de excedencia en el rango comprendido entre el 10% (caudales altos, poco probables de excederse; inclusive pueden ser desde caudales con una probabilidad de excedencia del 5%) y el 85% de excedencia (caudales bajos, con alta probabilidad de excederse).

<sup>6</sup> Es preciso señalar que la Oferta Jurídica puede ser positiva o negativa para efectos de otorgar nuevos DAA permanentes o eventuales. Es decir, que en los casos donde es positiva existe una disponibilidad teórica de agua bajo cierta probabilidad de excedencia. En el caso del 85% de excedencia, se presenta una OJ de caudales que estadísticamente son más probables de que se sobrepasen. De forma análoga, en el caso del 50% y del 10% de probabilidad de excedencia, se presentaría una OJ de caudales que estadísticamente son menos probables de sobrepasarse. Estos resultados no pueden compararse con las mediciones de caudal observadas en las distintas estaciones fluviométricas del área de estudio, pues que exista OJ no significa que pase o no agua por el río, sino que, para efectos legales, existiría o no disponibilidad considerando la afectación de terceros (otros DAA ya otorgados) y los caudales a respetar legalmente (caudal ecológico y reservas de caudal).

La existencia de OJ varía de acuerdo a cada escenario de excedencia, y también por cada UA, teniendo en general una gran dispersión en sus valores. Las máximas disponibilidades en todas las cuencas se concentran en el periodo de invierno, específicamente entre los meses de junio y agosto.

Además, la OJ se presenta en mayor magnitud en las zonas bajas, destacándose las desembocaduras de las cuencas (aunque no siempre de forma exclusiva) como las UA que presentan mayor disponibilidad media anual; así, bajo una probabilidad de excedencia del 85%, las cuencas de los ríos Maule, Biobío, Toltén y Bueno presentan a sus desembocaduras como las UA con mayor OJ. Esta cuestión se extiende a las cuencas del río Valdivia e Imperial bajo una probabilidad de excedencia del 50 y 10%. Las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, Puelo y Yelcho, y Yelcho y límite regional, no presentan OJ significativa bajo ninguna de las probabilidades de excedencia, llegando una de sus UA a una máxima oferta promedio anual de 84 m<sup>3</sup>/s (UA 46), en el escenario menos probable (10% probabilidad de excedencia).

En cuanto a la magnitud, bajo una probabilidad del 85%, tanto en oferta media anual (445 m<sup>3</sup>/s y 430 m<sup>3</sup>/s), como en las máximas disponibilidades mensuales (1.083 y 997 m<sup>3</sup>/s), son las desembocaduras de las cuencas del río Biobío y río Bueno, respectivamente, las UA con mayores caudales.

Para un escenario con una probabilidad de excedencia del 50%, probabilidad en la que se incorporan los caudales eventuales, la oferta media anual es menor en estas UA, con caudales de 382 m<sup>3</sup>/s en la desembocadura del río Biobío y de 282 m<sup>3</sup>/s en el río Bueno. Además, se destaca la desembocadura de la cuenca del río Maule con 238 m<sup>3</sup>/s. En este mismo orden, las máximas disponibilidades mensuales alcanzan 1.060, 811 y 780 m<sup>3</sup>/s.

Finalmente, bajo una probabilidad de excedencia del 10%, estas tres cuencas siguen siendo las predominantes, pero en otro orden. Así, la cuenca del río Biobío presenta en desembocadura una oferta media anual de 1.203 m<sup>3</sup>/s con un *peak* de 3.020 m<sup>3</sup>/s; le sigue la desembocadura de la cuenca del río Maule, con un promedio de 1.050 m<sup>3</sup>/s y una disponibilidad mensual que puede llegar a los 2.813 m<sup>3</sup>/s, y finalmente la cuenca del río Bueno, cuya desembocadura presenta una oferta media anual de 764 m<sup>3</sup>/s, con un máximo mensual disponible de 1.487 m<sup>3</sup>/s.

De este modo: 1) se puede constatar la presencia de una disponibilidad permanente, aun cuando se estén otorgando DAA eventuales; 2) pueden existir ambas disponibilidades de DAA permanentes o eventuales, o inclusive, 3) en ocasiones se puede evidenciar algunos resultados en los que el caudal disponible permanente es superior al eventual, lo cual se puede asociar a los altos caudales asociados a los DAA eventuales otorgados. Estos casos (1, 2 y 3) se evidencian también en estudios de disponibilidad (Comisión Regional de Recursos Hídricos, 2017; DGA, 2016b) e información regional de disponibilidad, por lo que es coherente con el conocimiento actual ligado al análisis de disponibilidad de recursos hídricos.

Como otra aproximación, también se estimó el **Caudal observado no comprometido aguas abajo (CONCAA)**, buscando responder en alguna medida a la pregunta si es o no posible extraer agua de una determinada UA, a pesar de que no exista OJ –o exista una OJ muy baja-, de modo de aproximarse al caudal que podría ser objeto de negociación para un eventual proyecto de trasvase. Este se estimó a diferencia de la OJ con caudales medidos en estaciones fluviométricas –y por lo tanto obteniendo resultados solo en aquellas UA que poseen estaciones- y no con caudales en régimen natural (teóricos) como la OJ.

Los resultados de la estimación de este caudal muestran que bajo una probabilidad del 85% las cuencas del río Biobío (específicamente UA 29) y del río Toltén (UA 10), presentan el mayor caudal disponible, cuyos promedios anuales están entre los 397 y 340 m<sup>3</sup>/s -aunque con gran dispersión (en todas las probabilidades de excedencia)-, alcanzado máximos mensuales en el mes de julio de 838 y 634 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Esta tendencia se mantiene en estas UA bajo una probabilidad de excedencia del 50%, con caudales que alcanzan

los 1.412 m<sup>3</sup>/s para el caso de la cuenca del río Biobío (con un promedio anual de 716 m<sup>3</sup>/s) y los 1.061 m<sup>3</sup>/s en la cuenca del río Toltén (con promedio anual de 530 m<sup>3</sup>/s). Los máximos caudales en esta probabilidad se presentan entre los meses de junio y agosto. En el escenario menos probable de un 10% de probabilidad de excedencia, también se destaca la cuenca del río Maule (UA 21) con disponibilidades máximas de 1.794 m<sup>3</sup>/s en julio y un promedio anual de 822 m<sup>3</sup>/s, encontrándose en tercer lugar de importancia luego de Biobío y Toltén cuyas UA (29 y 10), presentan caudales que alcanzan 3.030 m<sup>3</sup>/s y los 1.061 m<sup>3</sup>/s en julio (y promedios anuales de 1.424 y 530 m<sup>3</sup>/s).

Otro aspecto desarrollado, han sido las recomendaciones generales para acuerdos entre privados en cuencas excedentarias o “**Bases de acuerdo**” que corresponden a distintas opciones que serían posible adoptar para permitir que usuarios titulares de aguas superficiales ubicados en el área de estudio puedan ceder derechos o transferir temporalmente caudales para un potencial proyecto de trasvase. Estas bases incluyeron los principios que debieran cumplirse ante eventuales alianzas entre demandantes y oferentes para la transacción de caudales desde cuencas excedentarias a cuencas deficitarias. El establecimiento de estos principios tiene como fin facilitar la consecución de acuerdos y disminuir los posibles conflictos e impactos negativos que podrían conllevar las transacciones. Se propone el desarrollo de un proceso dialogado, generado a nivel local, con la participación de los interesados, enmarcado en una Gestión Integrada de Recursos Hídricos cuyos principios rectores sean la transparencia de la información para asegurar la confianza de los usuarios, sustentabilidad de los recursos hídricos de la cuenca y la gradualidad del proceso que permita mejoras en su implementación y funcionamiento.

Además de estos aspectos conceptuales y principios, se señalan aspectos técnicos relacionados tanto con la transacción de DAA como con la transferencia temporal de caudales, señalando en ambos casos precios referenciales, caudales y coordenadas.

Para la transacción de DAA se presenta como precios referenciales, las medianas por región, de los registros de transacciones disponibles en la DGA. En la cuenca del río Bueno se presenta el valor más bajo con \$55.121 el L/s y en parte de la cuenca del río Biobío (UA 22 y 23) con un valor que alcanza los \$658.443 el L/s.

Mientras, para el caso de la transacción de volúmenes se estimaron rangos de precios de venta diferenciados por región, que fluctúan entre los 29 y 97 \$/m<sup>3</sup> entre la Región del Maule y la Región de Los Lagos. El caudal para estos casos, potencial para ser objeto de transacciones de agua, es el que se identificó como el CONCAA.

Se presentan la ubicación de los puntos donde eventualmente se podría captar el recurso hídrico desde las cuencas excedentarias, los que se denominaron **nodos de captación**. Estos nodos corresponden a los puntos donde se estima la OJ, en algunos casos coincidentes con la ubicación de las estaciones fluviométricas (que definen el área aportante de las cuencas CAMELS-CL). Para las cuencas entre los ríos Maule y Bueno, los nodos de captación corresponden a las estaciones fluviométricas ubicadas en la desembocadura de cada UA. En el caso de las UA correspondientes a la desembocadura de las cuencas el nodo se estableció en la desembocadura de la cuenca. Los nodos para las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, costeras entre río Puelo y Yelcho y costeras entre río Yelcho y Límite Regional se definieron de manera referencial sólo en aquellas cuencas en donde existiera al menos una estación fluviométrica vigente y utilizada en la modelación de Oferta Natural. Para facilitar el análisis, se presentaron **agrupaciones de nodos de captación por cuenca** bajo la lógica espacial de desembocadura, partes medias, partes altas, de modo de combinar un nodo por cuenca de cada porción de la cuenca. A partir de dicha división, se obtuvieron caudales potenciales a ser utilizados en las cuencas excedentarias, siendo mayor en magnitud en las zonas de desembocadura y existiendo, por otra parte, caudales en cuencas medias concentrados en invierno y de mayor magnitud bajo

un ejercicio eventual. En las partes altas no se reconocen caudales considerables. Un aspecto fundamental que considerar para la evaluación de potenciales caudales para ser utilizados en un proyecto de trasvase es que los datos de caudal, dentro de un mismo sistema hídrico (cuenca), no son aditivos, dado que, al extraer agua desde un punto (nodo), los balances cambian, y por consiguiente la disponibilidad general de la misma.

Al igual que en las cuencas excedentarias de estudio, en la zona norte se definieron **Unidades de Análisis** para facilitar la visualización e integración de información de la demanda hídrica actual y futura. Estas unidades corresponden a una agrupación de subsubcuencas en base principalmente a la demanda hídrica, a su vez se buscó representar diferencias entre la parte alta, media y baja de las regiones y respetar los límites político-administrativos regionales. Esto último debido a que la información base, supuestos y proyecciones tienen representación regional. Tras este procedimiento se obtuvieron 67 UA, existiendo una mayor relación número – superficie regional en regiones como Coquimbo y Atacama.

Asociado a las UA, se presentan los **nodos de entrega** correspondientes a puntos dentro de la UA en los cuales se abastecería el agua recibida desde las cuencas excedentarias del sur. Estos nodos se definieron en base a la ubicación de las capitales regionales, provinciales o comunales, poblados y/o red vial. Los criterios seleccionados se basan principalmente, en la concentración de la demanda de los diferentes sectores y la potencialidad de infraestructura compatible con potenciales diseños de proyectos de trasvase.

La **demanda actual** se calculó para las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Valparaíso. Esta comprende los sectores minero, agrícola, industrial, sanitario y el agua potable rural. La metodología utilizada se basó en la aproximación planteada en el estudio de Estimación de la Demanda Hídrica publicado por la DGA (2018c), siendo utilizada sin variación en el caso del sector industrial y el agua potable rural y con diferente grado de variación en el caso del sector sanitario, minero y agrícola. Los resultados se presentan en términos numéricos y espaciales por sector productivo y UA, especificando la región a la cual pertenece cada una de ellas. La demanda actual fue estimada al año 2015, exceptuando el sector minero, cuya estimación fue calculada al año 2017. En términos generales el sector agrícola es el que demanda la mayor cantidad de agua en la zona de estudio a excepción de la Región de Antofagasta en donde el sector minero sobresale. Los resultados son coincidentes en órdenes de magnitud con los publicados en el estudio de la DGA (2018c).

La **demanda futura** se estimó para las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Valparaíso. Se proyectó en base a información histórica de producción minera, valores de PIB (sector industrial, y sanitario), y superficie agrícola, estas variables fueron relacionadas con los consumos unitarios respectivos de agua para estimar la demanda hídrica. En general, los resultados muestran para todos los sectores un incremento sostenido de la demanda en relación a la demanda actual, manteniendo la distribución de estas demandas. El sector que más aporta a este incremento corresponde al sector agrícola y el minero, este último especialmente en la Región de Antofagasta. Para todos los sectores se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año, con excepción de la demanda agrícola debido a la gran variabilidad -en relación a los requerimientos hídricos- que caracteriza a los cultivos dentro del año. En general, en los sectores minería, industria y sector sanitario, se mantiene la estructura productiva actual, es decir, las mismas carteras de faenas e industrias y territorios operacionales actualizado al año 2016. Para el caso de la agricultura se consideró la introducción de nuevos cultivos (especies frutícolas) en la matriz de cultivos. Debido a sus altos niveles de rentabilidad históricos se asume que el subsector frutícola sería el más beneficiado. Para el caso de este sector se consideraron dos escenarios, uno conservador y otro optimista, diferenciados por las tasas de crecimiento en superficie (hectáreas) asociados a cada cultivo. Como resultado se obtiene, bajo el escenario optimista, niveles de demanda hídrica mayores que el escenario conservador, existiendo un incremento potencial en hectáreas cercanas a las 360.000 para el

escenario conservador (con una demanda aproximada de 300 m<sup>3</sup>/s), y de 880.000 para el escenario optimista (con una demanda aproximada de 600 m<sup>3</sup>/s), concentrándose los mayores aumentos, para ambos escenarios, en las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso.

Respecto a la demanda total (sumando el sector industrial, minero, agrícola y agua potable) en los nodos de entrega, las mayores demandas se asocian a aquellos ubicados en las regiones de Valparaíso y Coquimbo, seguidos por los de la Región de Atacama, para el escenario conservador, mientras que para el escenario optimista la Región de Atacama presentaría las mayores demandas. A excepción de la Región de Arica y Parinacota, los mayores valores de demandas se presentan entre los meses de octubre y marzo. Este patrón estacional se debe exclusivamente al comportamiento de la demanda agrícola, cuyos valores dentro del año son altamente variables.

Adicionalmente, se adjunta en formato digital un **SIG** compuesto por todas las coberturas provenientes de fuentes externas y que fueron requeridas para la obtención de los productos del proyecto, además de la información geoespacial que se generó para la entrega de este informe.

---

## CAPÍTULO I: COMPROBACIÓN DE LA OFERTA NATURAL Y JURÍDICA DE AGUA SUPERFICIAL EN CUENCAS ENTRE LAS REGIONES DE O'HIGGINS Y LOS LAGOS.

---

### I. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES PARA POTENCIALES PROYECTO DE TRASVASE

Un objetivo fundamental de este estudio consiste en lograr una estimación de los caudales potencialmente disponibles para un proyecto de trasvase de agua en distintas cuencas consideradas a priori como excedentarias, es decir que los caudales de agua superficial disponibles en ellas teóricamente superan las demandas internas de la cuenca. Para efectos de este estudio, se consideró que la disponibilidad de agua existente en cuencas excedentarias<sup>7</sup> para un eventual proyecto de trasvase depende fundamentalmente de las regulaciones que establece el Código de Aguas y que serían las mismas que son aplicables al uso de aguas superficiales al interior de la propia cuenca. Así, existen tres opciones principales para hacer uso del agua con el objetivo de concretar un proyecto de trasvase: solicitar DAA en cuencas donde exista disponibilidad, obtener caudales vía mercado a través de transacciones de derechos o bien transando agua (arriendos temporales) mediante acuerdos institucionales.

A continuación, se presentará la metodología empleada para obtener los dos productos principales para aproximarse a caudales susceptibles de solicitar en la forma de DAA: la Oferta Natural y la Oferta Jurídica (OJ). Además, se incluye la metodología relacionada con la estimación de un caudal eventualmente disponible en términos físicos, no jurídicos, pensado como una información que oriente transacciones de agua<sup>8</sup> en lugares donde no exista OJ. Para ello, es importante introducir a este tema con algunas explicaciones de orden conceptual y operacional.

En términos conceptuales para este estudio, la Oferta Natural será entendida como la disponibilidad de agua superficial efectiva en las cuencas de interés la que fue estimada mediante el análisis de frecuencias a nivel mensual de las series simuladas de caudales en régimen natural en cada una de las cuencas, con el objetivo de obtener los caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (10%, 50% y 85%) para cada mes y para cada cuenca. Dichas probabilidades responden al hecho de que el Código de Aguas dispone que los derechos, además de consuntivos o no consuntivos, pueden ser eventuales o permanentes, siendo derechos permanentes los otorgados a una probabilidad del 85% y derechos eventuales entre el 85% y el 10% de probabilidad de excedencia, lo que será profundizado más adelante.

Por su parte, la OJ de agua se define como el caudal de agua de una UA<sup>9</sup>, definida según la metodología a explicar en el apartado siguiente, susceptible de ser usada en un proyecto de trasvase. Esta estimación debe ser entendida no como una cantidad aditiva de agua disponible para ser utilizada en un eventual proyecto, dado que, al constituir un derecho en una determinada sección de la cuenca, el balance cambia y, con ello, también el caudal disponible para otorgar derechos (OJ), siendo una situación dinámica.

---

<sup>7</sup> La selección de las cuencas de mayor interés para el análisis de la Oferta Natural para este estudio se detalla en el apéndice XVIII.1. Definición de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua, donde se describe el conjunto de criterios con el fin de evaluar las cuencas excedentarias candidatas a ser consideradas para este análisis.

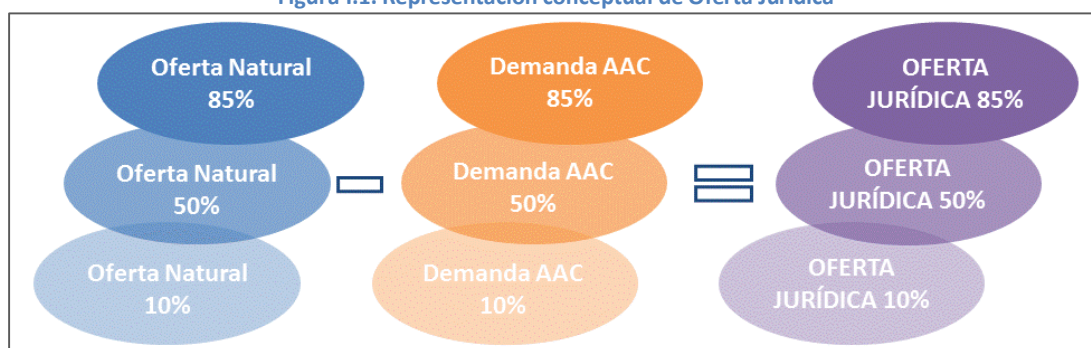
<sup>8</sup> La opción de obtener caudales para un proyecto a través de transacciones de derechos se desarrolla en el acápite V. Recomendaciones generales para acuerdos entre privados

<sup>9</sup> Las UA que corresponde a la unidad básica para el estudio de la OJ y sus componentes.



Su estimación se obtiene luego de descontar del caudal físico modelado que no considera extracciones – referido en este estudio como Oferta Natural- el agua que está comprometida legalmente, referido como Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (Demanda AAC2), de modo de no afectar los usos productivos que dependen hoy del recurso hídrico ni los caudales resguardados legalmente con fines ambientales y caudales de reserva, tanto aguas arriba como aguas abajo de las potenciales captaciones (Figura I.1.), todo esto considerando la unidad de la corriente, es decir, que una UA aguas arriba deje pasar el caudal correspondiente a la Demanda AAC de otra unidad aguas abajo (a explicar más adelante).

Figura I.1. Representación conceptual de Oferta Jurídica



Fuente: Elaboración propia

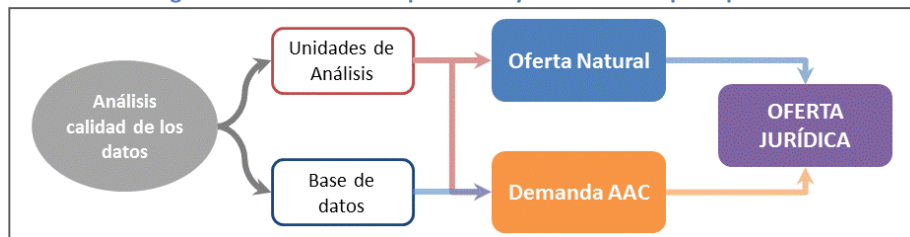
La Demanda AAC, en específico, se conforma por los caudales con respaldo legal que estén o no en uso - a través de DAA registrados en el Catastro Público de Aguas (CPA)- y del caudal que debe reservarse con fines ambientales –caudal ecológico u otros normados legalmente-. Asimismo, incluye derechos en proceso de regularización (conformados por solicitudes de regularización ante la DGA, SAG o Tribunales de Justicia) y usos susceptibles de ser regularizados o simplemente regularizables (en base a las informaciones de OU<sup>10</sup>). Los DAA registrados en el CPA y en proceso de regularización fueron posible obtenerlos a partir de información oficial de la DGA disponible en su página web institucional, mientras que para los usos regularizables fue necesario realizar un ejercicio de integración entre la información de caudal señalada por las OU y la información de derechos otorgados y registrados en la DGA para obtener un caudal de ajuste que permitiera considerar estos datos en una estimación más certera de la Demanda AAC.

La OJ, como sus componentes –la Oferta Natural y la Demanda AAC-, está expresada como un caudal mensual, en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), a nivel de UA definidas especialmente para este fin, que permitan trabajar con los datos disponibles de la forma más certera posible.

El análisis de los datos contempló como herramienta el diseño y uso de bases de datos y el análisis de datos espaciales y no espaciales en un SIG y software de bases de datos. Como se verá posteriormente, tanto la definición de las UA como el diseño y poblamiento de la base de datos -a través de la cual se realizaron las estimaciones de caudal y otros análisis- consideró un análisis de la calidad y consistencia de los datos a ingresar para corregir errores y rellenar datos en base a distintas fuentes de información, junto con una homogenización de unidades -cartográficas, de caudal, códigos de identificación, etc.-, que permitieran mejorar la estimación final de la OJ a (Figura I.2).

<sup>10</sup> Aunque en estricto rigor, las aguas que administran las OU debiesen tener un respaldo legal dado por los DAA de sus miembros, en la práctica se constató que esto no siempre es así, no al menos en términos de DAA debidamente regularizados. En este sentido, las OU administran DAA regularizables y DAA regularizados u otorgados.

Figura I.2. Relación entre productos y herramientas principales



Fuente: Elaboración propia

La figura precedente muestra los principales componentes a abordar en este apartado: Unidades de Análisis, Oferta Natural, Demanda AAC y OJ (sus procesos asociados y actividades relacionadas están ahí detallados). Es importante señalar que, aunque la figura representa procesos lineales, el trabajo desarrollado conllevó procesos iterativos, particularmente en el poblamiento de la base de datos y la definición de las UA, lo cual se fue ajustando en la medida que se analizaban los datos proporcionados por las distintas fuentes en cuanto a sus posibilidades de ser integrados en la estimación de la Demanda AAC o de la OJ.

Una alternativa a la solicitud de DAA es la generación de acuerdos para transar caudales. De esta forma, se diseñó una aproximación metodológica que buscó responder parcialmente a la inquietud de si es o no posible extraer agua del área de estudio a pesar de que no exista OJ para constituir DAA para un eventual proyecto de trasvase de agua, por medio de la identificación de caudales obtenidos a partir de las mediciones de distintas estaciones fluviométricas dentro del área de estudio y que estuvieran en el cierre de una UA, que no estuvieran comprometidos aguas abajo.

El concepto básico detrás de esta estimación es aproximarse al porcentaje del caudal observado que debe dejarse pasar para satisfacer la Demanda AAC aguas abajo y, por consiguiente, obtener caudales, a distintas probabilidades de excedencia, que podrían ser objeto de negociación. Es necesario recalcar que los caudales obtenidos no necesariamente están disponibles en su totalidad pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales, lo que influye en la estadística de caudales empleada. De esta forma, el caudal estimado, debe ser utilizado como un valor referencial de caudal susceptible de ser transado, que puede ser explicado por DAA no ejercidos, pero no necesariamente su existencia se deberá a este aspecto.

### I.1. Determinación de Unidades de Análisis en cuencas excedentarias

Las Unidades de Análisis (UA) corresponden a zonas o áreas dentro de una cuenca hidrográfica, delimitadas en base a criterios hidrológicos y de gestión, con el fin de realizar los análisis espaciales relacionados a lugares donde sería posible extraer agua para un potencial proyecto de trasvase. El principio básico detrás de la delimitación de UA fue el análisis de disponibilidad de caudales en distintos tramos de una cuenca que desemboca al mar: cabecera, parte media y desembocadura.

El beneficio de utilizar estas unidades radica en que, al agrupar zonas más pequeñas, es posible realizar las estimaciones de Oferta Natural, Demanda AAC y OJ con mayor precisión, esto se debe a que cualquier error asociado a los análisis espaciales ya sea por ubicaciones erróneas de componentes de interés (DAA, captaciones, jurisdicciones, entre otros) o falta de información se ve reducido al abordarlas a una escala menor.

La delimitación de las UA se inició con la agrupación de unidades administrativas de la DGA a las cuales se asocian los DAA (límites hidrológicos del BNA correspondientes a subsubcuencas) mediante criterios de

gestión del recurso hídrico, para luego dar paso a un posterior análisis de compatibilidad en base a las unidades de modelación de Oferta Natural (cuencas de la base de datos CAMELS-CL<sup>11</sup>) (DGA, 2017a).

#### **I.1.A. Unidades administrativas de la DGA**

La información utilizada como base para las UA corresponde a la capa vectorial de las subsubcuencas del BNA (SSC del BNA) de Chile, obtenida desde la mapoteca digital de la DGA, teniendo como zonas de interés, en este caso las cuencas excedentarias propuestas (detalladas en el apéndice XVIII.1 Definición de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua), correspondientes a las cuencas del río Maule, Biobío, Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno, cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, y las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho, y entre el río Yelcho y el límite regional.

Se escogieron las SSC del BNA como base dado que los DAA, principal insumo para estimar la Demanda AAC, fueron asociados a límites administrativos del BNA dada la disponibilidad de datos.

#### **I.1.B. Definición de límites de las Unidades de Análisis en base a criterios de gestión del recurso hídrico**

La obtención de UA preliminares se realizó en base a una revisión de la información levantada en terreno asociada a la gestión del recurso hídrico (jurisdicción de OU, trasvases y otros, información detallada en la sección I.3. Estimación de la Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (AAC)), lo que condiciona la precisión y certeza con la cual se entrega los valores de disponibilidad hídrica a nivel de cuenca. A su vez se consideraron criterios físicos y climáticos, en donde se relevaron aspectos como la existencia de cuerpos de agua de regulación (lagos, embalses), y características de las cuencas que componen las unidades (costera, valle, cordilleranas). El resultado de esta redefinición corresponde a las UA preliminares (Figura I.4).

#### **I.1.C. Compatibilización con estimación de Oferta Natural**

Se evaluó la compatibilidad de las UA preliminares, con las unidades utilizadas en la modelación de la Oferta Natural, estas últimas denominadas cuencas CAMELS-CL, ya que provienen de la base de datos del mismo nombre.

Las cuencas CAMELS-CL son unidades hidrológicas correspondientes al área aportante a las estaciones fluviométricas de la DGA, es decir, estas estaciones representan el punto de desembocadura de dicha área. La información de esta base de datos se asocia a esta unidad espacial y su objetivo es poner a disposición información multinacional de gran escala. La información incluida corresponde a series temporales de hidrometeorología entre ellas caudal diario, precipitación diaria, temperatura media, máxima y mínima, evapotranspiración potencial, agua de nieve y características físicas tales como topografía, cobertura de suelo, entre otros. La información se asocia a unidades hidrológicas definidas por el área aportante a las estaciones fluviométricas, es decir, estas estaciones corresponden al punto de desembocadura de estas unidades (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018).

Estas cuencas, como se expuso, fueron modeladas en base a la ubicación de estaciones fluviométricas (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018), por lo tanto no se ajustan a las subsubcuencas modeladas (sección modelación de cuencas según órdenes de río), por lo que se evaluaron diferentes opciones para

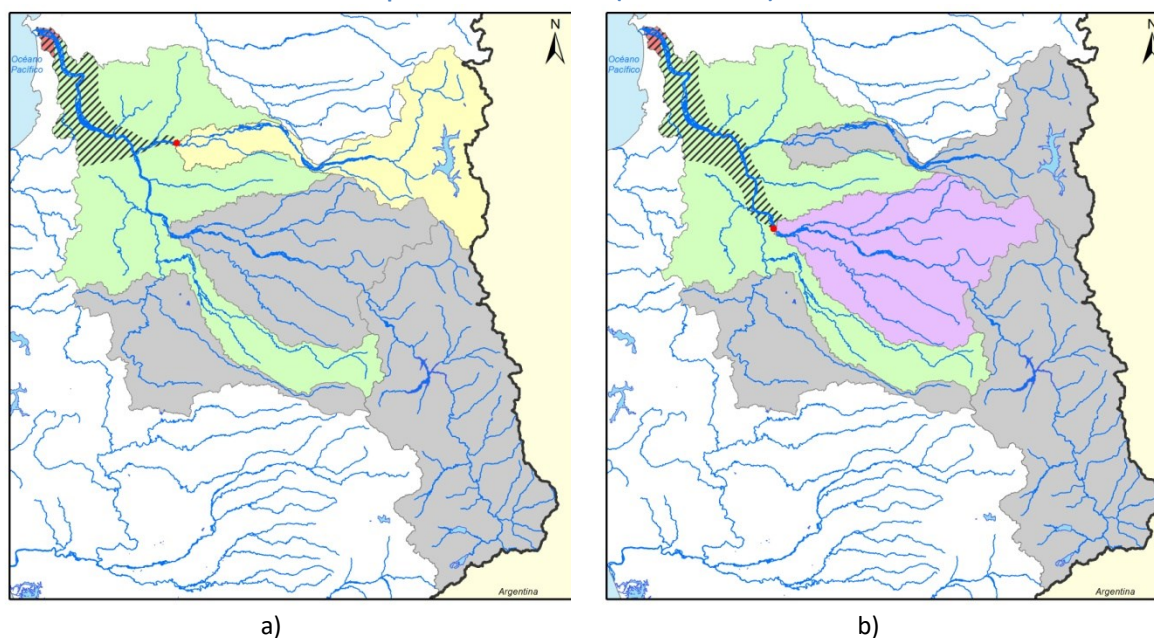
---

<sup>11</sup> CAMELS-CL corresponde a una base de datos generada por investigadores del (CR)2, en colaboración con investigadores de la Universidad Austral de Chile, Universidad de Chile, Universidad de East Anglia, Universidad de La Frontera, Universidad de California - Los Ángeles, y ETH Zúrich (Álvarez-Garretón & Muñoz, 2018).

Las cuencas CAMELS-CL han sido modeladas a partir del área aportante a las estaciones fluviométricas de la DGA (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018).

compatibilizar ambas unidades espaciales. Finalmente, se optó por utilizar una agrupación de cuencas CAMELS-CL como UA y adicionar operaciones y supuestos en el cálculo de Demanda AAC con el fin de estimarla a nivel de cuencas CAMELS-CL disminuyendo el error asociado. Estos cálculos adicionales se asocian a las siguientes situaciones: i) SSC del BNA divididas por los límites de UA (cuencas CAMELS-CL) obligando a identificar los DAA que se ubican en cada fracción de la subsubcuenca y ii) a la sustracción de DAA de una UA aguas abajo para efectos del cálculo de OJ de la UA continua aguas arriba, en aquellos casos en que estos DAA no presenten una relación de compromiso en la UA aguas arriba (Figura I.3) (estas operaciones se explican con detalle en la sección de OJ).

**Figura I.3. Ejemplos de situaciones en donde se considerará una fracción de los DAA de la UA aguas abajo en las operaciones de balance (Oferta Jurídica).**



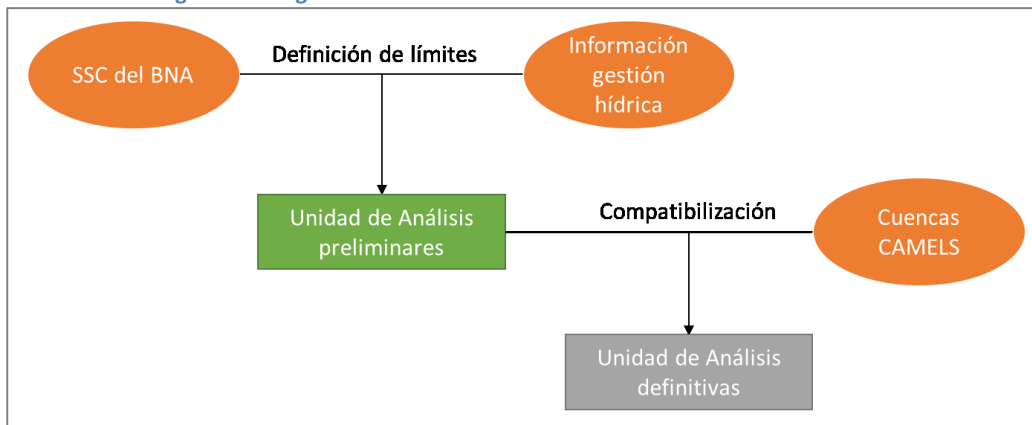
Fuente: Elaboración propia.

La imagen a) y b) de la Figura I.3 expone gráficamente el cálculo de la OJ de la UA amarilla y lila, respectivamente, el cual considera sólo la Demanda AAC asociada a las fuentes aguas abajo, de manera proporcional, es decir, la suma de caudal asociado a DAA ubicada en la sección achurada de la UA verde y roja se considera en base a la proporción de las UA que la alimentan, en este ejemplo UA amarilla y lila.

La agrupación de cuencas CAMELS-CL consideró, en la medida de lo posible, las variables mencionadas anteriormente como la gestión del recurso hídrico por parte de las OU (trasvases), y la presencia de particularidades físicas como la presencia de cuerpos de agua reguladores (embalses y lagos) y las características de la cuenca (costera, cordillerana, caudal, etc.). Finalmente, y tras la agrupación comentada, se obtuvieron las UA definitivas (Figura I.4).

En la Figura I.4 se puede observar un diagrama que explica el procedimiento realizado para obtener las UA.

Figura I.4. Diagrama de la delimitación de Unidades de Análisis definitivas



Fuente: Elaboración propia.

## I.2. Estimación de la Oferta Natural

En esta sección se presenta la metodología utilizada para estimar la Oferta Natural en las cuencas mencionadas anteriormente. Se describen las forzantes utilizadas, el modelo hidrológico, los criterios de transferencia de parámetros y finalmente las métricas utilizadas para estimar los errores de la metodología.

### I.2.A. Diagrama de flujo general de la metodología

La Figura I.5, presenta un diagrama de flujo general de la metodología utilizada. En él, se avanza cronológicamente desde arriba hacia abajo.

En primer lugar, se han seleccionado las cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural superficial, las cuales pueden ser modeladas pues se conocen sus forzantes a través del proyecto Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a). Las forzantes hidrometeorológicas se encuentran a nivel de unidades hidrológicas, denominadas en este estudio como cuencas CAMELS-CL, que han sido modeladas a partir del área aportante a las estaciones fluviométricas de la DGA. es decir, estas estaciones corresponden al punto de desembocadura de estas unidades (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018), por ende, estas cuencas presentan control fluviométrico en gran parte de sus redes de drenaje, lo que permite evaluar el desempeño de las estimaciones de caudales en cada una de ellas.

De cada hoyo hidrográfica (cuenca o subcuenca), con control fluviométrico, se deben considerar en primera instancia aquellas que presentan un bajo grado de intervención, de modo tal que la calibración se realice comparando con caudales observados sin intervención antrópica; a partir del modelo hidrológico HBV<sup>12</sup> (Bergström, 1992)

A partir de la calibración de las cuencas, se distinguen los casos de cuencas satisfactoriamente calibradas ( $KGE^{13} \geq 0.6$ ) e insatisfactoriamente calibradas ( $KGE < 0.6$ ). Las primeras constituirán el conjunto de cuencas dadoras de parámetros hacia cuencas con intervención antrópica o sin control fluviométrico, denominadas cuencas receptoras. Aquellas cuencas con pobre nivel de desempeño son analizadas para encontrar hipótesis sobre las posibles causas de mal ajuste, por ejemplo: DAA no catastrados, usos no-consuntivos, registros fluviométricos incompletos o de dudosa calidad, entre otros.

<sup>12</sup> HBV corresponde a la sigla para *Hydrologiska Byråns Vattenavdelning*, que significa Agencia Hidrológica del Departamento de Aguas en el idioma sueco.

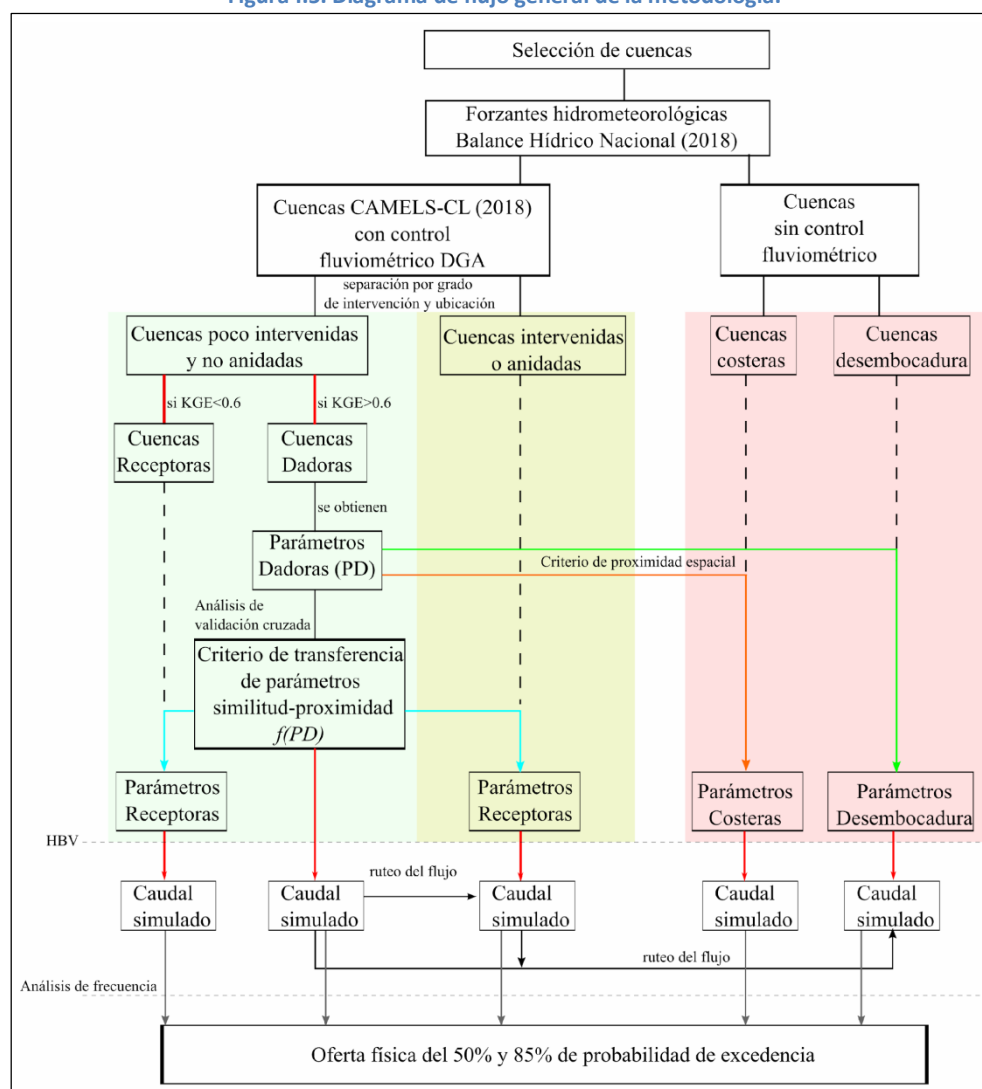
<sup>13</sup> Ver Ecuación I.1. Indicador de eficiencia de Kling-Gupta, más adelante

Para aquellas cuencas que presentan altos niveles de intervención, los parámetros del modelo hidrológico le son transferidos según experimentos de similitud espacial o física, desde aquellas cuencas debidamente calibradas y validadas. Una vez que todas las cuencas poseen parámetros asociados, ya sean calibrados o transferidos, se procede a realizar el ruteo de caudales desde aguas arriba hacia aguas abajo, sumando los caudales de las cuencas en régimen natural a las cuencas intervenidas ubicadas inmediatamente aguas abajo.

Debido a que las unidades de modelación son cuencas hidrográficas, las eventuales pérdidas o ganancias de agua en cada sistema se consideran adecuadamente modeladas mediante el software HBV.

Finalmente, se realizan análisis de frecuencias a nivel mensual a las series simuladas en cada una de las cuencas, con el objetivo de obtener los caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia para cada mes, que corresponde a la estimación de la Oferta Natural.

Figura I.5. Diagrama de flujo general de la metodología.



Fuente: Elaboración propia.

## I.2.B. Modelación hidrológica

### i) Forzantes hidrometeorológicas

Para realizar la modelación hidrológica, se requieren las series de entrada que alimentarán al modelo, las cuales se denominan forzantes y constituyen las entradas y salidas potenciales de agua de la cuenca (precipitación y evapotranspiración potencial), además de permitir representar los procesos físicos que determinan los tipos de flujos del recurso hídrico dentro de ella (temperatura).

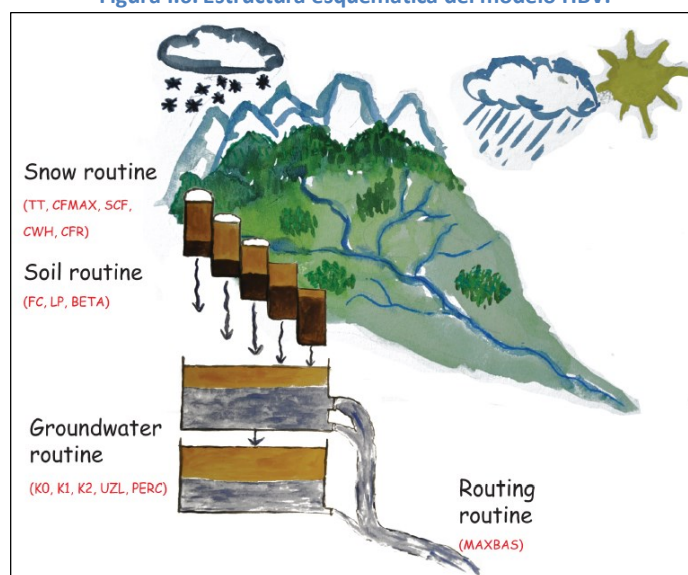
Para este estudio, debido a la gran extensión espacial de las cuencas a modelar, se han considerado los productos de precipitación, temperatura y evapotranspiración de referencia según el método de Hargreaves, estimados en el proyecto de Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a), los cuales poseen valores a nivel diario para el periodo 1979-2016 con una resolución espacial de 0,05° para todo el territorio nacional. Estos datos grillados constituirán las series temporales de entrada para la modelación hidrológica de cada una de las cuencas hidrográficas.

### ii) Descripción del modelo HBV

El modelo hidrológico HBV (Bergström, 1992) 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. Ha sido implementado bajo un amplio rango de condiciones climáticas y geomorfológicas (Beck et al., 2016) y destaca por su eficiencia computacional, flexibilidad con el usuario y por contar con un algoritmo genético de calibración automática, lo cual resulta de mucha utilidad debido al gran número de cuencas consideradas en el presente estudio y a la gran demanda computacional que esto conlleva.

La estructura conceptual del modelo posee dos estanques de agua subterránea y uno en la zona no saturada para representar las primeras capas de suelo. Para simular la escorrentía, cuenta con cuatro rutinas acopladas que transfieren el agua entre ellas: nieve, suelo, acuífero y ruteo; además de 14 parámetros que se pueden calibrar asociados principalmente a los procesos de acumulación/derretimiento y permeabilidad de las capas subterráneas (ver Figura I.6).

Figura I.6. Estructura esquemática del modelo HBV.



Fuente: (Seibert & Vis, 2012)

Es importante destacar que el modelo HBV no considera la presencia de glaciares ni lagos en las cuencas debido a la dificultad de incorporar dichos procesos en una modelación concentrada, por lo tanto, estos procesos no son considerados explícitamente en la modelación hidrológica.

Por otro lado, si bien el modelo es concentrado, es decir, la cuenca se modela como una sola unidad de parámetros homogéneos, permite incorporar distintas zonas de elevación con el objetivo de representar las variaciones altitudinales de las forzantes meteorológicas por medio de gradientes de precipitación y temperatura. Este hecho es altamente relevante, debido a la gran extensión espacial del estudio y de las cuencas a modelar, lo que implica variaciones considerables de las forzantes meteorológicas dentro de cada unidad.

Para mayores detalles acerca del esquema del modelo HBV, sus ecuaciones de balance de masa y estimación de flujos de agua en sus distintas fases/componentes consultar el anexo XIX.1. Modelo hidrológico HBV.

### iii) Funciones objetivo para calibración

A modo general, el proceso de calibración busca encontrar el set de parámetros óptimos, definido como aquel que minimiza las diferencias entre la serie temporal simulada y observada de una variable de estado del modelo. En este sentido, existen diversas formas de cuantificar dichas diferencias dependiendo de los objetivos de la modelación, lo que explica la existencia de distintos indicadores de eficiencia, cada uno de los cuales permite analizar el desempeño de la modelación dando énfasis al criterio que se estime conveniente.

En el caso de este estudio, como se busca representar la escorrentía de las cuencas en análisis, el proceso de calibración se llevó a cabo comparando series diarias de caudales observados y simulados. Las observaciones provienen de las estaciones fluviométricas de la DGA ubicadas entre la Región de O'Higgins y la de Los Lagos, obtenidas de la base de datos CAMELS-CL (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018).

La función objetivo utilizada en el proceso de calibración fue la eficiencia de Kling-Gupta (Gupta, Kling, Yilmaz, & Martinez, 2009) para los caudales medios diarios, definida según la Ecuación I.1.

#### Ecuación I.1. Indicador de eficiencia de Kling-Gupta

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2}$$

Donde,

- $r$ : Coeficiente de correlación lineal entre observaciones y simulaciones.
- $\beta$ : Razón entre el promedio simulado y observado.
- $\gamma$ : Razón entre la desviación estándar simulada y observada.

Este indicador de eficiencia entrega valores entre  $-\infty$  y 1, representando, en el primero de los casos, un pésimo ajuste y, en el segundo, un ajuste perfecto. En su estimación, se consideran simultáneamente tres señales hidrológicas que representan correlación temporal, razón volumétrica de las series simuladas y observadas y razón entre las desviaciones estándar de las mismas series ( $r, \beta, \gamma$ ). Estas señales hidrológicas alcanzan un valor igual a 1 en el caso de un ajuste perfecto, lo que da cuenta de la robustez del indicador, ya que, durante la calibración, se fuerzan los tres indicadores, simultáneamente a estar cerca del valor óptimo que se logra cuando el  $KGE$  es máximo.

Adicionalmente, se considera la eficiencia de Nash-Sutcliffe (Nash & Sutcliffe, 1970), tanto para los caudales como para el logaritmo de los caudales, para evaluar el desempeño de los modelos hidrológicos.



Este índice se define según la Ecuación I.2, y la interpretación de su bondad de ajuste es idéntica al KGE, donde un modelo perfecto tendría un NS = 1, mientras que sobre NS > 0,5 es considerado como satisfactorio.

#### Ecuación I.2. Eficiencia de Nash-Sutcliffe

$$NSE = 1 - \frac{\sum_i^N (Q_{sim}^i - Q_{obs}^i)^2}{\sum_i^N (Q_{obs}^i - \overline{Q_{obs}})^2}$$

Donde:

- $Q_{sim}^i$ : Caudal simulado en el tiempo  $i$ .
- $Q_{obs}^i$ : Caudal observado en el tiempo  $i$ .
- $Q_{obs}$ : Promedio temporal de las observaciones.
- $N$ : Número de observaciones.

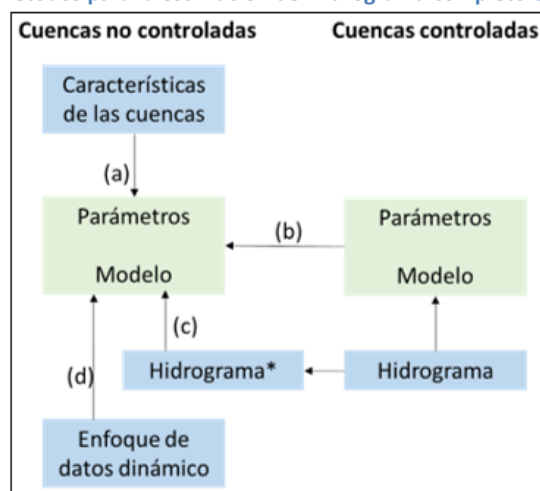
### I.2.C. Estimación de caudales en cuencas no controladas

#### i) Marco teórico

Según la revisión de estimación de cuencas no controladas de Blöschl *et al.* (2013) tiene diversos enfoques, dependiendo del tipo característico de señales hidrológicas (*hydrological signatures*) que se desee estimar. Desde la publicación de Sivapalan (2003), la comunidad mundial ha realizado diversos esfuerzos por intentar comprender la física de los procesos y su importancia a la hora de estimar caudales en cuencas no controladas.

En la Figura I.7, se muestra el resumen de los distintos enfoques vigentes que permiten estimar hidrogramas completos en cuencas no controladas desde cuencas sin controlar. El enfoque (a) consiste en la estimación a priori de parámetros basados en características de las cuencas, (b) transferencia de parámetros desde cuencas controladas, (c) Restringiendo los parámetros a través de características regionales de los hidrogramas y (d) utilizando un enfoque dinámico, buscando no solo estimar el hidrograma completo, sino que varios componentes del mismo (por ejemplo, caudal medio anual, caudales mínimos, estacionalidad y caudales máximos).

Figura I.7. Esquema de métodos para la estimación del hidrograma completo en cuencas no controladas



Fuente: Adaptado de (Blöschl et al., 2013)

Los métodos que se testean en el presente estudio, dados los tiempos de ejecución del proyecto se limitarán a transferencia de parámetros en base a características de las cuencas, principalmente climáticas y de proximidad espacial, descritas como la flecha (b). Este enfoque se basa en definir cuando una cuenca receptora (cuenca no controlada o intervenida), es similar a una cuenca donadora que fue calibrada.

Para efectos de este estudio, las cuencas “No Controladas” serán aquellas que presentan un alto nivel de intervención, de modo que sus registros fluviométricos distan de estar en su estado natural; o aquellas cuencas anidadas que presentan en su interior subcuencas controladas en régimen natural.

## ii) Clasificación de cuencas

Para clasificar las cuencas en estudio según sus características dominantes, se utilizó el algoritmo de clasificación Bayesiano AutoClass-C (Cheeseman et al., 1988), el cual, dado un conjunto de casos y atributos de éstos, es capaz de determinar el número de clases más probable y la probabilidad de cada caso de pertenecer a una clase. Dado lo anterior, se pueden considerar cada una de las cuencas en estudio como los casos a clasificar y realizar la clasificación en función de los atributos de las cuencas.

Al tratarse de un algoritmo esencialmente probabilístico, se debieron testear las clasificaciones a partir de distintos tipos de atributos (ver Figura I.8), para posteriormente evaluar el desempeño de la modelación hidrológica y en función de ello elegir el tipo de atributos a considerar en la clasificación definitiva.

El algoritmo de clasificación supone que todos los casos (cuencas) son independientes entre sí, de modo tal que la probabilidad de cada caso no dependa del resto de los casos, por lo tanto, en esta clasificación sólo serán consideradas las cuencas que no posean anidación, es decir, que no exista en su interior otra estación fluviométrica a excepción de la que se encuentra en la salida, con lo que desde la base de datos CAMELS – CL, se obtienen 132 cuencas de un total de 236.

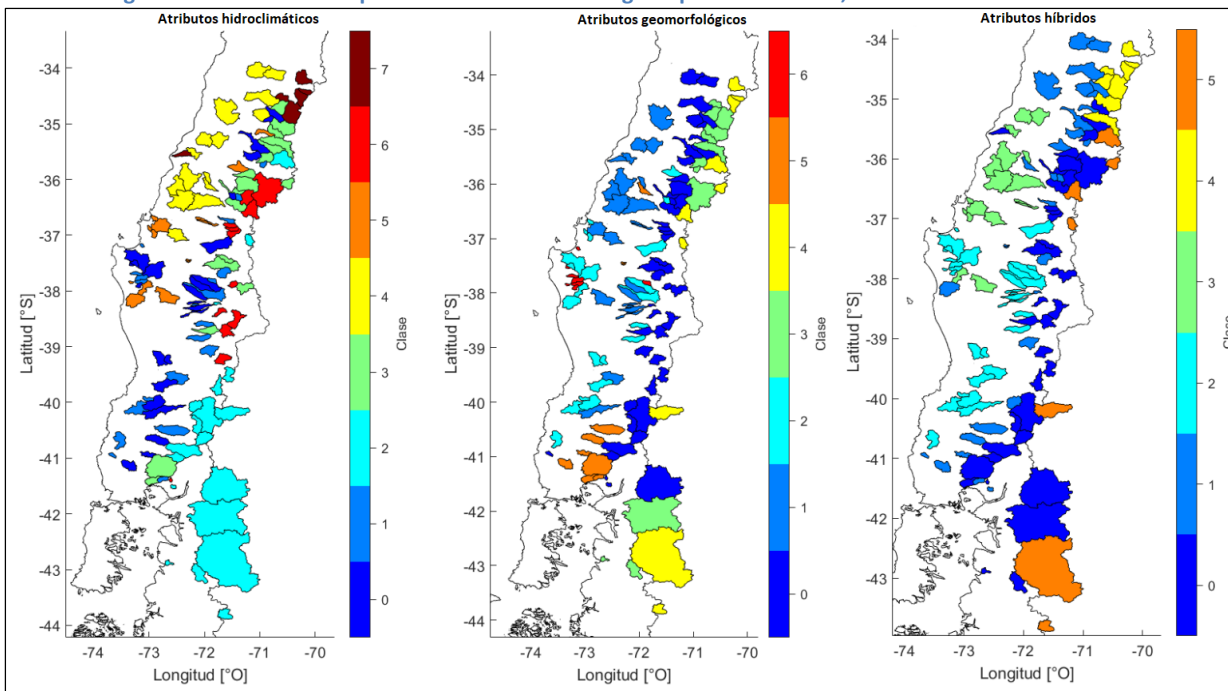
**Tabla I.1. Atributos considerados en la clasificación de cuencas.**

Atributos hidroclimáticos	Atributos geomorfológicos	Atributos híbridos
Precipitación media anual	Fracción forestal	Fracción nival
Fracción nival	Fracción agua	Fracción forestal
Índice de aridez	Fracción bosque nativo	Índice de aridez
Temperatura anual promedio	Pendiente media	Fracción agua
-	Elevación media	Precipitación media anual

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la clasificación de cuencas, para cada uno de los tipos de atributos, se muestran en la Figura I.8. En el panel izquierdo de la Figura, se aprecia que los atributos hidroclimáticos permiten diferenciar gran parte de las cuencas, generándose ocho clases de cuencas similares. Cuando se consideran sólo atributos geomorfológicos, estas clases se reducen a siete y presentan diferencias respecto a la clasificación según criterios climáticos. Finalmente, en el panel de la derecha se aprecia el resultado de una clasificación de cuencas híbrido con el que se logran seis clases distintas.

Figura I.8. Distribución espacial de clasificaciones según tipos de atributos, cuencas sin anidación.



Fuente: Elaboración propia.

### iii) Diagrama de resultados de experimentos y criterio de transferencia final

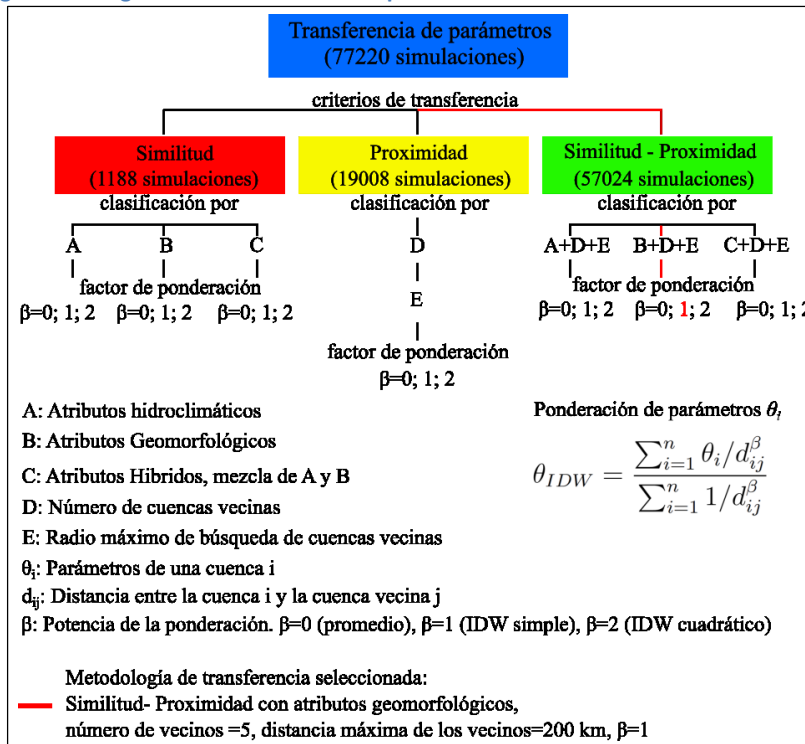
La transferencia de parámetros para cuencas intervenidas o anidadas se realiza eligiendo los parámetros de las cuencas dadoras mediante criterios de similitud, proximidad o una combinación de ambos. En la Figura I.9 se detallan los criterios de transferencia, sus clasificaciones y los factores de ponderación de los parámetros de las cuencas dadoras. La línea roja representa el criterio elegido para aplicar en cuencas receptoras de parámetros.

El criterio elegido corresponde al método que obtenga mayores índices KGE y una menor dispersión entre todas las cuencas. Lo cual se realiza mediante una validación cruzada en cada cuenca con control fluviométrico-no anidada. Lo que significa considerar una por una que las cuencas dadoras no poseen observaciones fluviométricas, es decir que son receptoras de parámetros. Luego de recibir los parámetros mediante los tres criterios, se contrasta el caudal simulado con el medido, obteniendo un índice KGE para cada cuenca y cada criterio.

El criterio "Similitud" se refiere a la clasificación por atributos climáticos, geomorfológicos e híbridos de la Tabla I.1. Por otro lado, en el criterio "Proximidad" se utilizan sólo las distancias entre las cuencas, escogiendo el número de cuencas vecinas y la distancia máxima de búsqueda a los centroides entre la cuenca objetivo y las dadoras de parámetros. El criterio "Similitud-Proximidad", es una combinación de los otros, eligiendo aquellas cuencas de la misma clase (Similitud) entre un número de vecinos, dado un radio de búsqueda máximo. En este análisis se probaron número de vecinos dadores: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 40 y 50, para un radio máximo de búsqueda de 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 km.

Posterior a la elección de las cuencas dadoras, se analiza el método de ponderación de los parámetros (ver ecuación en Figura I.9), para lo que se utiliza la ponderación por inverso a la distancia de varias potencias ( $\beta$ ). En este caso, se testea el promedio aritmético simple ( $\beta=0$ ), inverso a la distancia (IDW,  $\beta=1$ ) e inverso a la distancia al cuadrado (IDW2,  $\beta=2$ ) de las cuencas dadoras.

Figura I.9. Diagrama de transferencia de parámetros utilizado en la validación cruzada.



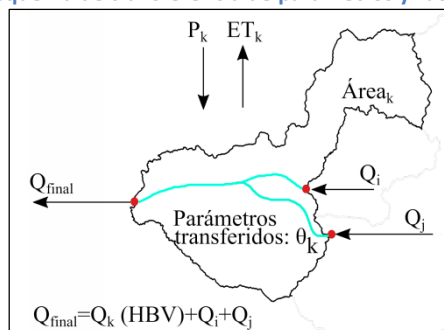
Fuente: Elaboración propia.

iv) Ruteo de caudales simulados

Una vez seleccionada la estrategia óptima de regionalización, es posible modelar todas las cuencas en estudio con sus parámetros transferidos (cuencas receptoras), o calibrados (cuencas dadoras). Tal como se mencionó anteriormente, estos caudales deben sumarse a lo largo de la red hidrográfica correspondiente, de modo de ir agregando los caudales generados por la precipitación que cae en las áreas no calibradas y con intervención antrópica.

La Figura I.10, muestra un esquema de la metodología utilizada para el ruteo de caudales. En ella se aprecia la entrada de dos cauces de caudales  $Q_i, Q_j$  calibrados para cuencas de aguas arriba, los parámetros transferidos a la nueva unidad ( $k$ ) y finalmente la ecuación de balance que considera tanto los aportes de los cauces ( $Q_i + Q_j$ ) como el aporte de la precipitación sobre la nueva unidad modelado con HBV ( $Q_k$  HBV).

Figura I.10. Esquema de transferencia de parámetros y ruteo de caudales



Fuente: Elaboración propia.

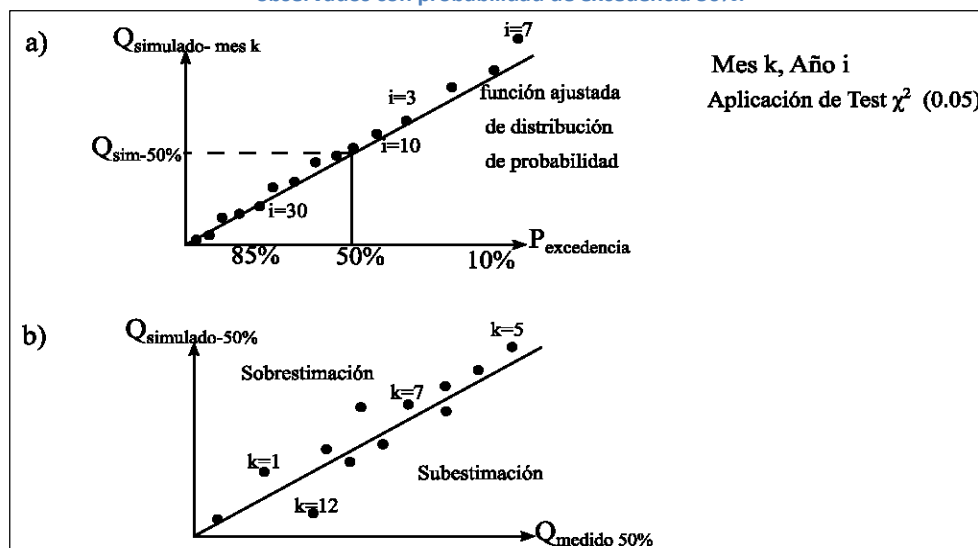
## I.2.D. Estimación de errores de la modelación

### i) Análisis de frecuencias asociados a distintas probabilidades de excedencia

Los caudales medios diarios simulados en HBV fueron promediados mensualmente entre los años 1979-2016, con lo que se obtuvo un conjunto de 38 caudales medios mensuales por mes del año. Con estos se realizó un análisis de frecuencia, seleccionando una función de distribución de probabilidad continua (Normal, Log-Normal, Gumbel derecha, Gumbel izquierda y Pearson) que aprobara el Test de  $\chi^2$  para un intervalo de confianza del 5% (ver Figura I.11 a), eligiéndose aquella distribución con menor discrepancia ( $\chi^2 \approx 0$ ). En el caso que ninguna de las distribuciones continuas pase el Test de  $\chi^2$  se eligió un ajuste discreto tipo Weibull con interpolación lineal entre los datos.

En la Figura I.11, el panel (a) representa el ajuste de la función de distribución de probabilidad de los caudales simulados para los años 1979-2016 ( $i=1\dots38$ ), para un mes cualquiera. El panel (b), muestra la colección de caudales con 50% de todos los meses obtenidas desde el panel (a), tanto para caudales simulados como observados.

Figura I.11. Esquema de la determinación de errores a partir de la comparación de los caudales simulados y observados con probabilidad de excedencia 50%.



Fuente: Elaboración propia.

El caudal simulado que se muestra en la Figura I.11, corresponde al estimado mediante validación cruzada. Proceso que se lleva a cabo secuencialmente en los siguientes pasos:

1. A una "i" de las 100 cuencas en régimen natural, se le transfieren parámetros de las otras 99 cuencas no intervenidas y con registros.
2. Una vez transferidos los parámetros se simula la escorrentía en base al modelo HBV ejecutado con las forzantes de la cuenca "i".
3. A los caudales simulados del paso 2, se le realiza el análisis de frecuencia, estimando el Q50% y Q85%.
4. Se realiza el análisis de frecuencia a los caudales observados y se cuantifican las diferencias.
5. Se repite el proceso para cada una de las 100 cuencas donadoras.

Es muy importante notar que el resultado de este proceso permite cuantificar el error de la metodología, pero para aquellas cuencas en régimen natural, la oferta natural está determinada directamente por los caudales obtenidos del proceso de calibración. No se ocupan los caudales observados, puesto que muchas veces estos no cuentan con registros continuos y usualmente presentan fallas en épocas de crecidas. De este modo el modelo hidrológico HBV entregará estimaciones más robustas de caudales que un relleno de series observadas en base a métodos estadísticos.

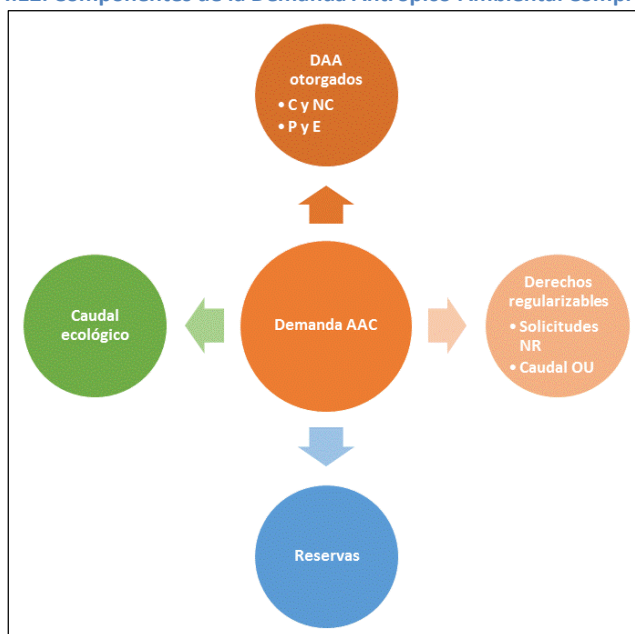
## ii) Métricas asociadas para cuantificar el error

Para cuantificar los errores se utilizan la diferencia simple (BIAS) entre el caudal medio mensual medido y el simulado, adimensionalizando por el caudal medio anual observado, al que se le denomina “error absoluto adimensional”, que cuantifica el error desde la perspectiva de los volúmenes estimados y observados. Mientras que para cuantificar los “errores porcentuales” se divide el error absoluto, sin adimensionalizar, por el caudal observado, con lo que se obtiene un factor que cuantifica la magnitud del error de cada cuenca.

## I.3. Estimación de la Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (AAC)

La Demanda AAC definida en este estudio como los caudales legalmente comprometidos que deben considerarse en la estimación de la OJ, incluyó los DAA otorgados y los derechos regularizables, el caudal ecológico y los caudales de reserva<sup>14</sup> (ver Figura I.12). A continuación, se describe cada uno de estos componentes junto con los procedimientos generales llevados a cabo para estimar los caudales que estos representan.

Figura I.12. Componentes de la Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida



Fuente: Elaboración propia

<sup>14</sup> Son caudales que se resguardan por decreto: “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. Para lo anterior, es posible disponer la denegación parcial de solicitudes de derechos de aprovechamiento en tramitación” (DGA, s. f.-a) (Sitio web de la DGA).

Teniendo en cuenta que el componente principal de la Demanda AAC corresponde a los DAA, es importante dar cuenta de algunas características que definen su consideración en la estimación de dicha demanda. Tal como lo indica el Código de Aguas (art. 12º y siguientes), los DAA pueden ser consuntivos (C) o no consuntivos (NC); permanentes (P) o eventuales (E) y de ejercicio continuo, discontinuo o alternado. A este respecto, el estudio ha planteado desde un inicio la consideración de los DAA de carácter consuntivo y no consuntivo, a lo cual se sumó la distinción de los permanentes y eventuales por sus implicancias en términos de la condición de excedencia del recurso hídrico<sup>15</sup>, pues el segundo caso, corresponde a los DAA que pueden ser satisfechos solo cuando los permanentes están cubiertos, cuando queda un sobrante en el caudal matriz (art. 16 – 18, Código de Aguas). En efecto, los DAA permanentes son otorgados considerando una probabilidad de excedencia del 85%, mientras que en el caso de los DAA eventuales, estos se evalúan bajo un caudal con una probabilidad de excedencia del 5% o 10%<sup>16</sup> (DGA, 2017b). Esto exigió que los DAA eventuales fueran incluidos de forma diferenciada en la estimación de la Demanda AAC pues, en términos teóricos se activan en caso de existir excedentes en el caudal, una vez satisfechos los de carácter permanente. Como consecuencia de lo anterior, la Demanda AAC y su OJ posterior, se estimaron primero para todas las extracciones en un escenario de 85% de probabilidad de excedencia, es decir, se estimaron considerando exclusivamente los DAA de ejercicio permanente, para luego, bajo una probabilidad de excedencia del 50% y del 10% incorporar además de las de ejercicio permanente, las demandas relacionadas con los DAA eventuales.

Es importante recordar que, al referirse a probabilidad de excedencia, se hace alusión a la probabilidad de que se produzca un fenómeno cuya magnitud sea igual o mayor a un determinado valor. En este caso, se están trabajando con caudales que tienen una probabilidad de ser excedidos del 85%, 50% y 10%. Considerando la estadística fluviométrica, es posible clasificar los caudales de acuerdo a esta probabilidad, distinguiendo inclusive condiciones secas o normales. Por ejemplo, en el caso de los caudales medios mensuales con una probabilidad de excedencia del 10%, significa que en promedio el 10% de un periodo analizado, se presentará un caudal igual o superior a dicho caudal (sin que ello conlleve a un comportamiento cíclico). Por eso, estos caudales son mayores. Del mismo modo, un caudal medio mensual con probabilidad de excedencia del 85%, significa que el 85% de las veces se superará dicho caudal, por lo cual este caudal es menor. De forma general, de acuerdo a DGA (1998) un caudal con una probabilidad de excedencia superior al 85% se considera un periodo seco.

En relación con el otorgamiento de DAA permanentes, se comprende entonces que éstos sean otorgados bajo esta probabilidad de excedencia, pues, se concede un caudal más bien seguro asociado al derecho, es decir que solo un 15% de las veces no debiesen poder satisfacer su demanda completa, en un escenario ideal. Por otro lado, el otorgamiento de los DAA eventuales se realiza considerando un caudal alto del 10% de probabilidad de excedencia (o 5% inclusive como ya se señaló), al cual se le sustraen los caudales permanentes otorgados y un posible déficit de recursos de ejercicio permanente (en ambos tipos de DAA también se descuenta el caudal ecológico) (Resolución 3504/2008<sup>17</sup>). Este es un caudal mucho menos probable de que ocurra o sea superado.

---

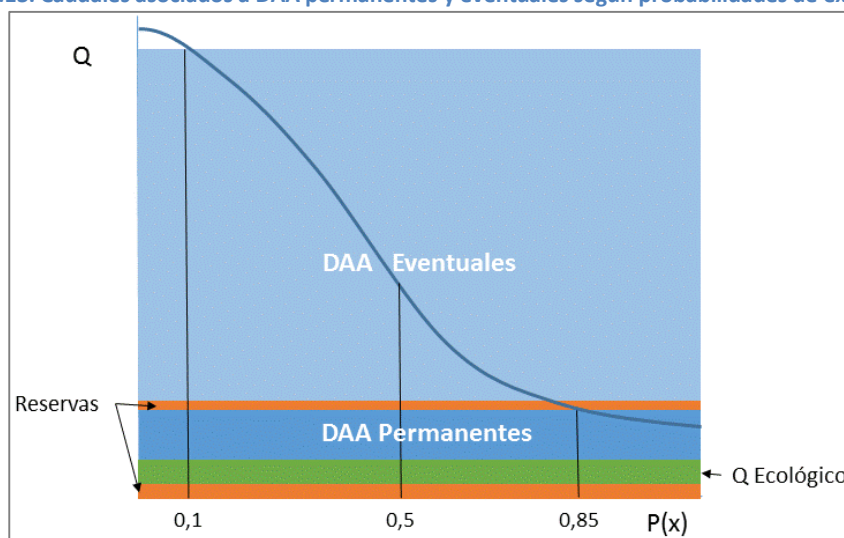
<sup>15</sup> Otras características esenciales sobre las que no se hará distinción en este estudio, son las de ejercicio continuo, discontinuo y alternado, puesto que las implicancias de estas características sobre la extracción del recurso en términos temporales son recogidas al considerar los caudales mensuales definidos en los DAA, pues el Catastro Público de Aguas no permite tener una aproximación más detallada en cuanto a la temporalidad de uso del derecho. Inclusive, podrían ni siquiera tener una repercusión en esta materia.

<sup>16</sup> Esta probabilidad es una u otra dependiendo de si existe o no un control fluviométrico con una estadística por más de 25 años, respectivamente.

<sup>17</sup> Resolución 3504/2008. Manual de normas y procedimientos para la administración de recursos hídricos. Dirección General de Aguas.

De manera ilustrativa se presenta la Figura I.13, para representar el máximo caudal posible de otorgar, asociado a estos dos tipos de DAA de acuerdo a las probabilidades de excedencia:

Figura I.13. Caudales asociados a DAA permanentes y eventuales según probabilidades de excedencia.



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior, se puede apreciar que al tratarse de caudales con probabilidad de excedencia del 50%, se podrían ejercer los DAA de ejercicio permanente y los DAA eventuales parcialmente –suponiendo que fue otorgado el máximo caudal posible-. En un rango de tiempo específico, esta es una condición en que dicho caudal podría ser igualado o superado la mitad de las veces.

La consideración de los derechos regularizables, por su parte, proviene de la definición de un escenario más conservador que incluye la integración de extracciones efectivas -usos consuetudinarios- que pueden estar en proceso de regularización de DAA (ya sea en fase administrativa o judicial) consignados en las solicitudes de la DGA y que pueden no estarlo, pero que son reconocidos por las OU que los administran, pudiendo ser considerados como susceptibles de ser regularizados; caudales que son respetados por estas organizaciones y que además, pueden tener otra clase de respaldo formal<sup>18</sup>. Esto último ha sido considerado en estudios como el de actualización de disponibilidad del río Aconcagua, realizado por el DARH<sup>19</sup> de la DGA (2016b), en el cual se aproximaron a la dotación de las OU a través de la capacidad máxima registrada en bocatoma.

La metodología empleada en la estimación de la Demanda AAC para cada una de las cuencas bajo estudio contempló una revisión y análisis de los datos que permitieran su incorporación en unidades homologables para el cálculo. La ejecución de esta metodología se realizó paralelamente con la definición de las UA, pues, como ya se ha mencionado, para definir estas últimas fue necesario comprobar que era posible trabajar con los datos disponibles en dichas áreas.

Es importante señalar que la estimación de esta demanda está a nivel de información secundaria, ya que, si bien se recurrió a entrevistas con representantes de la DGA y OU para mejorar la información con la que

<sup>18</sup> Los caudales administrados por las OU están usualmente inscritos de forma conjunta en los Conservadores de Bienes Raíces (CBR), y no se corresponden necesariamente con los DAA individuales inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas de los CBR, ni con los registrados en el RPDA del CPA (Moya et al., 2018)

<sup>19</sup> Departamento de Administración de Recursos Hídricos.



se contaba, ésta siempre correspondió a estimaciones o cuantificaciones que manejaban estas entidades, no siendo algo contabilizado o medido directamente por el equipo consultor.

### **I.3.A. Análisis de datos a considerar**

La fuente principal de información de los DAA a considerar en este estudio corresponde al Catastro Público de Aguas (CPA)<sup>20</sup>, en particular el RPDA, por lo cual se hizo necesario conocer cómo funcionaba este registro, bajo qué condiciones los DAA pasaban a ser parte del RPDA, si era necesario contemplar otras fuentes de información, y de ser así, evaluar si los alcances del estudio en tiempo y recursos permitirían recurrir a estas fuentes complementarias, y finalmente, si los datos requerirían tratamientos previos a su uso o exigirían ajustes a las UA definidas

#### ***i) Profundización conocimiento CPA y datos asociados***

Para mejorar el conocimiento sobre el CPA y su RPDA se llevaron a cabo una serie de reuniones con representantes de la DGA –dos con el Abogado Archivero del Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH) y tres con el Agente de Expedientes del mismo Departamento- quienes participan directamente en el funcionamiento de este Catastro. A partir de estas reuniones, de las entrevistas realizadas en regiones a los Agentes de Expedientes de la DGA y de documentación de carácter normativo, fue posible reconocer varios aspectos que influyeron en el trabajo metodológico posterior.

El CPA, según el artículo 122 y siguientes del Código de Aguas, incluye una serie de registros, entre ellos el RPDA y el Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU). Este RPDA idealmente debiese incluir todos los DAA que han sido otorgados por alguna vía, así como sus mutaciones, no obstante, esto no es así en la práctica. Esto en parte, porque el DAA puede ser otorgado por vías que no están bajo el control o el conocimiento de la DGA. En efecto, los DAA pueden ser otorgados a través de 1) una resolución de la DGA, de 2) una resolución SAG (art. 5º transitorio) o de 3) una sentencia judicial (art. 2º transitorio), no existiendo en los dos últimos casos, posibilidad de asegurar el ingreso de estos DAA al RPDA<sup>21</sup>. En todos los casos estos debiesen ser inscritos en el Conservador de Bienes Raíces (CBR) (Figura I.14), lo cual no siempre ocurre, siendo una responsabilidad del titular el hacerlo.

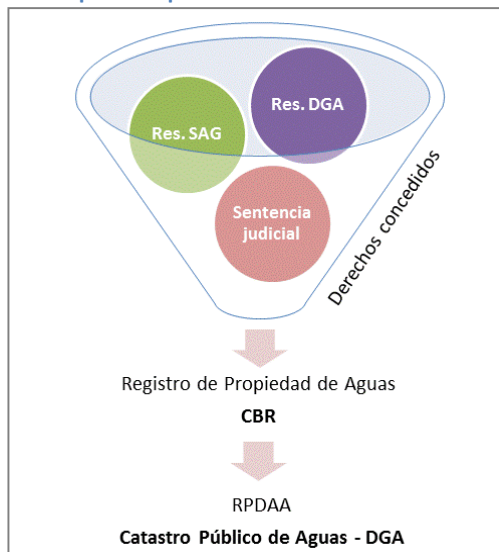
En términos normativos, el Código de Aguas (art. 122, inciso 7), señala el deber de los titulares de inscribir su DAA en el RPDA, cualquiera sea su origen (Figura I.14). También se indica que este registro se completa con información provista por los CBR (art. 122, inciso 3) y con los datos de las resoluciones a través de las cuales la DGA constituye el DAA (art. 150, inciso 2). Considerando esto y la información entregada por los funcionarios de la DGA, se reconocen como fuentes de información del RPDA:

- Resoluciones de la DGA
- Información de CBR (DAA inscritos)
- Sentencias judiciales
- Inscripciones de los titulares
- Otras fuentes que den cuenta de DAA otorgados por alguna vía

<sup>20</sup> Se utilizó la planilla actualizada al 22 febrero de 2018 disponible en el sitio web de la DGA.

<sup>21</sup> En el caso de las regularizaciones vía art. 2º transitorio, las solicitudes ingresan a la DGA y ésta tiene registrado tanto el caudal solicitado como el que técnicamente ellos como servicio proponen al juez, pero el resultado final de este proceso –y el caudal a extraer finalmente autorizado por el juez- no es conocido por la DGA la mayoría de las veces. También se conoció de algunos casos de sentencias en que los DAA fueron otorgados vía perfeccionamiento de DAA –es una vía judicial-, cuya solicitud asociada ni siquiera ingresa vía DGA, por lo tanto, no fue posible consignarlos en este estudio.

Figura I.14. Inscripciones que debe realizar un titular de DAA otorgado



Fuente: Elaboración propia

Respecto a las fuentes de información señaladas, es importante aclarar que existe un desfase entre el envío de la información por parte de los CBR y la actualización del RPDAA, debido a la imposibilidad de procesar oportunamente toda la información recibida<sup>22</sup>.

Respecto a la información proveniente de sentencias judiciales, existe una baja retroalimentación desde los tribunales hacia la DGA. Tampoco es frecuente que los titulares de DAA los registren por iniciativa propia en el RPDAA.

Todo esto da cuenta en parte, del estado de actualización del RPDAA respecto a la totalidad de DAA otorgados.

En el caso de las solicitudes de regularización por el art. 2º transitorio (señalado como NR en los códigos de expedientes de la DGA), estos son datos que también son parte del "sistema CPA" de la DGA, entendido como el sistema de información –con un soporte informático– que contiene tanto las solicitudes de DAA que el Servicio recibe -y que se traduce en un expediente que inicia un proceso de tramitación, como los DAA ya otorgados, informado por alguna de las vías antes expuestas.

Las solicitudes de regularización o "expedientes NR" considerados correspondieron a aquellos:

- En estado "Aprobado" por parte de la DGA en cuanto a su fase administrativa:
  - Enviado a fase judicial
  - Con caudal recomendado técnicamente
  - En estado "Informado sin sentencia"<sup>23</sup>
- En estado "Pendiente"
  - Solo con caudal solicitado
  - En fase de evaluación administrativa (evaluación en la DGA)

<sup>22</sup> Al respecto, la DGA ha expresado que se está haciendo cargo de esta situación y de otras relativas a la modernización de su sistema vinculado a la administración del CPA, esperando materializar mejoras en los próximos años.

<sup>23</sup> Hay también solicitudes de regularización cuyas sentencias han sido informadas, en cuyo caso, el expediente pasa además a ser parte de los DAA otorgados.

Es importante señalar que el estado “Aprobado” no significa que sea una solicitud ante la cual la DGA se ha pronunciado necesariamente de forma favorable, sino que solamente significa que ha pasado los procedimientos ligados a la fase administrativa y han sido remitidos al juez para que éste resuelva.

Además de estas solicitudes, en el “sistema CPA” es posible también reconocer solicitudes de nuevos DAA, los cuales no serán considerados en la estimación de Demanda AAC ni OJ, por tratarse de extracciones potenciales, que no deberían ser efectivas en la actualidad. No obstante, en un escenario de disponibilidad de OJ que se fuese a considerar la solicitud de DAA para un proyecto de trasvase, se debe tener presente que existe un orden de prelación en la evaluación de solicitudes de nuevos DAA.

El RPDAA contempla una gran cantidad de campos de información, algunos de los cuales no siempre están completos, o debidamente registrados. De este modo, algunos campos claves en el contexto de este estudio (subsubcuencas, ubicación geográfica de puntos de captación y restitución, fuente de extracción del recurso) no están para todos los registros. Usualmente la DGA tiende a hacerse cargo de estos desajustes en sus datos, a través de ajustes regionales en los análisis de disponibilidad de agua en el marco de la resolución de solicitudes de DAA, o a través de otros análisis realizados a nivel central para mejorar, por ejemplo, la calidad de los datos en materia de coordenadas de DAA no consuntivos, pero no necesariamente estos ajustes se ven reflejados en el RPDAA que se encuentra disponible para descarga desde el sitio web de la DGA. Por ello, la entrega de datos por los agentes de expedientes permitió hacer mejoras a los datos del RPDAA que se utilizaron para la estimación de la Demanda AAC y posteriormente de la OJ.

## ***ii) Análisis de datos complementarios y validación de información del CPA***

Además de la información de DAA consignada en el RPDAA, por los aspectos antes expuestos, se hizo necesario buscar otras fuentes de información que complementaran la existente, considerando los alcances de un estudio de este tipo.

Estas fuentes incluyeron estudios ya realizados sobre esta materia, con indagaciones a nivel de CBR y catastros de usuarios asociados a los territorios bajo estudio. También se incluyeron los documentos solicitados desde las bases, a excepción de aquellos que correspondían a territorios no involucrados con la OJ –sino que con la demanda- y de aquellos que finalmente quedaron excluidos por corresponder a las cuencas no seleccionadas en la fase inicial de este estudio.

Finalmente, también se recabó información desde las distintas direcciones regionales de la DGA y se obtuvieron aclaraciones de parte de los agentes de expedientes, respecto a diversos temas detallados más adelante.

### ***1) Revisión de estudios***

Se revisaron una serie de estudios que permitieran recopilar información sobre DAA y caudales en las cuencas estudiadas. Este procedimiento no permitió integrar esta información a la existente en el RPDAA, por el riesgo de caer en potenciales duplicaciones de caudales, debido al nivel de actualización de la información; pues cada documento representó una imagen del momento no pudiendo dar cuenta del dinamismo de los DAA en términos de su titularidad por ejemplo, cuestión que si bien no era relevante en términos de afectar el caudal total comprometido en una unidad territorial determinada, sí lo era para fines de reconocimiento, seguimiento y cuantificación de dicho DAA.

No obstante, esta información fue relevante para realizar los encuentros con representantes de las OU consultadas, a partir de lo cual se pudo confirmar o corregir la información que se tenía por la vía de los

estudios existentes. Los estudios se concentraron principalmente en catastros de usuarios y otros más generales, considerándose aquellos en el nivel de mayor actualización posible.

Estos estudios, en específico, permitieron previamente obtener información relativa a las OU de las cuencas estudiadas, tanto el número de las organizadas legalmente como aquellas de hecho<sup>24</sup>, sus datos de equivalencia entre acciones y caudales en los casos en que hubiera tal información, número de usuarios, canales y bocatomas con su ubicación, entre otros.

Los documentos consultados se señalan a continuación y parte de la información sistematizada a partir de estas fuentes se puede apreciar en el apéndice digital “2. Resumen datos.xlsx”).

- Catastros de Usuarios:
  - Catastro General de Usuarios. Área de Riego Complejo Colbún Machicura. río Maule - Ribera Sur (DGA, 1982)
  - Estudios de determinación de los usuarios y títulos de derechos de agua en el agua en el área de riego del complejo Colbún-Machicura 2da. Etapa. VII región (DGA, 1983).
  - Catastro de Usuarios de Aguas del río Claro Tributario del Maule y sus afluentes. VII Región (DGA, 1984).
  - Catastro de usuarios de aguas del Sistema Melado-Achibueno-Putagán VII Región Informe Final (DGA, 1985c).
  - Catastro de usuarios de aguas de los esteros afluentes al río Lircay aguas arriba del Canal Maule Norte Alto. VII Región (DGA, 1985a).
  - Catastro de usuarios de aguas del río Longaví y sus afluentes VII Región (DGA, 1985b).
  - Catastro de usuarios de aguas de los ríos Itata y Diguillín, VIII Región (DGA, 1986).
  - Catastro de usuarios de aguas de la subcuenca del río Laja VIII Región (DGA, 1988).
  - Catastro General de usuarios de aguas de la ribera derecha de la cuenca del río Biobío y sus afluentes. Informe Final (DGA, 1989).
- Otros estudios:
  - Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios (DGA, 2018b)
  - Estudio diagnóstico para el fortalecimiento de Juntas de Vigilancia Zona Sur (CNR, 2015b).
  - Diagnóstico para realizar Plan de Riego en Cuenca del Biobío (CNR, 2017b).
  - Actualización Informe de Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de la cuenca del río Maule. Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DGA, 2016b).
  - Estudio básico diagnóstico para desarrollar plan de riego cuenca del Maule (CNR, 2017a).
  - Estudio de Prefactibilidad “Construcción Sistema de Riego Embalse Longaví”, Región del Maule (CNR, 2015a).
  - Programa transferencia para la constitución de Juntas de Vigilancia zona sur (CNR, 2013d).
  - Catastro e Inspección Preliminar de Embalses Ubicados en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Maule y de la Araucanía (DGA, 2011).
  - Estudio de Perfil "Mejoramiento del Riego en río Achibueno, Región del Maule" (CNR, 2011)
  - Levantamiento y Catastro de Bocatomas de Cauces Naturales, II Etapa (DGA, 2000).

---

<sup>24</sup> Una OU de hecho corresponde a aquella no organizada legalmente, es decir, que no ha sido formalizada en base a los requisitos estipulados por la ley (Título III del Código de Aguas) –aunque puede estar en proceso de hacerlo- y que aún no se encuentra organizada, entendido esto como estar registrado ante la DGA. Sin embargo, sí se encuentra operativa para efectos de la administración de las aguas de sus usuarios.

Otras fuentes consultadas previo o posteriormente al encuentro con los representantes de las OU, fueron algunos documentos o información *on line* de las propias páginas web de estas organizaciones.

- Memoria anual 2016-2017, Junta de Vigilancia río Maule (Junta de Vigilancia del río Maule, 2017).
- Memoria anual 2016-2017, Junta de Vigilancia río Longaví (Junta de Vigilancia del río Longaví, 2017)
- Sitio web Junta de Vigilancia río Maule (<http://www.jvriomaule.cl/>)
- Sitio web Junta de Vigilancia del río Longaví (<http://www.juntariolongavi.cl/>)
- Sitio web Asociación de Canalistas del Canal Laja (<http://www.canalistasdellaja.cl/>)
- Sitio web Asociación de Canalistas del Canal Biobío Negrete (<https://www.Biobionegrete.cl/>)
- Sitio web Asociación de Canalistas del Canal Biobío Sur (<http://www.canalistasBiobiosur.cl>)
- Sitio web Asociación de Canalistas del Canal Melado (<http://canalmelado.cl/>).

## 2) Entrevistas a agentes de expedientes

Como parte de un proceso de consulta y validación de la información asociada a la Demanda AAC se realizaron una serie de entrevistas a los agentes de expedientes de las direcciones regionales de la DGA, de las regiones involucradas en el estudio (Tabla I.2).

**Tabla I.2. Agentes de expedientes entrevistados**

Región	Agente de Expedientes	Fecha de encuentro
Región del Maule	Susan Valenzuela	25 de abril 2018
Región del Biobío	Aracely Ulloa	26 de abril 2018
Región de la Araucanía	Eduardo Fuentes	19 de abril 2018
Región de Los Ríos	Roberto Liewald	11 de mayo 2018
Región de Los Lagos	Ana María Vargas	10 de mayo 2018

Fuente: Elaboración propia

Para su consecución, se procedió a contactar a los agentes de expedientes vía correo electrónico y teléfono, con el fin de explicar brevemente el estudio y concertar un encuentro en sus dependencias. Luego en dichas instancias se aplicó una pauta de consultas que abordó los siguientes temas:

- 1) Validar información relacionada a caudales levantada previamente del Catastro Público de Aguas en línea.
- 2) Obtener información complementaria no disponible en línea relativa a caudales.
- 3) Conocer criterios para aprobar solicitudes y caudales en las cuencas mencionadas, junto con conocer la realidad de las solicitudes actualmente pendientes y denegadas,
- 4) Conocer las reglas generales que han aplicado en relación al caudal ecológico relacionada a los DAA de las cuencas y
- 5) Aproximarse a derechos que pueden no estar registrados en el RPDA, pero sí pueden estar en uso o inscritos en el CBR respectivo (derechos regularizables).

Las entrevistas se realizaron con apoyo de grabaciones de audio previamente autorizadas y de exclusivo uso interno, y el uso de cartografía impresa o digital (SIG) para apoyar las consultas con información georreferenciada. El detalle de las preguntas realizadas se encuentra en el apéndice XVIII.4. Resultados de simulaciones en estaciones cercanas a desembocaduras.

### iii) Entrevistas a representantes de OU (Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas)

Como parte del proceso de levantamiento de información complementaria y validación a su vez de los caudales estimados a partir del CPA e identificados en otras fuentes, se procedió a entrevistar a los representantes de las Juntas de Vigilancia (JV) existentes en las cuencas a estudiar, los cuales de acuerdo al estudio "Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios" (DGA, 2018b), solo se circunscribían a la cuenca del río Maule, reconociéndose 5 organizaciones de este tipo. Además, se definió aumentar la cobertura de OU consultadas considerando que también hay JV en proceso de formalización pero que ya funcionan como organización "de hecho" (DH) y que especialmente en la cuenca del río Biobío hay Asociaciones de Canalistas (AC) importantes en términos de capacidad de gestión y caudales administrados, por lo cual se les incluyó, priorizando aquellas que tenían un mayor caudal bajo su administración, o a las que, de acuerdo a las propias OU, se recomendaba considerar (como ocurrió con la AC Duqueco Cuel). De este modo, se incluyeron un total de 16 OU: 12 formalizadas y 4 de hecho, 9 JV y 7 AC, habiendo sólo una organización fuera de las cuencas antes señaladas, que pertenece a la cuenca del río Imperial (Tabla I.3).

Tabla I.3. Organizaciones de usuarios consultadas

Cuenca	Nº	OU	Representante	Cargo	Fecha de encuentro
Río Maule	1	JV Río Maule	Felipe Olivares	Asesor Técnico	8 de mayo 2018
			Jimena Latrach	Asesor Comunicacional	
			Cristian Beas	Repartidor de Aguas	
	2	JV Río Lircay	Claudio Letelier	Gerente	8 de mayo 2018
	3	JV Río Longaví	Lisandro Farías	Gerente	9 de mayo 2018
	4	JV Río Achibueno	Said Nome	Presidente	9 de mayo 2018
	5	JV Río Ancoa*	Rosa Alarcón	Secretaria Directorio	N/A
6	JV DH Río Claro	Diego Castro	Gerente	8 de mayo 2018	
7	AC Embalse Digua	Jorge Quezada	Gerente Técnico	9 de mayo 2018	
Río Biobío	8	JV DH Río Renaico	Cristian Cid	Administrador	20 de abril 2018
	9	JV DH Río Malleco <sup>25</sup>	María Riquelme	Presidenta	19 de abril 2018
			Rosa Arriagada	Sec. Administrativa	
	10	AC Canal Biobío Norte	Rodrigo Romero**	Gerente	16 de mayo 2018
	11	AC Canal Biobío Sur	Claudio Rojas	Administrador	26 de abril 2018
	12	AC Canal Biobío Negrete	Juan Enrique Vallejos	Administrador	20 de abril 2018
	13	AC Canal Laja	Héctor Sanhueza	Gerente	16 de mayo 2018
14	AC Canal Zañartu <sup>26</sup>	Patricio Sabag	Presidente	17 de mayo 2018	
15	AC Canal Duqueco-Cuel*	Guillermo Novoa	Gerente	12 de julio 2018	
Río Imperial	16	JV DH Río Cautín	Rodrigo Camelio	Presidente	19 de abril 2018
			Carol Lerdón	Sec. Administrativa	

\* Entrevistas realizadas telefónicamente o por correo electrónico por temas de agenda de los informantes y tiempo disponible.  
 \*\* El entrevistado pudo dar también antecedentes de la Comunidad de Aguas del Canal Coreo y de la AC Quillaileo Mininco pues también es su administrador.

Fuente: Elaboración propia

Las entrevistas se concertaron previo contacto telefónico y/o por correo electrónico, a través de los que se presentó brevemente el objetivo de la solicitud de encuentro y el contexto del estudio. Además, se hizo llegar una carta de presentación del estudio, suscrita por la contraparte y el equipo consultor de modo de dar más formalidad a la información entregada y favorecer la confianza con los consultados en cuanto a

<sup>25</sup> Asistieron además tres regantes de la organización

<sup>26</sup> Asistieron además cerca de 10 miembros más de la organización

transparentar los objetivos del estudio y la consulta por vía formal (ver cartas en apéndice XVIII.6. Cartas de presentación del estudio).

Previo a la aplicación de la entrevista, en los encuentros con los representantes de estas OU se incluyó:

- 1) Una introducción al estudio, presentándolo como punto de partida (ver apéndice digital “1. Presentación Estudio.pdf”) que permitiera aclarar dudas de los entrevistados.
- 2) Aplicación de la entrevista que contempló:
  - i. Preguntas vinculadas a la validación de la Demanda AAC vía RPDA y la incorporación de datos sobre sus DAA y caudales administrados, estén o no respaldados por DAA ya otorgados.
  - ii. Preguntas para reconocer aspectos relevantes en el contexto de bases de acuerdo entre privados para potenciales transacciones y
  - iii. Preguntas para recoger la visión de las OU respecto a estas iniciativas y sus implicancias territoriales.

El detalle de la entrevista aplicada se presenta en el apéndice XVIII.7 Pauta de entrevista representantes Organizaciones de Usuarios.

En algunos de estos encuentros se logró recopilar documentos que respaldan los caudales que las OU señalaron como parte de su administración. La Tabla I.4 señala los antecedentes recabados en cada caso.

**Tabla I.4. Antecedentes recopilados de los encuentros con OU<sup>27</sup>**

Cuenca	OU	Documento	Información asociada
Río Maule	JV Río Maule	Modificación de estatutos	Usuarios y sus acciones asociadas
		Memoria anual Junta	Usuarios y sus acciones asociadas, equivalencia y caudal total.
	JV Río Lircay	Unifilar	Acciones, equivalencia y caudales distribuidos
		Copia sentencia judicial	Acciones, equivalencia, canales y acciones asociadas
	JV Río Longaví	Memoria anual	Usuarios y acciones asociadas, unifilar, equivalencia y caudal total
	JV Río Achibueno	Diagrama unifilar	Canales
	JV DH Río Claro	Copia inscripción OU	Usuarios y sus acciones/caudales asociados
		Listado de usuarios	Acciones y superficie regada aproximada
AC Embalse Digua	Diagrama Unifilar	Canales y sus acciones asociadas	
	Resolución constitución DAA usuarios embalse Digua	Usuarios y acciones asociadas	
Río Biobío	JV DH Río Renaico	Copia Estudio CNR <sup>28</sup>	Estatutos, rol de regantes, canales y caudales asociados
	JV DH Río Malleco	Copia Estudio CNR del río <sup>29</sup>	Canales y caudales asociados
Río Imperial	JV DH Río Cautín	Listado de Usuarios	Usuarios y caudales asociados
		Copia inscripción OU	Usuarios y caudales asociados
		Inscripciones de algunos derechos	Respaldo de algunos caudales
		Diagrama unifilar	Distribución de caudales

Fuente: Elaboración propia

<sup>27</sup> Además, se contó con documentación de la AC del río Allipén, facilitada en la entrevista en la DGA de la Región de la Araucanía por su agente de expedientes: copias de los decretos de reserva del canal generados por el Departamento de Riego (1935 y 1940).

<sup>28</sup> Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Renaico, regiones del Biobío y La Araucanía. Informe Final y Anexo 8, Constitución Junta de Vigilancia (CNR, 2013b)

<sup>29</sup> Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Malleco y sus afluentes, Región de la Araucanía. Informe Final. (CNR, 2013a)

Tanto estos antecedentes como las informaciones obtenidas a partir de las entrevistas respecto a caudales administrados, derechos y equivalencias, fueron ponderados conjuntamente con la información secundaria sistematizada, para seleccionar finalmente los datos que se incluyeron en la estimación de la Demanda AAC.

### **I.3.B. Estimación de caudales correspondientes derechos otorgados y a extracciones con respaldo legal por Unidad de Análisis**

La estimación de los caudales asociados a los DAA se realizó con el apoyo de SIG y bases de datos, por lo cual en los respectivos apartados se detallan los procedimientos operacionales que conllevaron a la cuantificación de los caudales. No obstante, a continuación, se señalan de forma general los pasos llevados a cabo para estimar los caudales mensuales comprometidos para las distintas UA, considerando como fuente de datos el RPDA, los derechos en proceso de regularización y los caudales susceptibles de ser regularizados.

En el caso de los caudales susceptibles de regularizar informados por las OU y con la finalidad de integrarlos a la Demanda AAC (caudales de ajuste) y evitar duplicaciones de caudal, se realizó un ejercicio de comparación de caudales por SSC del BNA (unidades espaciales más pequeñas que una UA) desde distintas fuentes de información (RPDA, DAA en proceso de regularización y caudal administrado por las OU).

Así, la Demanda AAC, además de los DAA otorgados, los DAA en proceso de regularización, caudal ecológico y caudales de reserva incorporó un caudal de ajuste que resultó de la diferencia entre lo que administra la OU por SSC y lo que ya estaría registrado en el RPDA o que estuviere en proceso de regularización (caudal susceptible a ser regularizado).

#### ***i) Análisis de datos y correcciones de DAA otorgados y DAA en proceso de regularización***

Para un correcto análisis de los DAA otorgados registrados en el RPDA, se analizó la calidad y consistencia de los datos, en base a información provista por la DGA y aquella disponible en su sitio web institucional, para lo cual se procedió a:

- 1) Completar coordenadas geográficas de registros de DAA otorgados de grandes caudales<sup>30</sup> sin información. Para esto se utilizaron como fuentes de datos una planilla facilitada por la DGA elaborada a nivel central, fruto del trabajo de asignar y corregir coordenadas a puntos de captación y restitución de los registros del RPDA originales relacionado a DAA no consuntivos; e informaciones de los DAA obtenidas a nivel regional con datos corregidos o completados (en el caso de las regiones de Biobío y Los Ríos). Para identificar un mismo DAA en los distintos registros consultados, se utilizaron principalmente los datos asociados a: la resolución de la DGA de constitución del DAA, el código de expediente, el nombre del titular y las características esenciales del DAA. Cabe destacar que sólo se completaron coordenadas de DAA no consuntivos, para el caso de los DAA consuntivos no se obtuvo información adicional de estas fuentes de datos.
- 2) Corregir registros con datos de caudales fuera del rango típico de datos. Para identificar estos caudales atípicos, se identificaron todos los DAA con caudales medios mensuales más extremos, tanto los menores al caudal medio anual menos dos desviaciones estándar, como los mayores al

---

<sup>30</sup> Se consideraron como altos caudales aquellos DAA consuntivos con caudal mayores a 500 L/s y mayores a 5.000 L/s en el caso de DAA No Consuntivos.



caudal medio anual más dos desviaciones estándar. Este procedimiento se realizó mes a mes y en los casos de mayor duda, se revisaron los expedientes digitalizados disponibles en el sitio web institucional de la DGA<sup>31</sup> con lo cual se corrigieron algunos de ellos (ver punto II.2.A DAA otorgados en base a RPDAA y DAA en procesos de regularización). En dichos expedientes se presentan una serie de documentos asociados a toda la historia de tramitación del derecho, desde su solicitud hasta su resolución final, por lo que fue posible analizar también el informe técnico que dio paso a la resolución de constitución del derecho.

3) Analizar los posibles registros duplicados y eliminar aquellos más susceptibles de corresponder a un error registral. Para ello, inicialmente se seleccionaron aquellos registros con iguales valores de fuente, tipo de derecho, ejercicio y distribución mensual de caudales y que tuviesen un caudal promedio anual mayor a 500 L/s. De esta muestra:

- Se identificaron duplicados con todos los campos iguales y con la misma resolución de constitución, en cuyos casos solo se dejó un registro.
- Además, se identificaron registros de potenciales duplicados en relación con traslados del punto de captación y/o restitución, siendo característica la presencia de dos derechos duplicados, uno con un código de expediente relacionado a un nuevo derecho (ND) y otro relacionado a un traslado (VT), siendo eliminado el derecho relacionado al expediente ND. También se identificaron derechos con titulares distintos, los que se asociaron solo a cambios de titulares, siendo eliminado también el más antiguo.
- Por último, se identificaron una serie de derechos relacionado a tres titulares, derechos que probablemente formaron parte de una serie de transferencias de mercado, en cuyos casos se mantuvo solo el derecho más actual.

Se buscó contrastar, en la mayoría de los casos, los datos de estos registros con la información existente en los expedientes digitalizados disponibles, para poder corroborar si eran errores de duplicación o no.

4) Transformar los DAA con caudal expresado en acciones a litros por segundo<sup>32</sup>, a partir de otros estudios o de información entregada por las OU consultadas, pudiendo asignar esta equivalencia a los DAA que se encontraban en el área de influencia de la OU. En aquellos casos en que no se logró obtener una equivalencia particular, se asumió como supuesto una equivalencia de 1:1 (1 acción = 1 L/s).

En el caso de los DAA en proceso de regularización también se analizó la calidad y consistencia de los datos, en un proceso similar al empleado para los DAA otorgados, con la excepción de que los caudales obtenidos correspondían a caudales medio anuales, viniendo todos en unidad de litros por segundo. Así, se revisaron todos los caudales mayores a 1000 L/s –valor de corte de acuerdo con la recomendación de la DGA– que pudieran estar errados o duplicados. A diferencia de los DAA otorgados, para estos datos no se contaba con información que permitiera realizar correcciones a los datos existentes.

<sup>31</sup> Para buscar un expediente digitalizado, se ingresó el código de expediente de un DAA, el que es único (un ejemplo de expediente sería ND-0703-392). No todos los expedientes están digitalizados, por lo que este procedimiento se realizó solo en los casos que estuviera disponible. Sitio web disponible en: <http://ciudadano.dga.cl/Paginas/Home.aspx>.

<sup>32</sup> Esto solo ocurre con DAA otorgados, pues los DAA en proceso de evaluación (vía 2º transitorio) se encuentran en L/s.

## ii) Estimación de caudal de DAA provenientes de RPDAAs

Una vez corregidos estos datos se realizaron las asignaciones de DAA y sus caudales asociados, a las UA a través de la relación de ambas con las SSC del BNA<sup>33</sup>, dado que la mayoría de los registros contienen información de esta variable. En los casos en que no existía información de la SSC del BNA, se procedió a ubicar los DAA de acuerdo con las coordenadas de este. El mismo procedimiento se siguió cuando las SSC del BNA no estaban completamente contenidas en la UA, dado que las SSC son unidades de menor tamaño, en relación con las UA. Por último, en los casos en que no se contaba con las coordenadas, pero sí estaba disponible la información de la cuenca, se procedió a asignar caudal de dichos DAA a las UA de desembocadura (más detalles ver el apéndice XVIII.12.B. Poblamiento base de datos).

De este modo, tanto el caudal ecológico como las reservas de caudal y los DAA –otorgados y en proceso de regularización- quedaron asignados a sus respectivas UA para su estimación de Demanda AAC y OJ diferenciando entre DAA permanentes –considerando una probabilidad de excedencia del 85%- y los eventuales –que se incorporan para las probabilidades de excedencia del 50% y 10%. Los procedimientos asociados a estas actividades se detallan el mismo apéndice ya citado (XVIII.12) correspondiente a los cálculos de la OJ y Demanda AAC a nivel de base de datos.

## iii) Estimación de datos provenientes de OU

En el caso de la información de DAA proveniente de las OU, tanto aquella obtenida directamente de las OU (señalado en la Tabla I.4) como la obtenida de fuentes secundarias (estudios y documentos de las OU señalados en 1) Revisión de estudios, y del RPOU), en general, más que registros de DAA individualizados se obtuvieron listados de usuarios o registros de comuneros<sup>34</sup>, e información general respecto al caudal administrado por la OU, sus bocatomas, y sistemas de distribución asociados, a través de diagramas unifilares.

Las OU que finalmente se seleccionaron para realizar la integración de sus caudales con el RPDAAs fueron:

- |   |  |
|---|--|
| 1) JV Río Maule                           | 13) JV DH Río Malleco y sus afluentes  |
| 2) JV Río Lircay                          | 14) AC Canal Biobío Norte              |
| 3) JV Río Longaví                         | 15) AC Canal Biobío Sur                |
| 4) JV Río Achibueno (Primera Sección)     | 16) AC Canal Biobío Negrete            |
| 5) JV Río Ancoa y sus afluentes           | 17) AC Canal Laja                      |
| 6) JV DH Río Claro (Segunda Sección)      | 18) AC Canal Zañartu                   |
| 7) AC Embalse Digua                       | 19) AC Canal Duqueco Cuel              |
| 8) JV DH Río Perquillauquén               | 20) AC Quillaileo y del Mininco        |
| 9) JV DH río Putagán                      | 21) Comunidad de Aguas del Canal Coreo |
| 10) JV DH Río Achibueno (Segunda Sección) | 22) JV DH Río Cautín                   |
| 11) AC Canal Melado                       | 23) Canal Allipén                      |
| 12) JV DH Río Renaico y sus afluentes     |  |

<sup>33</sup> La asignación espacial se basó en la SSC porque se consideró el criterio más robusto, en cuanto a que éstas son asignadas por procedimientos técnicos llevados por la DGA, mientras que las coordenadas son un dato menos confiable por sus características, puesto que pueden presentar errores por digitación, o estar mal identificadas desde el momento en que se realizó la solicitud del DAA (aunque la DGA ha realizado un esfuerzo por ir mejorando esta condición, aún hay numerosos datos con este problema).

<sup>34</sup> Esto listados dan cuenta en general de otras OU (CA o AC incluso, en el caso de JV) más que titulares de DAA individualizados y con sus DAA debidamente identificados.

Estas OU corresponden a las 16 ya indicadas anteriormente –14 de las cuales lograron ser entrevistadas– más 7 OU incluidas dada la información disponible –tanto secundaria proveniente de los estudios revisados, como información adicional provista por los entrevistados– que permitió robustecer el análisis.

Para poder relacionar la información proveniente de estas OU con la proveniente del RPDAA y los DAA en proceso de regularización (señaladas a estas dos conjuntamente como DAA DGA), se hizo necesario reconocer la expresión espacial de estos caudales. Como se contaba con información de los canales y los caudales que a través de ellos se distribuyen, se consideró la cobertura espacial de canales proveniente de la Comisión Nacional de Riego (CNR), donde se identificaron los canales administrados por la OU, junto con la fuente natural desde donde extrae/entrega agua (bocatomas), vinculándose dichos canales a la SSC del BNA y posteriormente a la UA a la cual pertenecen. De este modo, se pudieron sumar los caudales de los canales asociados a las SSC del BNA, y relacionarlos luego con su respectiva UA.

La suma de caudales se realizó a nivel de SSC del BNA y no a nivel de UA dado que las SSC del BNA (individuales o agrupadas) tienden a coincidir espacialmente con el área de jurisdicción o de influencia de las OU, logrando una mejor comparación e integración de los con los datos del RPDAA.

La revisión de la información proveniente desde las OU también trajo consigo el análisis entre OU cercanas (por ejemplo, en casos donde existen trasvases de agua cercanos), que llevó a reconocer caudales potencialmente duplicados debido a la inscripción de fuentes comunes en ambas organizaciones. La identificación certera de los DAA duplicados exige un análisis en profundidad de las OU involucradas que excede los alcances de este estudio, por lo cual en este contexto se asumió como supuesto que, de involucrar un trasvase a las aguas de dos OU, se descontarían de una de ellas, aquellos caudales asociados a DAA que presentaran la misma fuente, que se encuentra sujeta a trasvase, con el fin de no duplicar el caudal en dos cauces naturales distintos<sup>35</sup>.

#### *iv) Integración datos provenientes de CPA y OU*

Una vez que se lograron georreferenciar los caudales administrados por las OU, éstos pudieron compararse con los caudales de los DAA de la DGA e integrarse en la estimación de la Demanda AAC y OJ posterior. Esto se realizó finalmente en una unidad geográfica más pequeña que la UA, a nivel de SSC (del BNA), que permitió un tratamiento más detallado de los datos.

Se habla de integrar y no solo de sumar estos caudales, debido a lo anteriormente mencionado acerca del estado de los derechos que administran las OU, los cuales pueden ser DAA otorgados o bien ser usos que se encuentran en proceso de regularización o incluso que no han iniciado dicho proceso, pero son susceptibles de ser regularizados. De este modo, las OU pueden tener parte de sus caudales expresados en DAA debidamente registrados en el RPDAA del CPA, otra puede estar en los expedientes en evaluación asociados a procesos de regularización, y otra parte de estos, solo consignados en su inscripción conjunta en el CBR o en su listado de usuarios. Es por ello, que se ha realizado un análisis que busque integrar ambas fuentes de datos de caudal que minimicen las posibilidades de sobreestimar los caudales comprometidos en una UA. De este modo, se realizó un procedimiento de integración que buscó incorporar solo el caudal susceptible de ser regularizado.

Como se mencionó, ya que los caudales de las OU no se vincularon a DAA particulares no fue posible verificar el ejercicio de estos; y ya que la distinción de si correspondían o no a DAA permanentes o eventuales

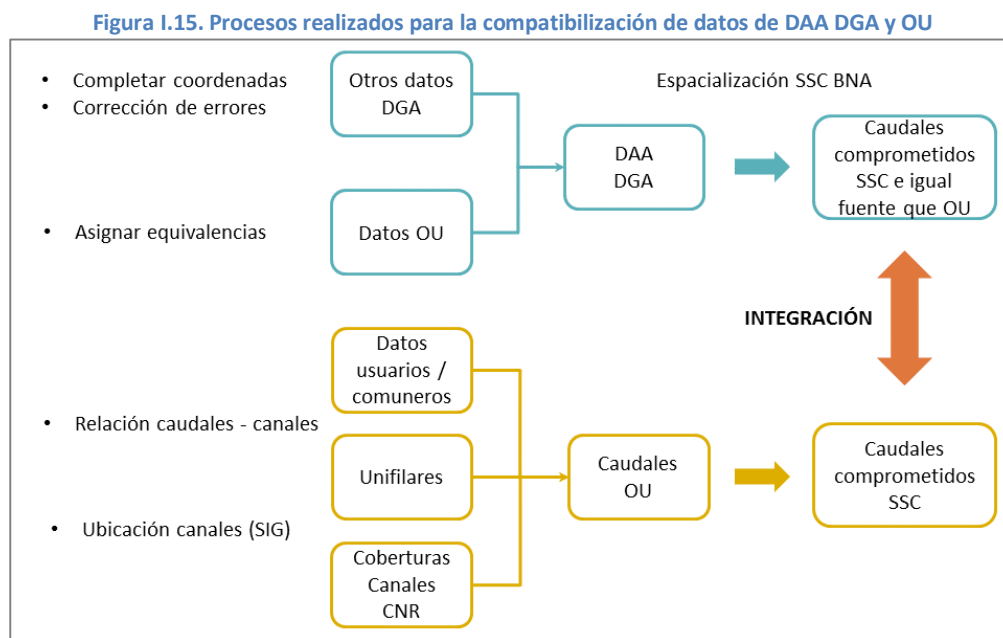
---

<sup>35</sup> Para efectuar lo descrito, se revisaron unifilares de las OU y estudios técnico-locales (principalmente, encargados por la CNR o la DGA) que explicaran la procedencia de las aguas de cada canal, de modo tal de diferenciar canales que obtuvieran agua de otro río producto de algún trasvase entre ríos.

era importante para su integración con los DAA provenientes del RPDA, se asumió que los caudales reportados por las OU tienen la característica de ser de ejercicio permanente y continuo, a menos que las OU informaran explícitamente que se trata de caudales eventuales.

Con respecto a los caudales derivados de los registros de la DGA, y para efectos de mejorar la comparación OU y DAA DGA, se obtuvo la suma de caudales de DAA cuya fuente fuera la misma en la cual la OU administra sus bocatomas o tiene su jurisdicción –de acuerdo con si es AC o JV respectivamente-.

El proceso de preparación de los datos antes expuesto se puede resumir en el siguiente esquema (Figura I.15):



Fuente: Elaboración propia

Además de esta integración basada en la distribución espacial de los derechos y caudales administrados por las OU, se identificaron aquellos DAA a nombre de la OU o de alguno de sus canales (u OU miembros) que estaban inscritos en el RPDA pero que no quedaron seleccionados por el ejercicio de integración antes señalado dado que no tenían una ubicación precisa. Estos DAA también fueron incorporados en la comparación de ambas fuentes, identificando la UA a la cual pertenecían, para efectos de estimar posteriormente un posible caudal de ajuste.

Una vez que se contó con la información de los caudales de ambas fuentes para poder estimar caudales susceptibles de ser regularizados o regularizables, se procedió a comparar los caudales vinculados a cada una de estas unidades, respetando los tipos de DAA y su ejercicio –permanente o eventual-, para lo cual se operó bajo un supuesto que tiene estas dos posibilidades:

- 1) Los caudales de los DAA –del RPDA y en proceso de regularización- localizados en las mismas SSC que la de una OU determinada (asociada a las SSC través de sus canales, como se explicó previamente), y que poseen la misma fuente que dicha OU, además de los que explícitamente pertenecen a la OU, pero se encuentran fuera de este criterio, se considerarán como contabilizados en el caudal de la OU en cuestión, a menos que,
- 2) el caudal conjunto de estos DAA sea superior al estimado para la OU en la SSC respectiva, en cuyo caso se asumiría, por el contrario, que el caudal señalado por la OU se encuentra identificado en el

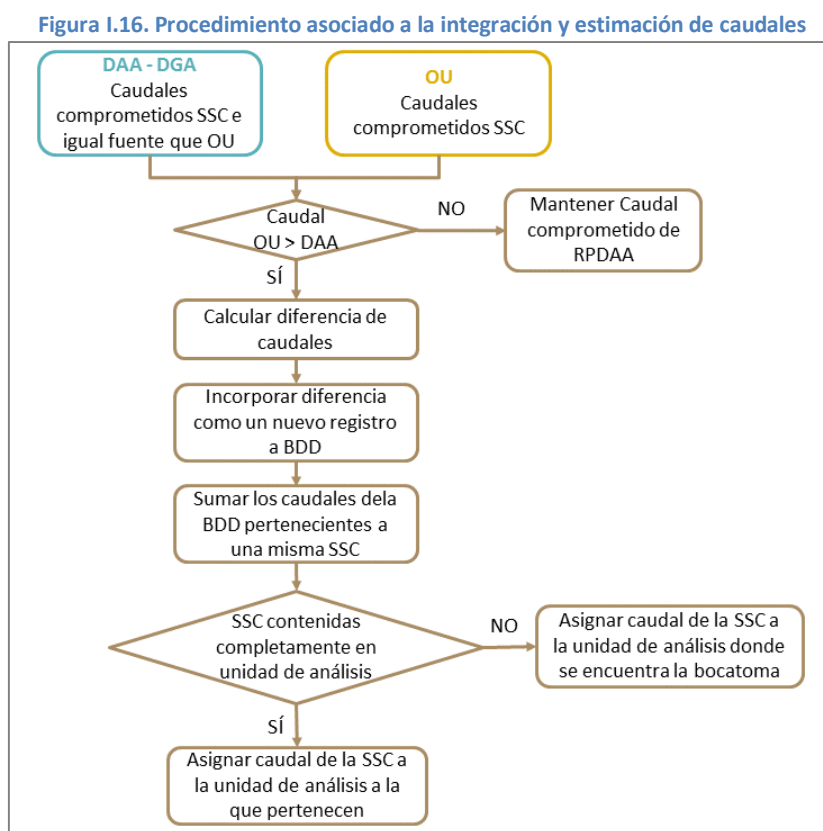
RPDAA y en los expedientes de regularización evaluados, a partir de los DAA que están en la misma SSC y fuente, y en los que explícitamente se reconocen como titulares a dichas OU o a sus canales miembros.

A partir de esta distinción se procedió en el caso 1) a incorporar en la base de datos poblada con la información de DAA otorgados y en evaluación (2º transitorio), un caudal de ajuste asociado a la diferencia existente entre el caudal obtenido de ambas fuentes y el entregado por la OU, localizado en la SSC del BNA en análisis, de modo de poder consignar el caudal señalado por la OU, pero manteniendo los registros existentes con la información de DAA (que es más completa en términos de información). En el caso 2), simplemente se seleccionó como más completo el que indicaba la estimación de DAA realizada a nivel de SSC del BNA más sus DAA identificables en el RPDAA, por lo cual no se agregó ningún nuevo registro.

Luego de aquello si aplicaba, se realizó el mismo procedimiento con los DAA consuntivos eventuales.

Finalmente, para el caso 1) se agregó un caudal de ajuste, a las UA correspondientes. Aunque algunas UA consideraron las jurisdicciones de las OU, en caso de que alguna SSC del BNA asociada a esta jurisdicción no estuviese contenida completamente en la UA, se asignaría el caudal a la UA donde se encontrase la bocatoma de la OU.

Lo anteriormente señalado se puede resumir en el siguiente esquema:



Fuente: Elaboración propia

### I.3.C. Estimación de caudal ecológico y reservas de caudal

#### i) Caudal Ecológico

El caudal ecológico mínimo corresponde a uno de los usos a considerar en el cálculo de la OJ, dado que corresponde a un caudal resguardado por ley para la “preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente” (Decreto 14/2012<sup>36</sup>).

Con la modificación del Código de Aguas de 2005 (Ley 20.017<sup>37</sup>), el caudal ecológico mínimo se estableció a cada nuevo DAA concedido. Esto queda patente en el artículo 129 bis 1, en donde se expone que “al constituir los DAA, la DGA velará por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial” (Res. DGA 3504, 2008<sup>38</sup>). Para todos estos nuevos casos el caudal ecológico queda establecido en la resolución respectiva que concede el DAA (Res. DGA 3504/2008<sup>38</sup>).

El caudal ecológico por respetar para los nuevos DAA que se constituyan se determina, en base a lo establecido en el Manual de procedimientos de la DGA (Res. DGA 3405/2008<sup>38</sup>) y al Decreto 14/2012<sup>36</sup> modificado por Decreto 71/2015<sup>39</sup>, siguiendo los criterios expuestos a continuación:

- a) Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo utilizando el criterio del 10% del caudal medio anual:

Se considerará el cincuenta por ciento (50%) del caudal con probabilidad de excedencia del noventa y cinco por ciento (95%), para cada mes, con las restricciones siguientes:

- Para aquellos meses, en los cuales el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia es menor al diez por ciento (10%) del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el diez por ciento (10%) del caudal medio anual.
- Para aquellos meses, en los cuales el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia es mayor al diez por ciento (10%) del caudal medio anual y menor al veinte por ciento (20%) del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia.
- Para aquellos meses, en los cuales el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia es mayor al veinte por ciento (20%) del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el veinte por ciento (20%) del caudal medio anual.

- b) Cauce con derechos constituidos con caudal ecológico mínimo del menor cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia:

Se considerarán los caudales asociados al cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia, para cada mes, con las restricciones siguientes:

<sup>36</sup> Decreto 14/2012. Aprueba Reglamento para la Determinación del Caudal Ecológico Mínimo. Ministerio del Medio Ambiente.

<sup>37</sup> Ley 20.017/2005. Modifica el Código de Aguas. Ministerio de Obras Públicas.

<sup>38</sup> Resolución 3504/2008. Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos – 2008. SIT N° 156. Dirección General de Aguas.

<sup>39</sup> Decreto 71/2015. Modifica Decreto N° 14, de 2012, Que Aprueba Reglamento para la Determinación del Caudal Ecológico Mínimo. Ministerio del Medio Ambiente.

- Para aquellos meses, en los cuales el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia es menor al veinte por ciento (20%) del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia.
- Para aquellos meses, en los cuales el cincuenta por ciento (50%) del caudal con noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de excedencia es mayor al veinte por ciento (20%) del caudal medio anual, el caudal ecológico mínimo será el veinte por ciento (20%) del caudal medio anual.

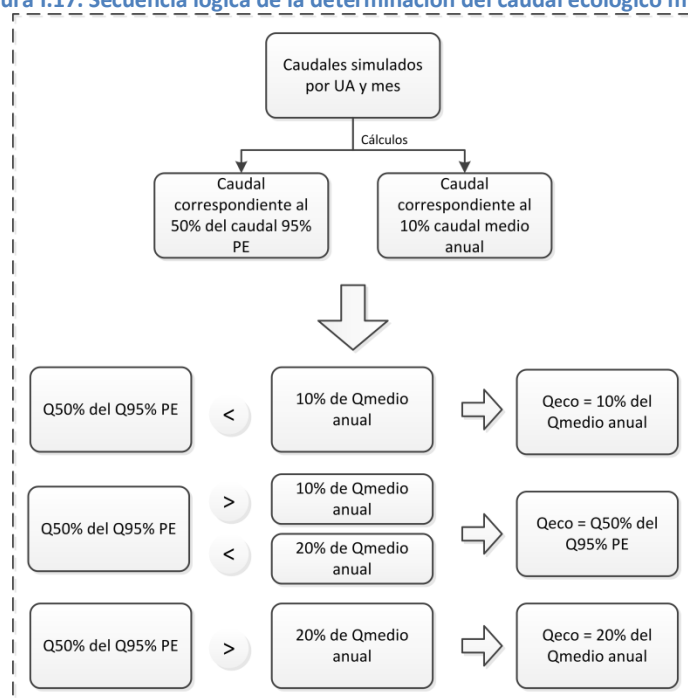
c) Cauce sin derechos constituidos o sin caudal ecológico mínimo definido:

En estos casos se aplicará el criterio establecido en la letra b) con las mismas restricciones.

El procedimiento de cálculo requiere de una revisión para cada punto donde se estimará el caudal ecológico los DAA otorgados con anterioridad para evaluar que letra de la ley utilizar. Sin embargo, para efectos del cálculo del caudal ecológico en el presente estudio, y considerando las recomendaciones de las oficinas regionales y nivel central de la DGA, más los estudios de disponibilidad de las regiones del Maule y Biobío facilitados por la DGA, se utilizó solo el criterio a) establecido en el marco normativo. Es decir, se consideró un caudal ecológico mínimo en el rango del 10% al 20% del caudal medio anual, estimado a partir de la estadística de caudales simulados para una serie de 38 años por cada UA. Además, este escenario se considera como el más conservador, pues es el que genera mayores limitaciones a la constitución de nuevos derechos.

En conclusión, y en base al criterio a) se siguió la siguiente secuencia lógica:

Figura I.17. Secuencia lógica de la determinación del caudal ecológico mínimo



Fuente: Elaboración propia

## ii) Reservas de caudal

Según el artículo 147 bis del Código de Aguas, en su inciso tercero, “Asimismo, cuando sea necesario 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, el Presidente de la República podrá, mediante decreto fundado, con informe de la Dirección General de Aguas, disponer la denegación parcial de una petición de derecho de aprovechamiento”.

La estimación de la Demanda AAC contempla aquellas figuras legales que restrinjan la disponibilidad de agua para otorgar DAA, por lo que se consideró esta figura dentro del caudal a respetar, ingresándola en la base de datos como un nuevo registro.

Se consideraron las reservas del tipo “Extractivas”, que reservaran caudales mayores a 50 L/s<sup>40</sup>, y “Ambientales”, ligadas a Circunstancias Excepcionales y de Interés Nacional, que se encontraran dentro del área de estudio. Para lo anterior, se consultaron los Decretos Exentos del Ministerio de Obras Públicas vigentes donde se “deniega en parte solicitudes de derechos de aprovechamiento no consuntivo de aguas superficiales”<sup>41</sup> y se validó dicha información con el Agente de Expedientes de la DGA. Las reservas fueron asignadas a una UA. En los casos donde no hubo claridad del punto específico de la reserva a partir de la información disponible en el Decreto asociado, se asociaron las reservas a la UA de salida de la cuenca (desembocadura).

Para las reservas del tipo Ambiental (río Cochamó y río Petrohué), fue necesario consultar el Informe Técnico N°4 “Reserva del río Petrohué para la Conservación Ambiental y el Desarrollo Local de la Cuenca” de octubre de 2009 (DGA, 2009a) y N°2 “Reserva del río Cochamó para la Conservación Ambiental y el Desarrollo Local de la Cuenca” de agosto de 2009 (DGA, 2009b), ambos de la División de Estudios y Planificación de la DGA, para obtener los caudales a reservar, pues no fue suficiente la información dispuesta en el Decreto Exento del MOP que reserva caudales y en ambos decretos se citan a los respectivos informes para establecer el caudal necesario de reservar en dichas cuencas. En la Tabla I.5 se resumen las principales características de las reservas consideradas.

Tabla I.5. Reservas de caudales consideradas

Región	Nombre	Decreto	Razón	Tipo de ejercicio	Caudal promedio anual (L/s)
Biobío	Río Queuco	N°1789 del 20-10-2009	Extractivo	Eventual	1.283
Araucanía	Río Toltén	N°462 del 06-07-2007	Extractivo	Permanente	6.378
Los Lagos	Río Bueno	N°793 del 28-05-2009	Extractivo	Permanente	862
Los Lagos	Río Pilmaiquén	N°461 del 06-07-2007	Extractivo	Permanente	2.012
Los Lagos	Río Rahue	N°665 del 16-08-2006	Extractivo	Permanente	200
Los Lagos	Río Petrohué	N°1706 del 19-10-2009	Ambiental	Eventual	1.265.758
Los Lagos	Río Cochamó	N°1519 del 22-09-2009	Ambiental	Eventual	48.258

Fuente: Elaboración propia en base a Decretos Exento del Ministerio de Obras Públicas vigentes que reservan caudales.

<sup>40</sup> Excluyendo del análisis por tanto la reserva de caudales en diversos puntos en el sector de San Juan de la Costa, pues todas estas reservas son de 50 L/s o menores.

<sup>41</sup> Disponible en: [http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/obras\\_estatales\\_y\\_reservas/Paginas/default.aspx](http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/obras_estatales_y_reservas/Paginas/default.aspx).



## I.4. Estimación de la Oferta Jurídica

Tal como se señaló, la estimación de la OJ se realizó básicamente estimando la diferencia entre la Oferta Natural y la Demanda AAC a nivel de UA, para distintas probabilidades de excedencia (delimitando derechos permanentes de los eventuales). Esta estimación debe ser entendida no como una cantidad aditiva de agua disponible para ser utilizada en un eventual proyecto, dado que, al constituir un derecho en una determinada sección de la cuenca, el balance cambia y, con ello, también el caudal disponible para otorgar derechos (OJ), siendo una situación dinámica.

El balance que integra ambos componentes para la estimación de esta OJ significó definir y calcular las siguientes variables:

- Demanda AAC interna
- Caudal intervenido
- Demanda AAC externa

Las variables relacionadas con la Demanda AAC se explican dada la dinámica del recurso hídrico, en que la estimación a nivel de UA como área geográfica particular no puede realizarse como un sistema cerrado, sino que debe contemplar su interacción “aguas arriba” y “aguas abajo”. Esto último es incorporado al distinguir una “demanda interna” donde se consideraron solo los caudales resguardados legalmente al interior de una determinada UA, de una demanda aguas abajo o “demanda externa”, la cual se vincula a los caudales resguardados legalmente aguas abajo de la UA en cuestión y que da cuenta del caudal que debe dejarse pasar desde una unidad a otra para que esta última pueda responder a sus propios requerimientos de uso con respaldo legal y la de las UA que siguen aguas abajo de ésta.

El caudal intervenido por su parte, se hace cargo de la interacción aguas arriba de la UA en análisis. Estas tres variables se explican a continuación, en el orden señalado, pues para estimar la Demanda AAC externa se requiere conocer el Caudal intervenido, y para calcular éste se requiere conocer la Demanda AAC interna.

### I.4.A. Demanda AAC interna

En términos conceptuales, la Demanda AAC Interna incluyó tanto los DAA consuntivos, como los DAA no consuntivos, considerando estos últimos cuando sus puntos de captación y restitución se encontrasen en UA diferentes. En estos casos, cuando solamente el punto de captación del derecho no consuntivo se encuentra en la unidad, se genera una demanda que no es suplida en la misma unidad, por lo que se considera como componente de a la Demanda AAC interna; y, por el contrario, se considera como un aporte el caudal de dicho DAA si sólo está en la UA el punto de restitución. Por otro lado, si el lugar de captación y restitución del caudal se encuentra en la misma UA, se asume que no existe una demanda no consuntiva, puesto que el caudal necesario para satisfacer la actividad es devuelto en otro punto dentro de la misma unidad y por ende no tiene influencia en la Demanda AAC interna.

Además de los DAA, también se consideraron en esta demanda interna (intra UA) a los caudales de reserva para el abastecimiento de la población o fines ambientales en las cuencas que se encuentran dentro del área de estudio.

La Demanda AAC Interna para la UA se estimó en base a la Ecuación I.3.

### Ecuación 1.3. Demanda AAC Interna (DCi) para una Unidad de Análisis (UA)

$$DCi_{ua} = DCC_{ua} + (DCnc_{cap} - DCnc_{res})$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- $DCi_{ua}$ : Demanda AAC interna de la UA.
- $DCC_{ua}$ : Demanda ACC consuntiva de la UA.
- $DCnc_{cap}$ : Demanda AAC no consuntiva captada en la UA y devuelta aguas debajo de la UA.
- $DCnc_{res}$ : Demanda AAC no consuntiva restituida en la UA y captada en una UA aguas arriba.

La Ecuación 1.3, en coherencia con la definición conceptual, incorpora los DAA no consuntivos, distinguiendo como demandas sus captaciones y como aportes sus restituciones. No obstante, tal como señaló en el punto XVIII.12.B. Poblamiento base de datos, los análisis realizados respaldaron el supuesto que la Demanda AAC no consuntiva es nula a nivel de cada UA, vale decir, que todos los DAA que captan en una UA restituyen también en esa misma UA. Consecuencia de lo anterior, es que la Demanda AAC interna es equivalente a la demanda consuntiva.

#### I.4.B. Caudal intervenido

El caudal intervenido de una UA corresponde al caudal que debiera pasar por su desembocadura en el caso en que se ejerciera toda la Demanda AAC –tanto DAA otorgados, como derechos regularizables- aguas arriba de dicho punto. Este valor debiera idealmente estimarse mediante simulación hidrológica, considerando las captaciones como salidas del balance. Sin embargo, dado el nivel de incerteza que se sabe contienen los datos de extracciones con relación a la precisión que requiere este tipo de modelación, se prefirió realizar una estimación basada en un modelo de cascada simple.

En este modelo, se calculan primero los caudales intervenidos de la UA de cabecera, los cuales se expresan como la diferencia entre el caudal en régimen natural de la UA y la Demanda AAC interna de la unidad. Los caudales intervenidos de las unidades aguas abajo se expresan como la suma de los aportes afluentes en régimen intervenido más los aportes que se generan en la propia unidad y restando la Demanda AAC interna de la unidad.

Cabe destacar que se debe considerar las demandas internas de la UA, puesto que corresponden a caudales solicitados por DAA vigentes para satisfacer actividades, por lo tanto, a la suma total de los caudales se le debe descontar el caudal asociado a las demandas internas. Si la cantidad de caudal de la demanda interna es mayor que la de los aportantes, se iguala al caudal ecológico, pues debe respetarse hacia aguas abajo. Esta última situación de una demanda interna (DCi) mayor a la que pueden suplir los caudales aportantes, podría ser explicada por una condición de sobreotorgamiento de DAA, puesto que la DCi se conforma por los caudales de los DAA otorgados al interior de la unidad. Finalmente, es importante recalcar que el caudal en régimen intervenido no corresponde a un caudal físico, sino que se trata de un caudal teórico, razón por la cual no necesariamente coincidirá con mediciones realizadas sobre los cuerpos de agua.

Lo explicado anteriormente se presenta en la Ecuación 1.4:

#### Ecuación I.4. Caudal intervenido para una UA ( $QI_{ua}$ )

$$QI_{ua} = \begin{cases} \left( \sum_{i=1}^n QIaf_i \right) + AI_{ua} - DCi_{ua} > 0 \therefore QI_{ua} = \left( \sum_{i=1}^n QIaf_i \right) + AI_{ua} - DCi_{ua} \\ \left( \sum_{i=1}^n QIaf_i \right) + AI_{ua} - DCi_{ua} \leq 0 \therefore QI_{ua} = Qe_{ua} \end{cases}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- $QI_{ua}$ : Caudal intervenido de la UA.
- $QIaf_i$ : Caudal intervenido de las UA afluentes.
- $AI_{ua}$ : Aporte interno de la UA en régimen natural.
- $DCi_{ua}$ : Demanda AAC interna de la UA.
- $Qe_{ef}$ : Caudal ecológico de las unidades efluentes.

A partir de la Ecuación I.4 es posible reconocer que este caudal intervenido, incorpora ya en su estimación, los componentes de Demanda AAC que se generan desde la UA hacia aguas arriba; así la Demanda AAC Interna –que ocurre en la propia UA- está incorporada en esta estimación.

#### I.4.C. Demanda AAC externa

Por su parte, la Demanda AAC Externa (extra OU) en términos conceptuales y operacionales recoge, por un lado, el caudal ecológico de la UA, como por otro, la demanda de la UA aguas abajo de la analizada dada la restricción que genera –llamada en adelante “unidad efluente”-. Las demandas de esta unidad efluente incluyen no solo el caudal vinculado a DAA consuntivos –que incluye las reservas en caso de haberlas- sino que también los DAA no consuntivos otorgados en dicha unidad (que poseen su captación allí), su caudal ecológico y la demanda externa de dicha unidad.

Aquí también se hizo la distinción de los DAA permanentes y eventuales, estimándose una Demanda AAC Externa, solo con los DAA permanentes y otra considerando ambos tipos de DAA, en este último caso, para estimar una OJ bajo una probabilidad de excedencia del 50 y 10%.

Cabe destacar que dado que existen aportes internos en régimen natural generados en la unidad efluente que se determinaron a partir de la diferencia entre los aportes (caudales afluentes) y el caudal a la salida de la unidad (caudal efluente). Estos aportes internos compensan en alguna medida la demanda externa, por lo cual son descontados en la estimación de la Demanda AAC externa, al suplir parte de las demandas internas de la unidad efluente.

#### Ecuación I.5. Demanda AAC externa (DCE) para una Unidad de Análisis (UA)

$$DCE = F \times (DCC_{ef} + DCnc_{c,ef} + DCE_{ef} - AI_{ef}) + Qe_{ua}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- DCE: Demanda AAC externa de una UA.
- F: Factor de proporción de aporte de la UA analizada.
- DCC<sub>ef</sub>: Demanda AAC consuntiva de la UA efluente.
- DCnc<sub>c,ef</sub>: Demanda AAC no consuntiva captada de la UA efluente.
- DCE<sub>ef</sub>: Demanda AAC externa de la UA efluente.
- AI<sub>ef</sub>: Aporte interno de la UA efluente en régimen natural.

- $Q_{e_{ua}}$ : Caudal ecológico de la UA analizada.

En la Ecuación I.5, el factor  $F$  representa la proporción de la Demanda AAC de la UA efluente que debe ser cubierta por la unidad que está siendo analizada. Esto ocurre porque no siempre hay aportes directos desde una UA única aportante a otra UA efluente, sino que más bien se presentan situaciones en que varias UA aportan a otra UA efluente (lo cual ha exigido reconocer las relaciones entre las distintas UA en términos de UA afluentes y efluentes). El valor de este factor  $F$  se calculó en función de la proporcionalidad del caudal en régimen intervenido que la UA analizada está aportando a la UA efluente, con relación a la suma de los caudales intervenidos de las UA que aportan a la UA efluente (Ecuación I.6)

#### Ecuación I.6. Factor de proporción de UA afluentes

$$F = \frac{QI_{ua}}{\sum_{i=1}^n (QI_i)}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- $F$ : Factor de proporción de la UA aportante analizada.
- $QI_{ua}$ : Caudal intervenido de la UA aportante analizada.
- $QI_i$ : Caudal intervenido de las UA aportantes a la UA efluente.

Estos caudales se reconocieron para cada uno de los componentes de forma mensual, distinguiendo además de la Demanda AAC interna, la Demanda AAC externa para no generar impacto en términos jurídicos aguas abajo y el caudal intervenido para no generarlos aguas arriba.

#### I.4.D. Estimación Oferta Jurídica

Finalmente, se procedió a calcular la OJ ya explicada conceptualmente al inicio de la metodología. La estimación de la OJ por UA se realizó a partir de un balance de disponibilidad, calculando la diferencia entre el caudal intervenido en la UA y la Demanda AAC externa. Es considerado de esta manera, puesto que la Demanda AAC en las UA efluentes deben ser satisfechas considerando los caudales aportantes provenientes de las UA afluentes. En el caso que esta diferencia fuera menor a 0, se asume que no existe una OJ dentro de la unidad, puesto que se presenta una mayor demanda que el caudal dentro de la unidad. Para obtener el resultado del balance, se utilizó la Ecuación I.7:

#### Ecuación I.7: Oferta Jurídica para una UA

$$OJ_{ua} = \begin{cases} QI_{ua} - DCE_{ua} > 0 \therefore OJ_{ua} = QI_{ua} - DCE_{ua} \\ QI_{ua} - DCE_{ua} \leq 0 \therefore OJ_{ua} = 0 \end{cases}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- $OJ_{ua}$ : Oferta Jurídica de la UA.
- $QI_{ua}$ : Caudal intervenido de la UA.
- $DCE_{ua}$ : Demanda AAC externa de la UA.

La definición de los puntos de entrega –detallado en el apartado XII. Nodos de Entrega- se realizó considerando las desembocaduras de las UA y de las cuencas bajo estudio. Luego, esta información fue agregada para señalar la OJ final a nivel de UA y cuenca.

## I.5. Estimación del Caudal observado no comprometido aguas abajo

Además de la OJ descrita, ha resultado de interés desarrollar en este estudio una aproximación a los caudales que estando comprometidos en la forma de DAA superficiales permanentes o eventuales en la práctica no se están ejerciendo, y están presentes en los cauces, y podrían, por lo tanto, descontando el caudal ecológico ser susceptibles de ser aprovechados en un potencial proyecto de trasvase -a partir de alguna negociación o acuerdo con sus titulares, lo cual se relaciona con el tema denominado “Recomendaciones generales para el acuerdo entre privados” a tratar en el apartado V. Es así como se incorporó la estimación de este caudal bajo una metodología a explicar a continuación.

Una aproximación posible para determinar estos caudales, sería a partir de la comparación entre los valores correspondientes a los caudales pasantes efectivamente observados en las estaciones fluviométricas ubicadas en la desembocadura de las UA, y sus respectivos valores de caudales pasantes estimados de forma teórica (análogo a los “caudales en régimen natural”), de manera tal, que en aquellas UA donde el caudal efectivamente observado fuese mayor que el caudal pasante teórico, se pudiera concluir que existe una fracción de los caudales de derechos consuntivos que no está siendo aprovechada aguas arriba.

Sin embargo, en la práctica, la disponibilidad de datos no permite realizar este análisis ya que, si bien se cuenta con observaciones de caudales pasantes para varias de las UA, no ocurre lo mismo para los caudales en régimen natural reales, pues se cuenta solo con caudales en régimen natural simulados en este estudio. Por otra parte, los caudales observados, no se pueden atribuir simplemente a un no ejercicio de DAA, sino que responden a una compleja interacción de factores territoriales, lo cual limita seriamente la posibilidad de conocer el error en la estimación y de generar resultados que sean útiles para la toma de decisiones.

Dada esta limitación -que en la práctica se traduce en que no es posible estimar con una precisión razonable los caudales potencialmente disponibles- se ha propuesto seguir una aproximación alternativa consistente en identificar caudales que no estuvieran comprometidos aguas abajo. De esta forma, se diseñó una aproximación metodológica que buscó responder parcialmente a la inquietud de si es o no posible extraer agua de una determinada UA, a pesar de que no exista OJ -o exista una OJ muy baja- para constituir DAA a utilizarse en un eventual proyecto de trasvase de agua, pero sí se estima un caudal para eventuales transacciones de agua previamente acordada con titulares de DAA.

El concepto básico detrás de esta estimación es aproximarse al caudal que podría ser objeto de negociación, a partir del porcentaje del caudal observado que resulta una vez que se deja pasar el necesario para satisfacer la Demanda AAC aguas abajo (equivalente a lo que se entiende por demanda externa de la UA), bajo distintas probabilidades de excedencia. Es importante señalar, que este caudal estimado -al que se ha llamado “Caudal observado no comprometido aguas abajo”- no representa una oferta física de agua que pueda ser considerada como disponible para la constitución de nuevos DAA, sino que como caudal que puede provenir de DAA no ejercidos aguas arriba, y que, de ser así, pudiesen ser objeto de negociación para transacción de volúmenes de agua bajo acuerdo con sus titulares. A continuación, se detallan los pasos metodológicos empleados.

### I.5.A. Análisis de la estadística fluviométrica

Como se señaló, se utilizaron los datos provenientes de las estaciones fluviométricas localizadas en el cierre de las UA bajo estudio. En total se contó con observaciones correspondientes a 32 estaciones fluviométricas ubicadas dentro de las cuencas de los ríos Maule, Biobío, Imperial, Toltén, Valdivia y Bueno. En el caso de las Cuencas Costeras entre ríos Puelo y Bueno, Cuencas entre ríos Puelo y Yelcho y Cuencas

entre ríos Yelcho y Límite Regional, no se contó con observaciones de caudal en ningún punto de cierre de sus UA respectivas, por lo que no fue posible aproximarse a CONCAA.

Con los datos de las estaciones fluviométricas, se realizó un análisis de frecuencia -solo en base a información disponible y sin completar las series datos- por mes y por estación con el fin de determinar los caudales mensuales con un 85%, 50% y 10% de probabilidad de excedencia, de modo de diferenciar entre caudales de ejercicio permanente de eventuales. En el apéndice XVIII.13 se presenta un resumen del periodo de observaciones disponibles para cada estación fluviométrica bajo análisis y la cantidad de meses sin mediciones, mientras que en el apéndice digital "4.Datos en estaciones fluviométricas" se agrega el resultado de los análisis de frecuencia para distintas probabilidades de excedencia en base a dichas observaciones.

### I.5.B. Demanda Jurídica Externa (en base a caudales observados)

Para resguardar los requerimientos aguas debajo de las estaciones analizadas, se realizó un ejercicio de estimación de Demanda Jurídica Externa, pero a diferencia de la estimada para OJ, ésta se basó en los caudales efectivamente observados con distintas probabilidades de excedencia en lugar de los caudales en régimen natural simulados. Esto se realizó pues la Demanda jurídica externa de una UA en específico depende de los aportes internos de la UA aguas abajo, por lo que, al cambiar los caudales en régimen natural por los caudales observados, los aportes internos cambian y la demanda jurídica externa también se ve modificada.

En esta estimación se consideró la misma Demanda AAC que la utilizada para efectos de obtener la OJ, puesto que es el mismo caudal que estaría comprometido legalmente bajo el escenario planteado para este estudio. Así, se obtuvieron demandas jurídicas externas mensuales por UA con control fluviométrico para distintas probabilidades de excedencia (85%, 50% y 10%).

### I.5.C. Obtención del caudal observado no comprometido aguas abajo

Finalmente, se realizó una resta simple entre el caudal observado y la demanda jurídica externa, bajo tres escenarios de probabilidad de excedencia, de modo de diferenciar el CONCAA, de ejercicio permanente y eventual. De esta forma se obtiene una aproximación al caudal que podría ser parte de una negociación de compra volumétrica de agua (Ecuación I.8).

#### Ecuación I.8. Caudal observado no comprometido aguas abajo

$$Q_{nc(pe)} = Q_{obs(pe)} - D_{e(pe)}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

- $Q_{nc(pe)}$ : Caudal observado no comprometido aguas abajo para distintas probabilidades de excedencia.
- $Q_{obs(pe)}$ : Caudal observado bajo distintas probabilidades de excedencia.
- $D_{e(pe)}$ : Demanda Jurídica externa bajo distintas probabilidades de excedencia.

Es necesario dejar en claro que no todo el CONCAA que se determine mediante esta metodología estaría siempre disponible para ser extraído aguas arriba del punto con control fluviométrico, pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales, los que pueden determinar que la estadística de caudales no sea la más adecuada para determinar el caudal disponible para negociar caudales absolutos, pero que sin embargo sería una aproximación para identificar zonas con mayor potencial de acuerdos en torno a rango de caudales. Dentro de estos factores se podrían encontrar:

- (1) La concentración de años hidrológicamente húmedos o secos durante el tiempo de medición, lo que puede repercutir en que la estadística sobreestime el caudal observado y, con ello, el caudal que estaría disponible.
- (2) El aprovechamiento parcial de DAA o de extracciones ilegales en el tiempo (dentro del año o entre años) ubicadas aguas arriba de la estación fluviométrica, lo que puede producir que la estadística fluviométrica refleje variaciones circunstanciales que resulten del régimen de extracciones no constante en el tiempo.
- (3) En la medida de que exista OJ que aún no ha sido concedida bajo la figura de un DAA, la estación también reflejará este caudal.
- (4) La regulación artificial del curso de agua monitoreado producto de la operación de un embalse o de una actividad productiva puede también repercutir en la estadística de caudales disponible.

## II. RESULTADOS GENERALES ETAPA I

### II.1. Oferta Natural

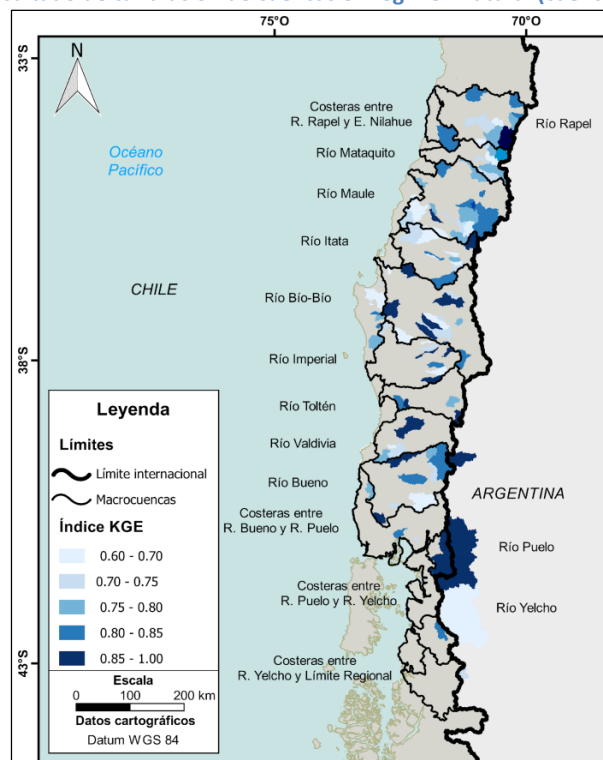
Este apartado resume los resultados generales obtenidos de la modelación hidrológica, técnicas de regionalización y estimación de errores mediante validación cruzada. El capítulo III. Resultados por cuencas presenta resultados de la estimación de la Oferta Natural, Demanda AAC y OJ por cada una de las nueve cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural (ver apéndice XVIII.1 Definición de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua).

#### II.1.A. Calibración

Los resultados de la modelación hidrológica corresponden, en primera instancia, a las calibraciones de las cuencas en régimen natural, las cuales serán posteriormente dadoras de parámetros, es decir aquellas que transferirán parámetros calibrados a cuencas con intervención antrópica o sin control fluviométrico.

Se han considerado como cuencas donadoras (o generadoras de parámetros) a aquellas con un grado de intervención<sup>42</sup> igual o inferior al 10% (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018) y cuya calibración haya alcanzado un índice KGE igual o superior a 0,6, de modo de asegurar que los parámetros obtenidos estén representando correctamente las dinámicas de las cuencas en régimen natural. De este modo, se obtienen un total de 100 cuencas que cumplen ambas condiciones simultáneamente, las cuales se muestran en la Figura II.1 junto con su valor correspondiente del índice KGE.

Figura II.1. Resultado de calibración de cuencas en régimen natural (cuencas dadoras).



Fuente: Elaboración propia.

<sup>42</sup> Se define grado intervención como la razón entre los caudales otorgados como derechos consuntivos y el caudal medio anual de la cuenca. Si este índice es inferior al 10%, se considera una cuenca en régimen natural para este estudio.

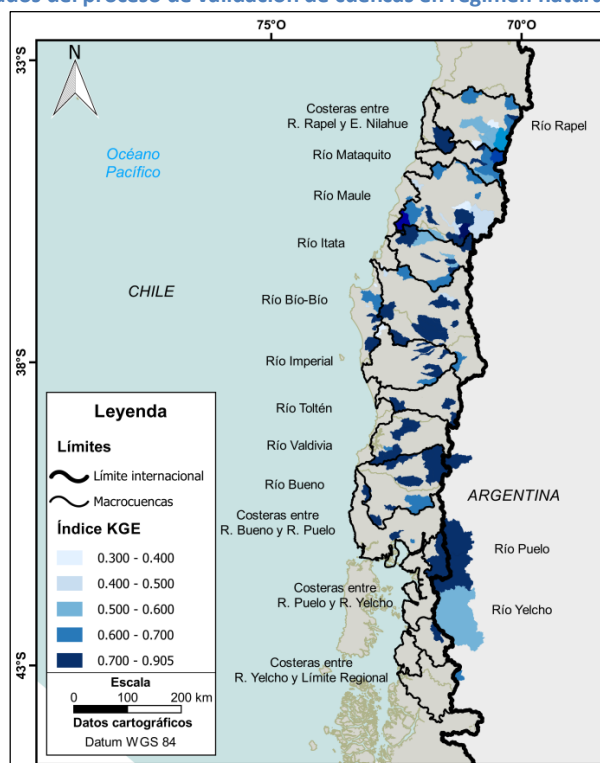


### II.1.B. Validación

Una vez calibradas las cuencas presentadas anteriormente, se debe llevar a cabo el proceso de validación, en el cual se evalúa el desempeño del modelo con los parámetros calibrados frente a nuevas observaciones. Para llevar a cabo este proceso, se ha realizado la calibración con dos terceras partes de la estadística observada, mientras que el tercio restante de observaciones se utiliza para evaluar los parámetros calibrados en el proceso de validación.

El resultado de este proceso se presenta en la Figura II.2, que muestra la eficiencia de Kling-Gupta de caudales medios mensuales para cada una de las 100 cuencas calibradas.

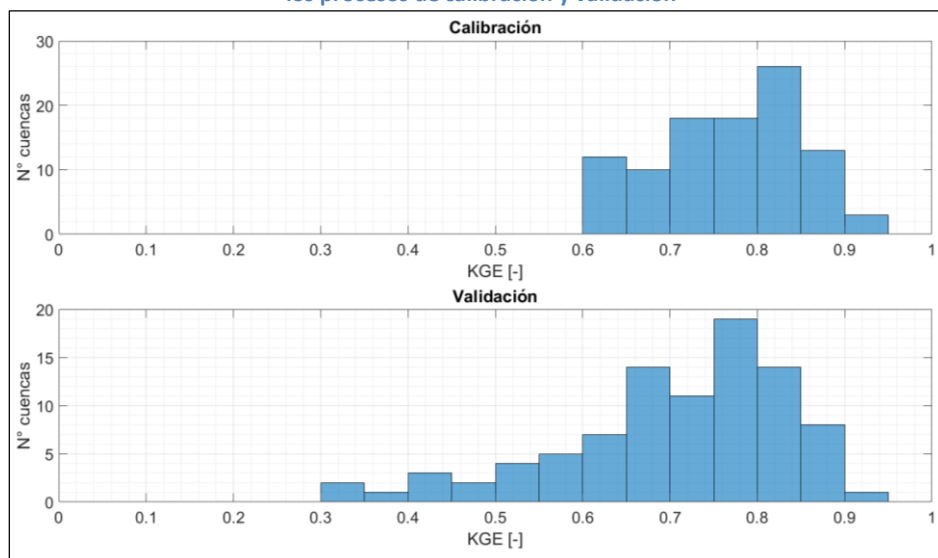
Figura II.2. Resultados del proceso de validación de cuencas en régimen natural (cuencas dadoras).



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la Figura II.3 presenta una comparación de los resultados de los procesos de calibración y validación. En ella se aprecia que la cantidad de cuencas con  $KGE > 0,6$  disminuye de 100 a 82 en calibración y validación, respectivamente. De las 18 cuencas que sobrepasaron el límite inferior de 0,6 luego de la validación, 15 se encuentran en el intervalo de  $KGE [0,4; 0,6]$  y las tres restantes en el intervalo  $[0,3; 0,4]$ , lo que representa un desempeño inferior que, en el periodo de calibración, pero de todas maneras sigue siendo satisfactorio dado el gran número de cuencas con  $KGE > 0,6$ .

Figura II.3. Histograma de comparación de eficiencias de Kling-Gupta de los caudales medios mensuales obtenidas en los procesos de calibración y validación



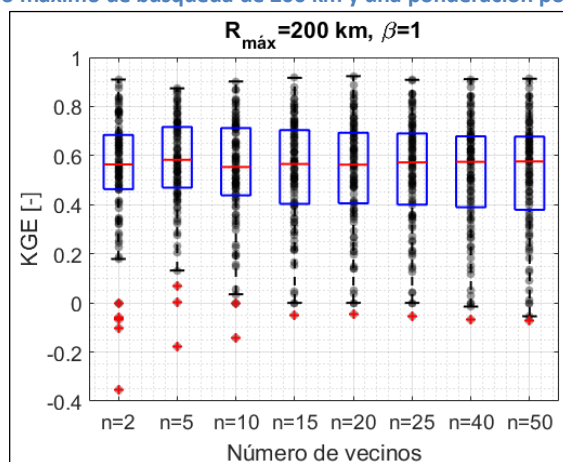
Fuente: Elaboración propia.

### II.1.C. Transferencia de parámetros

Con las cuencas calibradas presentadas en la Figura II.1, se procedió a aplicar la metodología de validación cruzada explicada en el apartado anterior, con el objetivo de determinar el criterio óptimo para transferir parámetros a las cuencas con intervención.

En primer lugar, se determinó el número óptimo de cuencas dadoras de parámetros para cada cuenca receptora, denominado número de vecinos. En la Figura II.4, se muestran los resultados de las simulaciones de la validación cruzada por criterio de proximidad, en la cual se aprecia que el mejor desempeño en cuanto a la mediana y percentiles 25% y 75% de las dispersiones se tiene para  $n = 5$  vecinos. Además, estos vecinos se alcanzan para todas las cuencas en distancias inferiores a 200 km, por lo que se considera esta distancia como el radio máximo de búsqueda.

Figura II.4. Desempeño de la validación cruzada para el criterio de proximidad, variando el número de cuencas dadoras vecinas para un radio máximo de búsqueda de 200 km y una ponderación por inverso a la distancia simple.

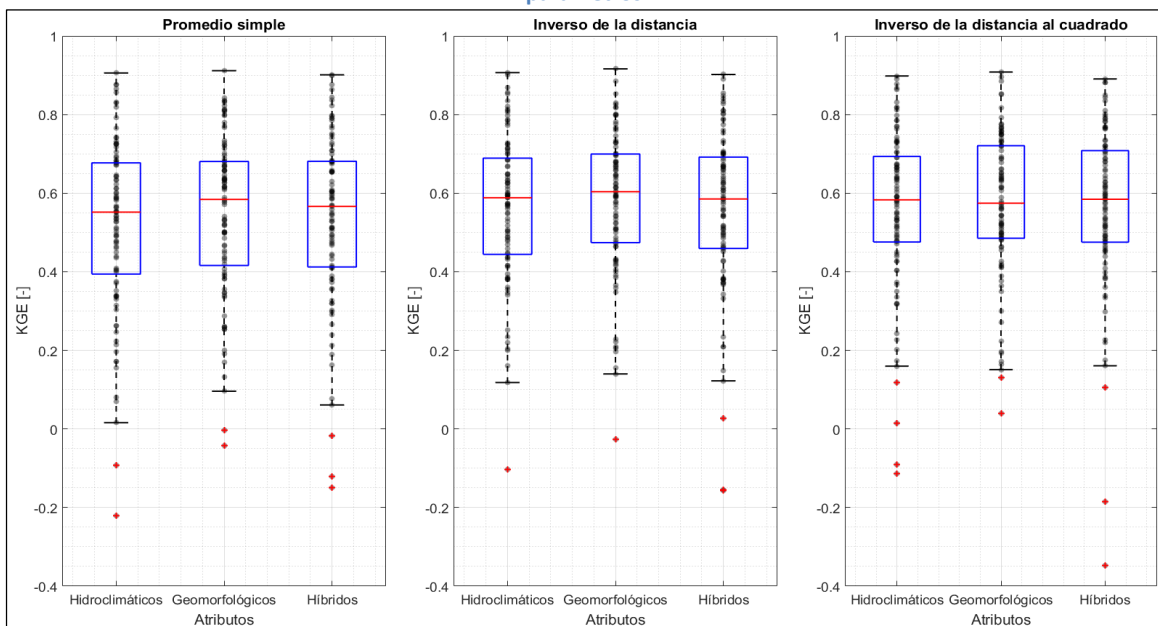


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las clasificaciones presentadas en la Figura II.4, se deben elegir aquellos atributos que presenten el mejor desempeño en la validación cruzada. La Figura II.5, muestra los resultados obtenidos de las simulaciones efectuadas con distintas clasificaciones, según los atributos presentados en la Tabla I.1, además de comparar distintas formas de promediar los parámetros según la distancia entre los centroides de las cuencas; en ella se aprecia que el mejor desempeño de las simulaciones se tiene para la clasificación según atributos geomorfológicos y promediando según el inverso de la distancia simple ( $\beta = 1$ ), considerando tanto la mediana como los percentiles 25% y 75% de las dispersiones.

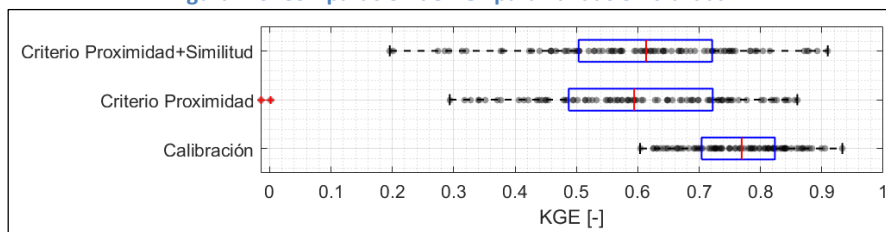
La Figura II.4 muestra la comparación de las eficiencias de Kling-Gupta obtenidas de la calibración y de modelar las mismas cuencas luego de transferir parámetros según distintos criterios. En la Figura, el criterio de proximidad corresponde a transferir parámetros únicamente según número de vecinos y radio máximo de búsqueda, mientras que el criterio de proximidad y similitud considera además transferir a cuencas pertenecientes a la misma clase, obtenidas de la clasificación según atributos geomorfológicos. De acuerdo con los resultados anteriormente expuestos, el criterio óptimo de regionalización adoptado se resume en la Figura II.6.

**Figura II.5. Desempeño de la validación cruzada para el criterio de similitud, para 3 métodos de ponderación de los parámetros.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura II.6. Comparación de KGE para validación cruzada.**



Fuente: Elaboración propia.

El criterio de proximidad considera a los cinco vecinos más cercanos sujetos a un radio máximo de búsqueda de 200 km y promediando según el inverso de la distancia entre los centroides de las cuencas. El criterio de proximidad más similitud acota la búsqueda anterior sólo a las cuencas de la misma clase.

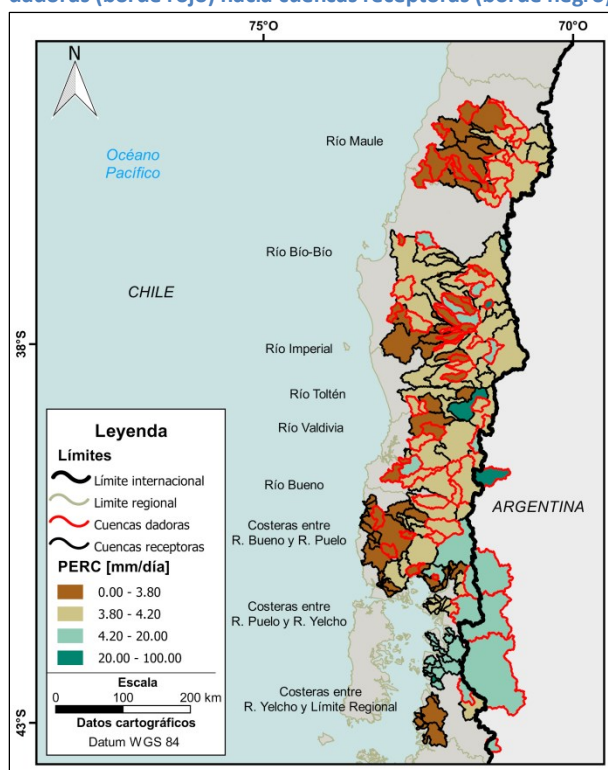
**Tabla II.1. Criterios de transferencia adoptados.**

Criterio	Valor adoptado
Número de vecinos (n)	5
Radio máximo ( $R_{m\acute{a}x}$ )	200 km
Tipo de promedio ( $\beta$ )	Inverso de la distancia ( $\beta=1$ )
Atributos de clasificación	Geomorfológicos

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se obtienen todos los parámetros transferidos en las cuencas receptoras y los parámetros calibrados en las cuencas dadoras. A modo de ejemplo, se presenta en la Figura II.7 la distribución espacial del parámetro PERC [mm/día], que representa la tasa máxima de percolación desde la capa de suelo al acuífero, junto con la identificación de cuencas dadoras y receptoras.

**Figura II.7. Distribución espacial del parámetro PERC<sup>43</sup>, obtenida luego de realizar la transferencia desde cuencas dadoras (borde rojo) hacia cuencas receptoras (borde negro).**



Fuente: Elaboración propia.

#### II.1.D. Estimación de errores de la metodología

Para estimar los errores de la metodología se han utilizado las métricas descritas anteriormente, correspondientes a errores absolutos y porcentuales. El primero de ellos permite obtener una noción del error en cuanto a los volúmenes de escorrentía, mientras que el segundo entrega una estimación relativa a

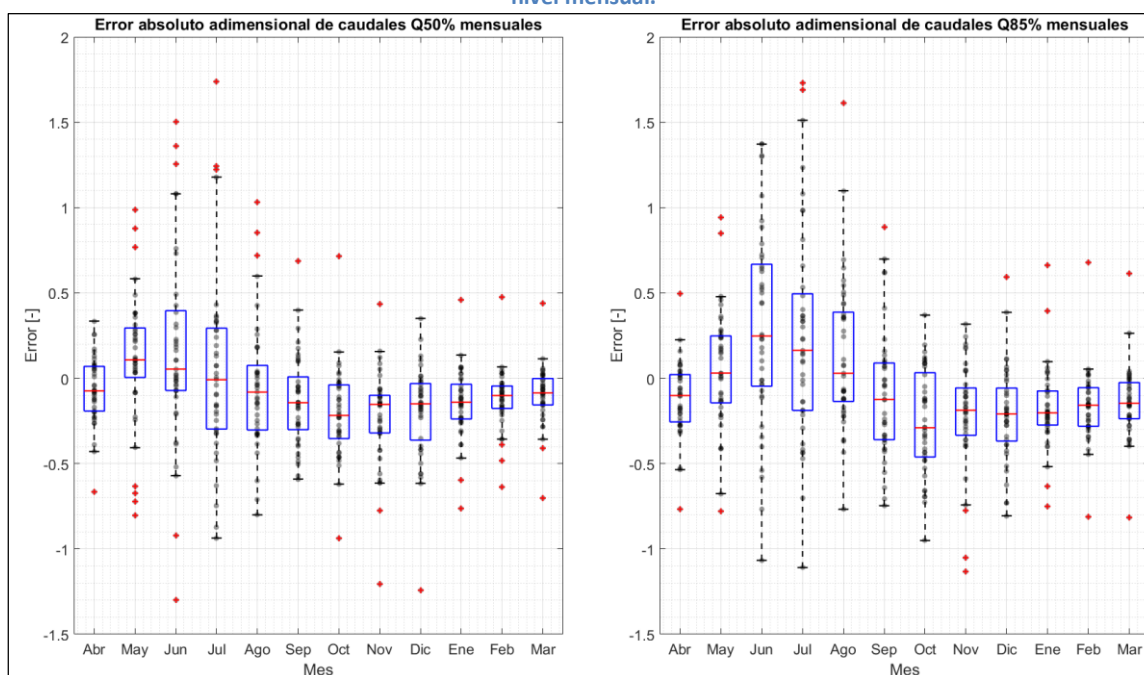
<sup>43</sup> PERC: Tasa de percolación máxima desde la capa superior del acuífero hacia la inferior.

cada cuenca de modo de analizar el desempeño de la metodología independientemente del tamaño de cada unidad. Además, debido a que la Oferta Natural se ha comprometido de manera mensual, ambas métricas de error se presentan en la misma escala temporal.

Es importante notar que los errores estimados en esta sección son errores de la metodología de estimar oferta natural mediante validación cruzada como se mencionó en la sección 1.2.D. Estimación de errores de la modelación. En las cuencas con registros en régimen natural los errores están dados por la calibración que en todos los casos fue más que satisfactoria.

La Figura II.8, muestra los errores absolutos obtenidos al contrastar observaciones en estaciones con las estimaciones realizadas bajo validación cruzada, los cuales han sido adimensionalizados por el caudal medio anual observado en la estación correspondiente. Cada punto corresponde a una cuenca, la línea roja corresponde a la mediana de la dispersión, los extremos de las cajas azules corresponden a los percentiles 25% y 75% y los puntos rojos son *outliers*, que corresponden a estimaciones fuera del rango admisible de las dispersiones. Valores positivos indican sobreestimación de la metodología, y viceversa. En la figura se puede apreciar que las medianas de las estimaciones están en torno a cero, lo que indica un buen desempeño de la metodología, además de una tendencia a la sobreestimación en los meses de invierno, que corresponde a la temporada de mayor Oferta Natural. Se destaca además que los percentiles 25% y 75% de las dispersiones son inferiores al 30% del caudal medio anual.

**Figura II.8. Errores absolutos adimensionales de caudales asociados a 50% y 85% de probabilidades de excedencia a nivel mensual.**



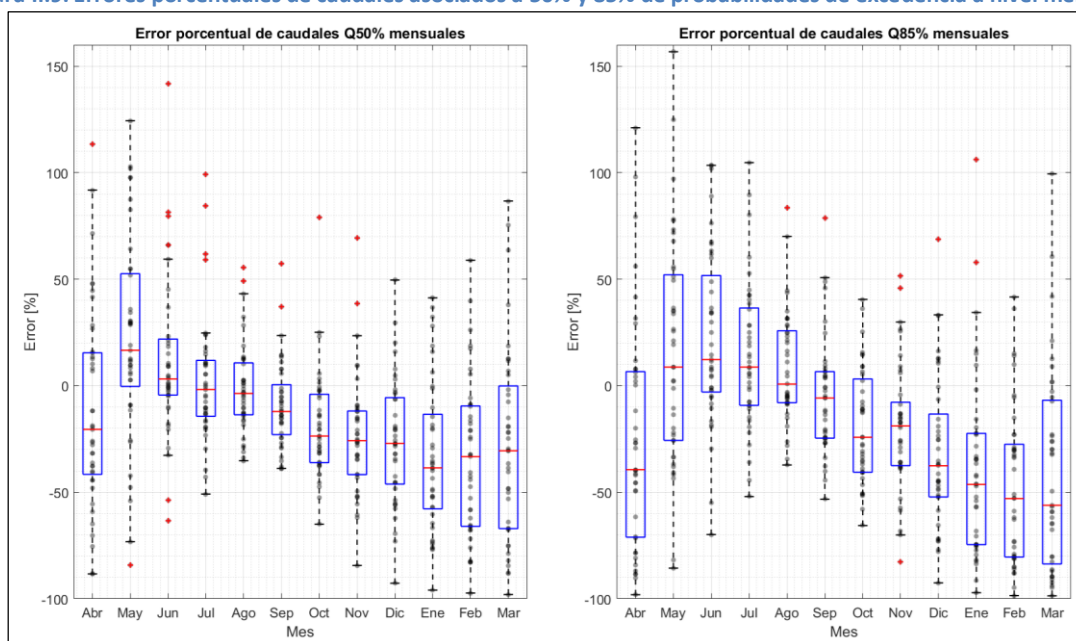
Fuente: Elaboración propia.

La Figura II.9 muestra los errores porcentuales obtenidos al implementar la metodología. Cada punto corresponde a una cuenca, la línea roja corresponde a la mediana de la dispersión, los extremos de las cajas azules corresponden a los percentiles 25% y 75% y los puntos rojos son *outliers*, que corresponden a estimaciones fuera del rango admisible de las dispersiones. Valores positivos indican sobreestimación de la metodología, y viceversa.

Si bien se aprecian errores porcentuales extremadamente grandes (sobre 100%), estos se relacionan con caudales relativamente bajos. Una forma de comprobar lo anterior es analizar simultáneamente ambas figuras: los mayores errores porcentuales (Figura II.9) se tienen en los meses de verano, en los cuales justamente se obtienen los menores errores absolutos (Figura II.8); por el contrario, los mayores errores absolutos (Figura II.8) se encuentran en los meses de invierno, que se asocian a errores porcentuales pequeños (Figura II.9). De este modo, los errores porcentuales grandes se presentan en los meses de menor Oferta Natural, y viceversa.

Adicionalmente, es posible apreciar en la Figura II.9 que los errores porcentuales tienden a centrarse en cero en los meses de mayor Oferta Natural, lo que indica un buen desempeño de la metodología en la temporada donde la oferta es mayor a la demanda.

**Figura II.9. Errores porcentuales de caudales asociados a 50% y 85% de probabilidades de excedencia a nivel mensual.**



Fuente: Elaboración propia.

## II.2. Demanda AAC

### II.2.A. DAA otorgados en base a RPDAA y DAA en procesos de regularización

En total, se procesaron 43.496 registros de DAA otorgados y en proceso de regularización, pertenecientes a las nueve cuencas en estudio de los cuales 302 DAA se consideraron como duplicados (y algunos en procesos de regularización que fueron desistidos), los que fueron descontados disminuyendo el registro a 43.194 DAA.

Además, se corrigieron los caudales mensuales para 20 registros de DAA otorgados y para caudales solicitados de 10 registros en proceso de regularización; que fueron los que presentaron errores entre los DAA que clasificaron como registros con caudales extremos como se señaló en la metodología (I.3.B.i)Análisis de datos y correcciones de DAA otorgados y DAA en proceso de regularización)<sup>44</sup>.

<sup>44</sup> El detalle de los DAA corregidos y eliminados al ser identificados como duplicados se presenta en formato digital en el archivo "3.Apéndice Duplicados y Corregidos\_Digital.xlsx".

De los 43.194 registros, 42.045 fueron asignados a nivel de UA y pudieron ser considerados en el análisis, gracias a que contaban con coordenadas geográficas o con información de la SSC o cuenca en la que se encontraban. Los registros restantes (1.149) no pudieron asignarse a una UA puesto que se ubicaban fuera del área de modelación, lo que ocurrió fundamentalmente con DAA ubicados en cuencas costeras, o bien no contaban con información suficiente para asignarlos a alguna UA. El resumen de lo anteriormente indicado se observa en la Figura II.10, en la cual además se señala el porcentaje de DAA consuntivos y no consuntivos considerados.

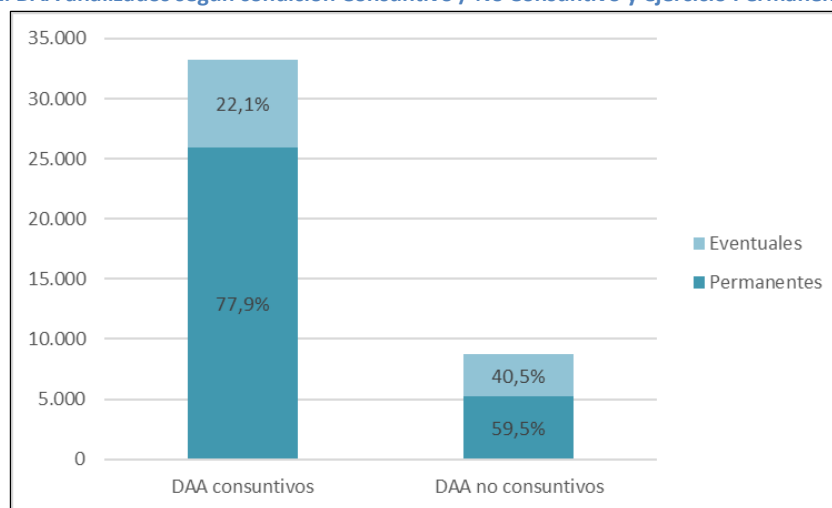
**Figura II.10. DAA considerados en el análisis y distribución en consuntivos y no consuntivos**



Fuente: Elaboración propia

De los DAA asignados (42.045) a las UA, 33.272 corresponde a consuntivos y 8.772 a DAA no consuntivos. Se presentó un DAA sin información del tipo de DAA (consuntivo/no consuntivo), el que no fue considerado para los análisis. De los DAA consuntivos, 25.917 son permanentes, 7.346 eventuales y 9 DAA consuntivos sin información del ejercicio del DAA, los que no fueron considerados en los cálculos. Con respecto a los no consuntivos, 5.216 corresponden a DAA permanentes y 3.555 eventuales (un DAA no presentaba información de ejercicio, por lo que fue descartado). Todos los casos sin información correspondieron a DAA otorgados. Finalmente, los 42.034 registros analizados se resumen en la Figura II.11:

**Figura II.11. DAA analizados según condición Consuntivo / No Consuntivo y ejercicio Permanente y Eventual**



Fuente: Elaboración propia

### **i) DAA otorgados**

En la Tabla II.2 se presenta un resumen de DAA por cuenca diferenciando los consuntivos y no consuntivos, y los de ejercicio permanente y eventual. Se puede observar que las cuencas del río Imperial, Toltén, Valdivia y Bueno son las que tienen más DAA, por sobre los 5.000, siendo la cuenca del río Valdivia la con mayor cantidad de DAA asignados (5.866). La cuenca del río Valdivia también es la que tiene mayor cantidad de DAA consuntivos (4.827) y la del río Maule la que presenta mayor cantidad de DAA consuntivos permanentes (3.375). Por su parte, la cuenca del río Toltén es la que tiene mayor cantidad de DAA no consuntivos (1.846). Las cuencas costeras más sureñas (Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho, Costeras entre

R. Yelcho y límite Regional) no poseen gran cantidad de DAA asignados en relación con las demás cuencas en estudio.

En términos de caudal de DAA no consuntivos destaca la cuenca del río Biobío que posee un caudal medio anual asignado de 4.481 m<sup>3</sup>/s de ejercicio permanente, y de 6.065 m<sup>3</sup>/s de ejercicio eventual, lo que concuerda con el gran desarrollo hidroeléctrico de la zona. Por otro lado, la cuenca del río Imperial es la que tiene más caudal consuntivo permanente (294 m<sup>3</sup>/s), seguido por la cuenca del río Biobío y la del río Maule.

**Tabla II.2. Resumen del total de DAA otorgados y caudal por cuenca de estudio, diferenciando por tipo de DAA y ejercicio**

Nombre de Cuenca	Total DAA	DAA consuntivos				DAA no consuntivos			
		Nº DAA Perm.	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA Even.	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA Perm.	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA Even.	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Río Maule	4.133	3.375	208,95	223	163,11	295	1.613,06	240	1.294,03
Río Biobío	3.418	1.857	248,25	354	26,32	672	4.481,31	532	6.065,17
Río Imperial	5.169	2.695	294,06	1.308	46,26	657	788,01	504	1.399,90
Río Toltén	5.631	2.561	98,36	1.222	29,60	1.143	2.043,08	703	1.386,48
Río Valdivia	5.866	2.805	67,27	2.022	31,04	630	1.761,10	408	1.515,85
Río Bueno	5.054	2.275	54,41	1.283	24,16	889	2.434,17	607	1.585,32
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	3.714	1.778	83,00	848	25,98	634	392,42	454	354,06
Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho	382	116	6,44	35	1,31	133	272,61	98	279,50
Costeras entre R. Yelcho y límite Regional	25	5	2,49	4	3,69	8	40,36	8	28,48
<b>Total</b>	<b>33.392*</b>	<b>17.467</b>	<b>1.063,24</b>	<b>7.299</b>	<b>351,46</b>	<b>5.061</b>	<b>13.826,13</b>	<b>3.554</b>	<b>13.908,79</b>

\* Este número considera los 11 DAA que pudieron asignarse a una UA pero que fueron descartados del análisis por falta de información sobre las características de los DAA (Perm./Even y Consuntivo/No consuntivo).

Fuente: Elaboración propia

## ii) Derechos en proceso de regularización

Así también, en el caso de los derechos en proceso de regularización que se lograron georreferenciar y analizar, se tiene que la mayor parte de los registros se concentran desde la cuenca del río Toltén hacia el norte, siendo la cuenca del Biobío la que concentra la mayor cantidad con un 26,6%. Casi la totalidad de los derechos son de carácter permanente (99,5%). También predominan los derechos consuntivos con un 98,2% de los registros y manteniendo la concentración geográfica antes descrita para la totalidad de los derechos. De la misma manera ocurre al observar los caudales; no obstante, la que concentra un mayor caudal en solicitudes de derechos consuntivos, es la cuenca del río Maule con más de 94 m<sup>3</sup>/s. Los caudales de solicitudes de derechos no consuntivos no resultan muy significativos, salvo en la cuenca del río Imperial con un caudal no consuntivo equivalente al solicitado en derechos consuntivos, y que representa a su vez, más del 50% del caudal solicitado en derechos no consuntivos en las cuencas de estudio. Luego poseen mayores caudales no consuntivos, las solicitudes vinculadas a las cuencas del río Toltén y río Bueno, con caudales en torno a los 7 m<sup>3</sup>/s cada una (Tabla II.3).



**Tabla II.3. Resumen del total de derechos regularizables y caudal por cuenca de estudio, diferenciando por tipo de DAA y ejercicio**

Nombre de Cuenca	Total registros	Derechos consuntivos				Derechos no consuntivos			
		Nº DAA Perm.	Caudal (m³/s)	Nº DAA Even.	Caudal (m³/s)	Nº DAA Perm.	Caudal (m³/s)	Nº DAA Even.	Caudal (m³/s)
Río Maule	1.583	1.564	93,76	14	0,55	5	1,78	-	-
Río Biobío	2.302	2.281	67,47	5	0,24	16	2,65	-	-
Río Imperial	1.771	1.702	23,28	19	1,22	50	24,06	-	-
Río Toltén	1.737	1.671	21,98	7	0,27	59	7,66	-	-
Río Valdivia	813	791	4,03	2	0,01	19	0,87	1	0,01
Río Bueno	313	308	1,96	-	-	5	6,99	-	-
Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	105	104	2,02	-	-	1	0,40	-	-
Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho	29	29	0,01	-	-	-	-	-	-
Costeras entre R. Yelcho y límite Regional	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>8.653</b>	<b>8.450</b>	<b>214,51</b>	<b>47</b>	<b>2,28</b>	<b>155</b>	<b>44,42</b>	<b>1</b>	<b>0,01</b>

Fuente: Elaboración propia

## II.2.B. Reservas de caudales

En base a la información de reservas de caudales obtenidas, tanto extractivas como también de índole ambiental, se presenta en la Tabla II.4 el detalle del caudal mensual de seis reservas de caudales, cuatro extractivas y dos ambientales (Cochamó y Petrohué). Destacan en magnitud las reservas ambientales de Cochamó y Petrohué. Según los Informes Técnicos que dieron origen a ellas (DGA, 2009a; DGA, 2009b), con estas reservas se busca mantener el río de la forma más prístina posible, reservando caudales incluso con bajas probabilidades de excedencia, lo que explica caudales tan altos. En los decretos de reserva de los demás ríos, se detalla la búsqueda de un resguardo de solicitudes de DAA y usos no regularizados, reservando caudal para estos fines.

**Tabla II.4. Reservas de caudal mensuales expresadas en m³/s para distintos ríos del área de estudio**

Fuente	Ejerc	UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Río Toltén	Perm	10	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Río Bueno	Perm	62	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Río Pilmaiquén	Perm	9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Río Rahue	Perm	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Río Queuco	Even	38	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	0,0
Río Cochamó	Even	56	33,1	24,8	15,0	38,4	62,8	63,5	63,8	73,6	55,6	53,6	52,2	42,8
Río Petrohué	Even	8	753,5	492,9	534,8	1.012,7	1.564,1	2.371,3	2.087,9	1.518,0	1.219,6	1.250,8	1.247,1	1.136,4

Fuente: Elaboración propia

## II.2.C. Caudal administrado por las OU

Para las 23 OU analizadas, se identificaron diversos datos de caudal, dadas las distintas fuentes pesquisadas, los cuales se presentan en la Tabla II.5 señalando las distintas referencias de los documentos desde donde se obtuvo la información.

La cuenca del río Maule (Tabla II.5) presenta un total de 11 OU que administran o gestionan el agua de canales importantes, correspondiendo a 9 JV y 2 AC. Destacan entre las de mayor caudal la JV del río Maule y la JV del río Claro, con 200 m<sup>3</sup>/s como caudal máximo<sup>45</sup> (Junta de Vigilancia del río Maule, 2017) y 150 m<sup>3</sup>/s (basado en DGA, 2016b), respectivamente. La mayoría de los grandes ríos que cruzan el valle de la cuenca poseen JV, demostrando un alto nivel de organización. Cabe destacar la presencia de cuatro JV de Hecho (DH), entendiendo a estas como las que no están formalizadas ante la DGA, pero si están organizadas para la administración de las aguas. Además, dentro de las AC, destaca la Asociación del Canal Melado, que administra aguas que se trasvasan desde el río Melado hasta los ríos Ancoa, Putagán, Achibueno y Longaví; y la AC del Embalse Digua, que se destaca por tener una parte importante de sus derechos inscritos a nivel de RPDA.

**Tabla II.5. Resumen de información de acciones, equivalencias y caudal de las OU incluidas en el análisis de Demanda AAC de la cuenca del río Maule, de acuerdo a diversas fuentes**

UA	OU	Fuente Natural	Acciones (P o E)	Equivalencia (L/s/acc)	Caudal (P o E)(L/s)	Referencia
21	JV del Río Maule	Río Maule	142.348,03 (P)(1,2, 4)	1,4052(1, 3, 4)	200.000(1,4)	(1) JVRM (2017) (2) JVRM (2017), (3) DGA (2016b), (4) Entrevista
21	JV del Río Lircay	Río Lircay	6.104,99 (P) (1,2) 6.074,99 (3, 4) 1.850,53 (E)(2,3)	1,4(2,3,4)	8.577,51 (P)(1) 8.504,99 (4) 2.599,99 (E)(3)	(1) RPOU, (2) DGA (2016b), (3) Entrevista46, (4) Unifilar JV Río Lircay
19	JV del Río Longaví	Río Longaví	20.920,00 (P)(1,2,3)	1,5(3,4)	31.380,00 (P) (2,3) 38.520,0047 (E)(2)	(1) RPOU, (2) JVRL (2017), (3) Entrevista, (4) DGA (2016b)
19	JV del Río Achibueno (Primera Sección)	Río Achibueno	13.537,48 (P) (1)	1,5(1,2)	20.306,22 (P) (**)	(1) DGA (2016b), (2) Entrevista
21	JV DH del Río Claro (Segunda Sección)	Río Claro	100.000,00 (P)(1, 2)	1,50(1)	150.000,00 (P) (**) 9.000,00 (E) (1, 2)	(1) DGA (2016b) (2) JV Río Claro (1960)
20	AC del Embalse Digua	Río Cato, Río Longaví, Río Perquilauquén	31.850,00(1)	0,65-0,95(2)	30.257,5(**) (estimado con la máxima equivalencia)	(1) AC Embalse Digua (s. f.), (2) Entrevista
20	JV DH del Río Perquilauquén*	Río Perquilauquén	486,3(1)	-	1.392,00(1)	(1) CNR (2013d) (estimadas a partir canales de unifilar con información)
19	JV del Río Ancoa y sus afluentes	Río Ancoa y sus afluentes	7.418,00(1)	1,00(1)	7.418,00(1)	(1) DGA (2016b)
19	JV DH del Río Putagán*	Río Putagán	-	-	10.913 (1)	(1) CNR (2015b)

<sup>45</sup> El caso de la JV del río Maule, la resolución 105/1983 que constituye derecho de aprovechamiento no consuntivo en el río Maule a favor de ENDESA S.A. Comuna de Colbún, Provincia de Linares, VII región<sup>2</sup>, indica que deben ser respetados los derechos consuntivos de esta OU que alcanzan los 200 m<sup>3</sup>/s en los meses de diciembre y enero (disminuyendo hasta 40 m<sup>3</sup>/s entre los meses de mayo y agosto). No obstante, de acuerdo a la entrevista realizada, este caudal de 200 m<sup>3</sup>/s ya no se alcanza en la práctica.

<sup>46</sup> De acuerdo a la entrevista, la JV del Río Lircay posee 6.074 acciones, las que equivalen a 8.504,9 L/s (1,4 L/s), 31 acciones menos que las consignadas por el RPOU y la DGA (2016b)

<sup>47</sup> Se incluyen 25.000 L/s del Embalse Digua (Canal Alimentador Digua)

UA	OU	Fuente Natural	Acciones (P o E)	Equivalencia (L/s/acc)	Caudal (P o E)(L/s)	Referencia
19	JV DH del Río Achibueno (Segunda Sección) *	Río Achibueno	3.449,61(1) 2.359,16(2)	1,50(1,2)	5.174,84(1)	(1) CNR (2011) (estimados a partir de canales de unifilar), (2) DGA (2016b)
36	AC Melado*	Río Putagán, Ancoa, Achibueno, Longaví	1.656,5 (regadores) (1) 1.503,78 (regadores)(2)	15 (1,2)	24.847,5 (**) 25.290 (2)	(1) AC Canal Melado (2013), (2) CNR (2013c)

Los caudales en L/s no necesariamente se corresponden con la aplicación de la equivalencia en las acciones, debido a las diferentes fuentes desde las que provienen los datos. En general se buscó señalar solo un dato por variable, salvo excepciones

P: Permanentes E: Eventuales

\* OU no entrevistadas.

\*\* Caudales estimados a partir de datos de equivalencia y acciones

Fuente: Elaboración propia

En la tabla precedente, se destacan como fuentes de información el RPOU, que también pertenece al CPA, donde aparecen las OU que han realizado todo su proceso de constitución y han sido aprobadas por la DGA, así como estudios realizados por la DGA o por la CNR, y fuentes propias de las OU consultadas, ya sea información de sus sitios web, memorias y otros antecedentes como la actualización del rol de usuarios (para el caso de la JVRM en 2007).

En la cuenca del río Biobío (Tabla II.6) se analizaron 10 OU, de las cuales dos son JV (ambas DH) y 8 AC. Entre las de mayor caudal administrado se encuentran la AC del Canal Laja, y la AC del Canal Biobío Sur, con 55 m<sup>3</sup>/s y 40 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. La AC del Canal Laja administra, además, 13 m<sup>3</sup>/s provenientes de recuperaciones y aportes de esteros dentro de su área de influencia. A pesar de que no existen JV formalizadas en esta cuenca, sí muestra un gran nivel de organización a nivel de AC, con la presencia incipiente de JV DH, y una concentración de OU alrededor de los ríos Biobío, Laja, Renaico y Malleco.

**Tabla II.6. Resumen de información de acciones, equivalencias y caudal de las OU incluidas en el análisis de Demanda AAC de la cuenca del río Biobío, de acuerdo a diversas fuentes**

UA	OU	Fuente Natural	Acciones (P)	Equivalencia (L/s/acc)	Caudal (P o E) (L/s)	Referencia
22	JV DH del Río Malleco y sus afluentes	Río Malleco	-	-	4.582,10,	Entrevista, CNR (2013a)
29	JV DH del Río Renaico y sus Afluentes	Río Renaico, Río Mininco	-	-	12.682,00	CNR (2013b)
24	AC Canal Biobío Norte	Río Biobío	713,00 (**) 484,00 (**)	15,00 (1)	10.770,00 (1,2i), 7.260 (2ii)	(1) Entrevista, (2) CNR (2017b) (i: en base a gasto máximo ii: en base a unifilar)
24	AC Canal Biobío Sur	Río Biobío	37.688,60 (1,2)	1,073(1,2)	40.439,87 (1,2) (P) 33.957,40(3)	(1) RPOU, (2) AC Biobío Sur (2010), (3) CNR , 2017b (gasto en m <sup>3</sup> según acta de entrega (1978)
24	AC Canal Biobío Negrete	Río Biobío	1.131(1, 4)	15,9 (4)	18.000,00(1, 2i, 3i), 28.000,00 (2ii, 3ii, 4)	(1) RPOU, (2) CNR (2017b) (i: capacidad del canal: ii: gasto en m <sup>3</sup> ), (3) ACBBN (s. f.) (i: según unifilar ii: capacidad bocatoma) (4) Entrevista (18 mil en acciones)

UA	OU	Fuente Natural	Acciones (P)	Equivalencia (L/s/acc)	Caudal (P o E) (L/s)	Referencia
28	AC Canal Zañartu	Río Laja	4.330,00(1)	-	20.000,00 (2)	(1) RPOU (2) CNR (2017b) (capacidad del canal matriz)
28	AC Canal Laja	Río Laja	4.556,00(1,2)	15,00(1,2)	42.000 (P) 13.000 (E) (1,2)	(1) CNR (2017b) (señala caudal proveniente del río (55 m <sup>3</sup> /s), (2) Entrevista
24	AC del Canal Duqueco Cuel	Río Duqueco y Estero Cholguaehue	5.485,50(1)	1,4 (1,2)-	7.697,7 (1) 9.800,0048 (2) 9.000 (3)	(1) RPOU, (2) Entrevista, (3) CNR (2017b)
24	AC Quillaileo y del Mininco <sup>49</sup>	Estero Quillaileo y Estero Mininco	-	-	3.500,00(1i,2), 3.850 (1ii)	(1) CNR (2017b) (i: capacidad canal; ii: derechos de los cuales 300 L/s no fueron entregados), (2) Entrevista
24	Comunidad de Aguas del Canal Coreo <sup>49</sup>	Río Duqueco	-	-	8.250(1) 8.500(2)	(1) CNR (2017b) (capacidad del canal), (2) Entrevista

\* OU no entrevistadas  
\*\* Acciones estimados a partir de datos de equivalencia y caudal

Fuente: Elaboración propia

La cuenca del río Imperial y Toltén (Tabla II.7) presenta 2 OU que administran o gestionan el agua de canales importantes, destacando la presencia de la JV De Hecho del río Cautín y la OU del Canal Allipén (no consultada). Dentro de las tres cuencas en estudio con presencia de OU, es la que menor número de OU posee, aunque estas administran un caudal consuntivo permanente de 83 m<sup>3</sup>/s y de 17 m<sup>3</sup>/s eventuales.

**Tabla II.7. Resumen de información de acciones, equivalencias y caudal de las OU incluidas en el análisis de Demanda AAC de la cuenca del río Imperial y Toltén**

UA	OU	Fuente Natural	Acciones Permanentes	Equivalencia (L/s/acc)	Caudal (P o E)(L/s)	Referencia
0	JV DH del Río Cautín	Río Cautín, Cuenca del río Imperial	-	-	67.713** (Consuntivo P) (1) 17.025** (Consuntivo E) (1) 17.900 (No Consuntivo P) (1) 10.600 (No consuntivo E) (2) (No consuntivos no ejercidos)	(1) JV Río Cautín (2013), (2) JV Río Cautín (s. f.)
26	Canal Allipén*	Río Allipén, Cuenca del río Toltén	-	-	15.500(1, 2) (formada por dos reservas de 15 m <sup>3</sup> /s y 500 L/s)	(1) CNR (2017c), (2) Departamento de Riego (1935, 1940)

\* OU no entrevistadas.  
\*\* estimado considerando caudal promedio de un titular (Fisco) con dotación mensual variable

Fuente: Elaboración propia

### Alcance de los resultados Demanda AAC

*Se reconoce como un factor crítico de este estudio, las incertezas que existen en torno a la cuantificación de la demanda comprometida en las potenciales cuencas excedentarias, debido a las limitaciones de la información catastral de los derechos existentes, ocasionada por el incompleto estado del Registro Público de DAA del CPA, la principal fuente de información de este estudio.*

<sup>48</sup> Del total de caudal, 800 L/s son extraídos desde el estero Cholguaehue.

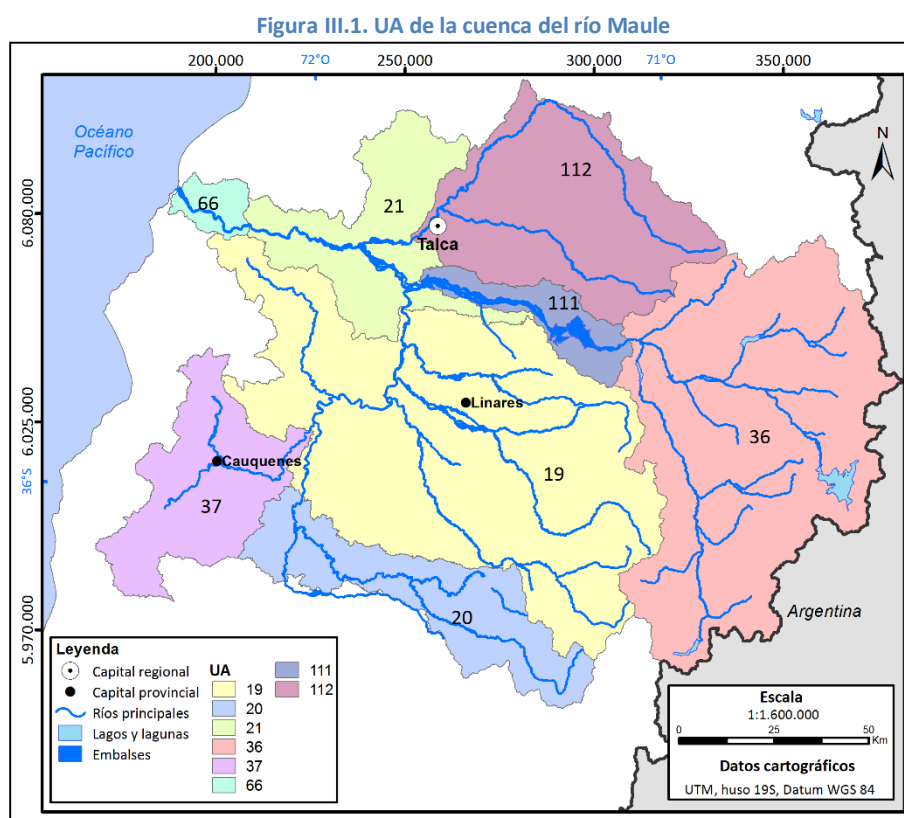
<sup>49</sup> En un principio estas OU no se habían reconocido dentro de las con mayor caudal, sin embargo, el administrador de la AC Canal Biobío Norte también formaba parte del equipo técnico de estas OU y facilitó los datos de caudal de ellas.

### III. RESULTADOS POR CUENCAS

#### III.1. Cuenca del río Maule

##### III.1.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Maule

En la cuenca del río Maule se definieron 8 UA, diferenciadas por colores en la Figura III.1, de las cuales una comprende el sector de cabecera de la cuenca (UA 36), tres unidades presentan características de cuenca media (UA 19, 20, 37, 111 y 112), una unidad presenta características de cuenca media y desembocadura (unidad 21) y finalmente la unidad 66 presenta características de desembocadura.



Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, se respetaron en su mayoría las jurisdicciones de las JV existentes en la cuenca, ya sea aprobadas o, de hecho<sup>50</sup>. Sólo se registra el caso de la JV del río Putagán la cual queda dividida en dos UA, particularmente la jurisdicción comprende las unidades 19 y 21 expuestas en la Figura III.1.

##### III.1.B. Oferta Natural

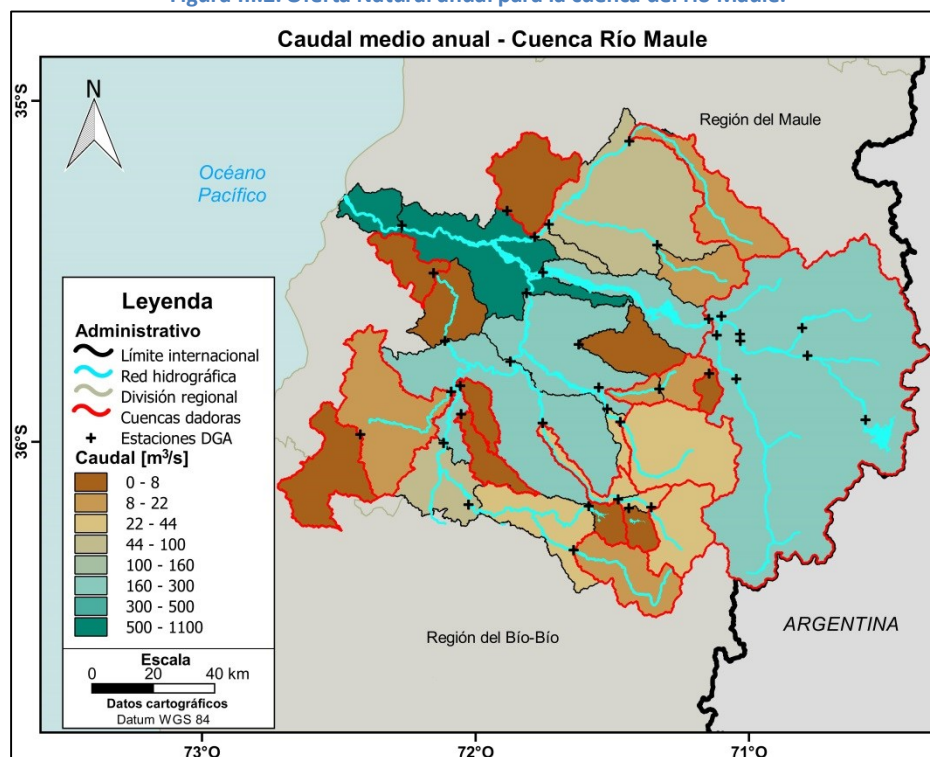
El caudal con 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.2, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. Para el

<sup>50</sup> Las jurisdicciones de JV de hecho se obtuvieron a partir de información secundaria y de lo señalado en las entrevistas concertadas con los representantes de las OU.

río Maule los mayores afluentes provienen desde el Este (Cordillera de los Andes), principalmente de la zona sur de la cuenca alta.

En la Figura III.2 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.2. Oferta Natural anual para la cuenca del río Maule.

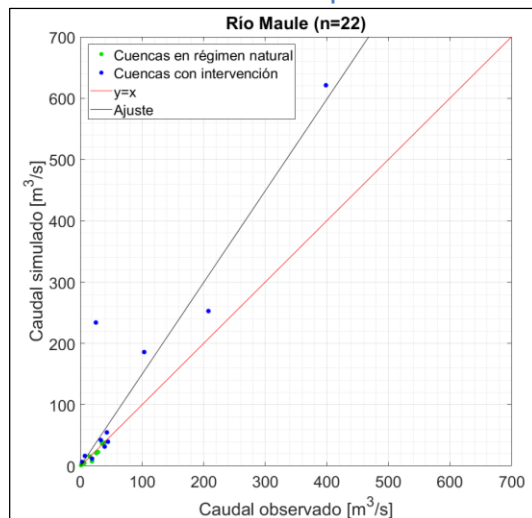


Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de diagnosticar que tan certera es la estimación de la oferta natural se muestra en la Figura III.3, la comparación entre los caudales observados y simulados en régimen natural. Para aquellas cuencas generadoras de parámetros, estas deberían tener un caudal simulado muy cercano al observado (puntos verdes), por otro lado, en las cuencas intervenidas, la Oferta Natural simulada debería ser mayor a los registros fluviométricos, ya que estos últimos incorporan las extracciones. Si la tendencia de ajuste (línea negra) está sobre la función identidad (línea roja 1:1), es un buen diagnóstico de la disponibilidad natural de la cuenca, en caso contrario esta se encontraría subestimada. Este comentario aplica para todas las cuencas analizadas en este informe.

Al comparar los caudales observados y simulados, se aprecia que gran parte de las cuencas analizadas presentan Q50% inferior a 50 m³/s (Figura III.3), estando agrupados en torno a la función identidad. Las cuencas con intervención muestran un caudal ~50% mayor que el medido por las estaciones fluviométricas. La estación más cercana a la desembocadura muestra un caudal simulado de 620 m³/s, siendo cerca del 56% mayor que el medido por la estación, y que toma en cuenta todas las intervenciones aguas arriba del punto de medición de caudales.

Figura III.3. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.



Producto del alto grado de intervención antrópica en la cuenca y por consiguiente en las mediciones de las estaciones fluviométricas de la DGA, para la modelación de la Oferta Natural se utilizó la reconstrucción histórica del caudal medio mensual en la estación Río Maule en Armerillo realizada por la DGA (DGA, 2017a), que se encuentra aguas arriba del embalse Colbún. Por lo tanto, las estaciones aguas arriba del embalse Colbún presentan un grado de incertidumbre mayor para caudal medio mensual estimado en régimen natural.

En las Tabla III.1, Tabla III.2 y Tabla III.3 se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

Tabla III.1. Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Maule

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
37	Río Cauquenes en desembocadura	10,57	7,63	5,54	4,39	63,49	124,19	112,33	81,00	47,09	27,81	19,60	14,02
20	Río Perquilauquén en Quella	16,97	12,62	10,80	49,72	266,89	342,77	278,72	233,62	150,67	104,92	48,03	33,98
19	Río Loncomilla en Las Brisas	77,64	57,78	51,55	162,39	1.262,73	1.754,54	1.579,62	1.077,55	728,63	487,28	225,66	138,97
21	Río Maule en Forel	520,92	289,65	223,27	430,40	2.356,11	3.173,52	2.436,54	1.968,38	1.587,68	1.163,87	964,65	815,26
36	Río Maule en Armerillo	401,11	221,82	167,34	153,87	418,99	477,80	422,83	416,51	380,02	462,42	619,80	643,33
66	Desembocadura	576,39	355,37	297,30	414,62	2.622,98	3.269,53	3.142,55	2.079,56	1.549,69	1.113,53	859,27	799,97
111	Río Maule en Longitudinal	454,05	269,16	217,97	205,83	1.067,02	1.077,39	1.054,60	663,68	586,61	603,72	553,97	653,34
112	Río Claro en Rauquén	31,51	26,77	24,10	28,34	183,61	378,70	282,34	223,13	177,64	83,49	49,62	38,82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.2. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Maule.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
37	Río Cauquenes en desembocadura	6,73	4,87	3,54	2,59	3,19	22,28	46,72	42,63	27,04	17,17	13,17	9,41
20	Río Perquilauquén en Quella	8,92	6,53	5,24	9,83	55,17	148,47	155,29	117,93	74,52	37,35	25,33	16,07
19	Río Loncomilla en Las Brisas	43,96	30,37	26,32	44,20	210,46	642,18	695,26	587,53	362,91	191,75	125,81	73,74
21	Río Maule en Forel	230,22	180,38	144,65	194,50	528,63	1286,48	1369,09	1101,28	796,35	578,18	590,30	452,98
36	Río Maule en Armerillo	199,47	138,95	111,09	108,50	152,60	236,98	246,01	232,02	265,31	340,70	431,50	345,00
66	Desembocadura	329,25	258,19	221,98	236,61	425,32	1236,67	1245,30	1032,04	714,88	541,02	553,15	549,27
111	Río Maule en Longitudinal	256,84	202,49	172,23	158,71	197,24	454,30	371,68	299,50	290,57	276,50	400,80	407,26
112	Río Claro en Rauquén	21,68	18,78	17,02	18,52	26,34	87,60	117,38	112,18	70,37	41,38	32,69	26,23

Fuente: Elaboración propia.



Tabla III.3. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Maule.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
37	Río Cauquenes en desembocadura	4,60	3,33	2,43	1,86	1,88	5,41	21,06	22,12	15,02	11,48	8,62	6,29
20	Río Perquillauquén en Quella	5,25	3,88	2,94	3,51	17,91	66,20	89,31	66,93	44,98	24,46	15,16	8,68
19	Río Loncomilla en Las Brisas	27,52	22,11	14,49	16,15	63,57	235,39	404,34	325,63	209,84	128,79	73,34	44,10
21	Río Maule en Forel	166,44	121,99	105,84	109,91	197,42	502,71	798,57	637,85	521,79	483,93	390,22	259,36
36	Río Maule en Armerillo	111,03	94,66	81,02	80,70	86,49	122,50	151,50	144,16	182,59	252,00	288,65	185,56
66	Desembocadura	264,38	206,25	181,72	171,98	232,71	455,39	813,48	572,30	442,00	366,71	389,55	346,51
111	Río Maule en Longitudinal	200,94	166,87	147,79	139,13	148,01	202,36	204,02	183,93	194,13	199,61	276,94	275,74
112	Río Claro en Rauquén	16,43	14,51	13,23	12,93	15,06	32,91	51,44	52,88	37,65	29,78	23,65	19,50

Fuente: Elaboración propia.

### III.1.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La Demanda AAC ha sido estimada a partir de los DAA consuntivos permanentes y no consuntivos permanentes para su incorporación en el cálculo de la OJ con una probabilidad de excedencia del 85%, y también de los DAA eventuales (consuntivos y no consuntivos) para integrarla en el cálculo de la OJ con una probabilidad de excedencia del 50% y 10%, siempre considerando las tres fuentes antes señaladas: DAA otorgados del RPDA, DAA en proceso de regularización en los expedientes en evaluación de la DGA y los caudales regularizables administrados por las OU, además de incorporar cuando fuera necesario los caudales comprometidos como reservas. En todos los casos, se consideró el caudal ecológico correspondiente. En la Tabla III.5 se presentan todos estos caudales expresados en caudal medio mensual.

Previo a esta síntesis, se realizó el ejercicio de integración de la información de los DAA otorgados y en proceso de regularización con los caudales asociados a las OU para efectos de incorporar caudales susceptibles de ser regularizados en la estimación de la Demanda AAC, cuyos resultados se presentan en la Tabla III.4. La existencia de estos caudales susceptibles de ser regularizados vinculados a las OU (también llamados “caudal de ajuste” en este estudio), se considera algo plausible desde DGA dada las limitaciones existentes en los registros del RPDA.

En dicha tabla se señala la OU, las SSC que se consideraron y las áreas donde estas OU entregan o captan sus aguas (de acuerdo a su condición de JV o AC respectivamente); la fuente natural de la OU que se consideró para discriminar los DAA de la DGA a incluir en este ejercicio de integración; el caudal de la DGA identificado en estas SSC y fuentes -tanto el otorgado, consignado en el RPDA, como el caudal vinculado a solicitudes de regularización-; la relación entre los DAA de la DGA y los caudales de las OU, y la diferencia entre ambas fuentes de información (caudal OU -caudal de la DGA), considerándose como caudal de ajuste los casos en que la diferencia fue positiva.

**Tabla III.4. Integración de caudales medio anuales de OU y registrados en la DGA<sup>51</sup> en la cuenca del río Maule**

Organización de Usuarios (OU)	Código de SSC BNA	Fuente natural	Caudal OU (L/s)	Caudal DAA otorgados (L/s) <sup>52</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

<sup>51</sup> Tal como se señala en la metodología, se utilizan solo los derechos que se pueden georreferenciar.

<sup>52</sup> Esto se explica en el acápite I.3. Estimación de la Demanda Antrópico-Ambiental Comprometida (AAC) y en específico en el punto I.3.B. Estimación de caudales correspondientes derechos otorgados y a extracciones con respaldo legal por Unidad de Análisis.

Organización de Usuarios (OU)	Código de SSC BNA	Fuente natural	Caudal OU (L/s)	Caudal DAA otorgados (L/s) <sup>52</sup>	Caudal DAA proceso regularización (L/s)	DAA DGA/OU (%)	Diferencia (L/s) (caudal de ajuste)
AC del Embalse Digua	07331; 07332	Río Cato	30.257,5	65.803,8	221,9	218,2%	-35.768,2
JD DH del Río Perquilauquén	07330	Río Perquilauquén	1.392,0	814,7	200,0	72,9%	377,3
JV DH del Río Claro y JV del Río Lircay (Eventual)	07371; 07372; 07374; 07376	Río Claro; Río Lircay	11.590,0	1.002,6	0,0	8,7%	10.587,4
JV Río Longaví (Eventual)	07351	Río Longaví	39.841,6	25.000,0	7.187,5	80,8%	7.654,1

Fuente: Elaboración propia

Las SSC consideradas se presentan en la Figura III.4, en la que observa que comprenden parte de la zona media de la cuenca del río Maule (perteneciente a las UA 112, 111, 21, 19 y una parte menor de la UA 36).

El caudal administrado por las OU analizadas (obtenido por las distintas fuentes antes señaladas) representa el caudal máximo que pueden ocupar, siendo muchas veces no utilizado en su totalidad, especialmente en la época invernal, donde el riego generalmente es menor. No obstante, se aplica la misma distinción que en los DAA, que aun cuando no se hagan efectivos todo el tiempo, son los caudales que formalmente se administran. Como se señaló en la metodología, los caudales se consideraron de ejercicio permanente, a excepción de los casos en que se explicitaba lo contrario, reconociéndose caudales de ejercicio eventual en las JV del río Lircay, JV del río Longaví y DH del río Claro. Se puede apreciar además, que estos caudales analizados, son siempre iguales o inferiores a los indicados en las tablas de información de las OU incluidas en el análisis de Demanda AAC (Tabla II.5, Tabla II.6 y Tabla II.7), dado que no siempre fue posible asignar el caudal completo a los canales vinculados a su administración, o bien, alguno de dichos canales no fue posible de identificar en la red de la cobertura CNR.

Además, es importante señalar que la diferencia de caudales entre las dos fuentes de información (OU y RPDA) procuró evitar duplicaciones de datos. Por ejemplo, la JV del río Maule considera los 25 m<sup>3</sup>/s de la AC del Canal Melado dentro de los 200 m<sup>3</sup>/s que declara administrar, pero la AC extrae sus derechos aguas arriba del río Maule, específicamente en el río Melado. Por tanto, no se consideró la demanda del canal Melado en las SSC 07321 y 07322, que sería donde están los derechos de los usuarios de la JV del río Maule, sino que en la SSC 07316, que es desde donde extrae originalmente. De igual forma, en las SSC 07351, 07354, 07355, 07356 y 07358 se descontó el caudal de aquellos canales que utilizaban agua del río Melado (a través del trasvase), a partir de la información obtenida desde estudios relacionados a las JV de los ríos Achibueno, Longaví, Putagán, Ancoa (mencionados en el apartado de metodología), junto al diagrama unifilar del Canal Melado<sup>53</sup>.

De la Tabla III.4 se puede apreciar que las OU en las cuales no fue necesario incorporar un caudal de ajuste fueron la JV del río Lircay, la JV del río de Ancoa, la JV DH del río Achibueno (2da sección) y la AC del Embalse Digua, pues, de acuerdo a la metodología desarrollada, serían organizaciones que tendrían sus caudales consignados ya en el RPDA y en las solicitudes de regularización. Todas las demás OU al ser integradas con los DAA de la DGA, conllevaron a la incorporación de caudales de ajuste -considerados como caudales susceptibles de ser regularizados- en la estimación de la Demanda AAC y la posterior OJ.

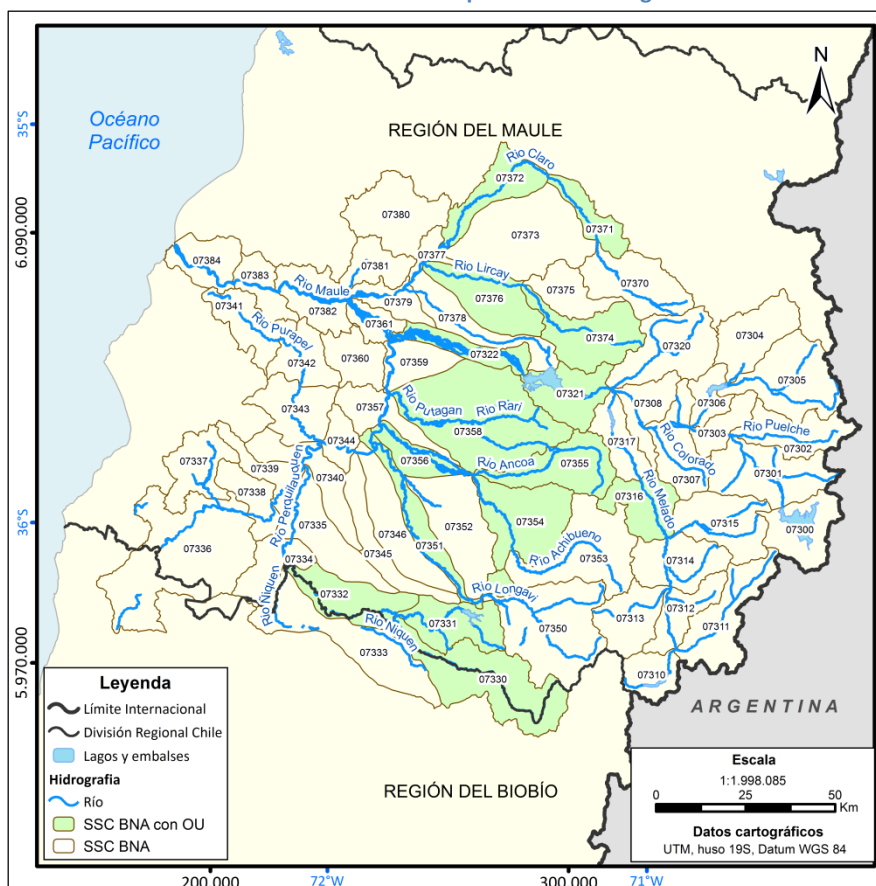
Los mayores caudales de ajuste incorporados en este estudio se presentaron en esta cuenca y alcanzan los 146 y 165 m<sup>3</sup>/s para las JV DH del Río Claro y la JV del Río Maule, respectivamente. Esto último puede

<sup>53</sup> Disponible en <<http://canalmelado.cl/unifilar/>>.

explicarse, porque la JV del río Maule es la OU que administra el más alto caudal y que como se señaló anteriormente, de acuerdo a lo indicado por sus representantes en la entrevista, sólo cerca del 10% de sus derechos se encuentran registrados en el RPDA.

Estos resultados más extremos, sin embargo, se consideran plausibles si se revisan los resultados que arrojó el estudio “Diagnóstico de Organizaciones de Usuarios” (DGA, 2018b) el que estimó que los caudales a regularizar para las OU de interés son superiores al 90% del caudal que administran, resultados similares a estimaciones obtenidas en el presente estudio como en el caso de la JV de hecho del río Claro y la JV del río Maule. En este último caso, el estudio de la DGA (DGA, 2018b) consideró un caudal basado en el total de acciones que tenía la organización registradas inicialmente (108 mil) equivalentes a un caudal de  $160 \text{ m}^3/\text{s}$  – versus los cerca de  $175 \text{ m}^3/\text{s}$  que se lograron georreferenciar en este estudio, basado en las acciones indicadas luego de su modificación de estatutos en 2007)– con el cual se estimó una brecha por regularizar de más de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , los que, en términos de órdenes de magnitud, no se alejan de los  $168 \text{ m}^3/\text{s}$  estimados en el presente estudio .

Figura III.4. Área de la cuenca del río Maule en la que se realizó integración de caudales OU-DGA



Fuente: Elaboración propia

La síntesis expuesta en la Tabla III.5 presenta en el caso de las demandas consuntivas permanentes, tendencias diferentes a lo largo del año en las distintas UA. Hay algunas que presentan incrementos de caudal comprometido en época estival (UA 21, 36 y 111). Otras como las UA 19, 20, y 37, presentan mayores caudales entre los meses de junio y agosto. Por último, las UA 66 (desembocadura) y 112 (Río Claro en Rauquén) son las que presentan mayor estabilidad en el año (muy baja dispersión), junto con ser además las

con mayor caudal medio anual comprometido, con 112 y 182 m<sup>3</sup>/s, destacándose esta última con caudales mensuales que fluctúan entre los 180 y 183 m<sup>3</sup>/s. En este mismo sentido, luego se destacan las UA 111 y 19.

En cuanto a los caudales eventuales, se destaca la UA 19 por presentar cerca de 90 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual, con valores mensuales que no bajan de los 60 m<sup>3</sup>/s. El resto de las UA no presenta caudales comprometidos mensuales superiores a los 32 m<sup>3</sup>/s, llegando a caudales aún más bajos como en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa donde no se presentan grandes requerimientos hídricos, probablemente por el régimen de carácter pluvial de la cuenca estudiada (Cauquenes, UA 37).

En demanda consuntiva total, son las UA 19 y 112 las que presentan los mayores caudales medio anuales, con caudales comprometidos mensualmente que fluctúan entre los 180 y 205 m<sup>3</sup>/s. En estas dos UA destaca la presencia de JV, que se condice con una importante demanda de riego expresada a nivel del RPDAA<sup>54</sup> en el caso de Río Loncomilla en Las Brisas (UA 19), con lo cual el caudal de ajuste incorporado contribuye en cerca de un 25% a la demanda total.

Por el contrario, Río Claro en Rauquén (UA 112), responde principalmente a caudal susceptible de ser regularizado, el que a su vez proviene principalmente de la JV DH del río Claro, más que al consignado en la DGA. Así también ocurre en el caso de la UA 111 que presenta una demanda comprometida en un nivel medio (que varía mensualmente entre los 25 y 175 m<sup>3</sup>/s), y que responde principalmente al caudal administrado por la JV del río Maule (incorporado como caudal de ajuste).

En caudales no consuntivos permanentes, se destacan la UA 36 (Río Maule en Armerillo) y la UA 111 (Río Maule en Longitudinal) con caudales medio anuales de 712 y 434 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, lo que concuerda con la presencia de centrales hidroeléctricas de pasada. Sus caudales mensuales comprometidos no son inferiores a los 434 m<sup>3</sup>/s (la UA 111 se mantiene muy estable en su demanda NC permanente en el año) y llegan a los 1.098 m<sup>3</sup>/s.

En la zona de Armerillo (UA 36), se presenta además un alto caudal no consuntivo eventual, que promedia anualmente los 657 m<sup>3</sup>/s, alcanzando como total de demanda NC cerca de los 1.900 m<sup>3</sup>/s (diciembre), convirtiéndose en la más relevante en términos de demanda NC. Este caudal proviene totalmente de los registros del RPDAA, no habiendo caudales asociados a procesos de regularización u otros. La UA 19, también presenta caudales mayores de tipo no consuntivo eventual, lo que conjuntamente aporta un caudal medio anual NC superior a los 200 m<sup>3</sup>/s, al igual que la UA 111. A pesar de que los DAA NC tienen sus puntos de captación y restitución dentro de cada UA, no limitando la disponibilidad interna de la misma, sí lo puede hacer en términos locales y entre UA. En este sentido, la UA 111 produce limitaciones en la disponibilidad de las UA agua arriba (36), la cual, a su vez, aunque es la con mayor caudal comprometido en términos no consuntivos, constituye la cuenca de cabecera, no generando restricciones aguas arriba, sino que solo locales entre sus puntos de captación y restitución.

Por último, se debe mencionar que en la cuenca no se presentan caudales de reserva (artículo 147 bis del Código de Aguas), y que los caudales ecológicos son significativos en las UA 21 y 66 (desembocadura) las que presentan los mayores caudales comprometidos que fluctúan entre los 62 y 124 m<sup>3</sup>/s. Además, se observa que la UA 19 realiza un elevado aporte de caudal ecológico a la UA 21, en particular en los meses de invierno.

---

<sup>54</sup> En la UA 19 se presentan las JV de los ríos Ancoa, Putagán, Achibueno y Longaví, mientras que en la UA 112 se encuentran las JV de los ríos Claro y Lircay.

Tabla III.5. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Maule, caudal medio mensual (m³/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
19	Río Loncomilla en Las Brisas	C-P	83,6	84,6	83,8	84,0	84,7	96,3	121,8	98,3	96,5	85,0	85,0	85,0
		NC-P	126,4	119,6	116,7	133,8	177,9	230,5	266,3	241,5	231,2	216,6	191,2	141,7
		C-E	76,4	62,4	62,8	82,9	111,2	100,8	101,1	100,2	102,3	112,8	91,3	73,2
		NC-E	67,2	58,7	64,6	140,4	370,3	430,5	400,2	298,4	274,7	232,6	161,2	163,5
		Q-E	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	50,6	50,6	50,6	50,6	50,6	47,1	26,2
20	Río Perquillauquén en Quella	C-P	55,2	55,3	55,3	55,3	55,3	66,9	94,0	66,9	55,4	55,3	55,3	55,3
		NC-P	62,4	61,6	61,4	62,1	70,9	110,9	115,5	108,6	102,8	87,6	74,0	66,4
		C-E	1,5	1,5	1,6	4,9	2,1	22,6	22,5	22,6	22,1	2,1	2,1	1,6
		NC-E	18,8	12,4	17,9	75,8	173,6	150,3	158,6	145,5	123,1	122,2	93,9	47,0
		Q-E	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,1	5,6
21	Río Maule en Forel	C-P	6,1	5,6	5,4	5,6	5,7	5,7	5,7	6,1	6,4	6,4	6,4	6,4
		NC-P	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4
		C-E	26,4	27,0	27,3	27,3	29,4	30,6	31,0	30,5	29,2	28,0	27,5	26,7
		NC-E	2,9	1,3	0,8	1,3	2,4	3,5	3,4	2,7	2,2	2,0	2,5	3,1
		Q-E	62,1	62,1	62,1	62,1	70,9	124,2	124,2	124,2	124,2	124,2	124,2	124,2
36	Río Maule en Armerillo	C-P	41,5	38,9	31,2	26,0	20,8	20,8	20,8	20,8	23,4	33,8	38,9	28,8
		NC-P	645,2	593,8	568,4	565,2	587,4	642,1	651,3	643,5	716,7	1.001,1	1.098,1	833,7
		C-E	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
		NC-E	925,2	519,7	348,1	418,4	676,1	734,8	605,1	566,4	618,6	693,5	723,6	1.056,5
		Q-E	41,4	37,3	33,7	30,4	38,5	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8	46,8
37	Río Cauquenes en desembocadura	C-P	1,1	1,1	1,0	1,1	1,6	5,8	17,5	13,6	7,1	4,1	2,0	1,7
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	2,9	2,4	2,4	4,6	75,5	31,9	29,5	18,2	15,4	9,0	7,6	3,7
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2
66	Desembocadura	C-P	112,4	112,4	112,4	112,4	112,4	112,5	112,6	112,6	112,5	112,5	112,4	112,1
		NC-P	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
		C-E	0,9	0,9	1,5	1,5	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	105,2	91,3	81,7	78,0	90,8	122,4	122,4	122,4	122,4	122,4	122,4	122,4
111	Río Maule en Longitudinal	C-P	173,3	156,4	104,1	70,1	32,6	29,8	25,9	27,3	47,0	120,5	154,4	172,7
		NC-P	434,6	434,5	434,6	434,6	434,7	434,8	434,9	434,9	434,8	434,8	434,9	434,7

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		C-E	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
		NC-E	1,9	0,7	0,4	0,7	1,2	1,3	1,3	1,2	0,9	1,0	1,3	2,3
		Q-E	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1	58,1
112	Río Claro en Rauquén	C-P	181,4	181,3	181,4	180,8	182,5	182,9	182,9	182,8	182,9	182,7	182,7	182,5
		NC-P	22,8	20,3	32,0	33,0	44,7	61,7	74,7	69,9	67,1	44,5	42,4	33,8
		C-E	19,8	25,0	20,2	20,5	24,0	24,8	22,4	22,4	24,2	23,4	23,5	23,0
		NC-E	37,7	31,7	22,0	38,8	95,6	119,1	100,3	92,4	78,0	59,9	39,3	37,1
		Q-E	7,0	6,3	5,8	5,3	6,0	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	8,2

Fuente: Elaboración propia

### III.1.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

En la Tabla III.6 se presentan los caudales mensuales de la OJ y el CONCAA estimada para cada una de las UA que pertenecen a la cuenca del río Maule, bajo una probabilidad de excedencia del 85%. La Tabla III.7 y Tabla III.8 presentan lo mismo para las probabilidades de excedencia del 50% y 10%, respectivamente.

Los resultados muestran que hay UA que podrían contar con disponibilidades tanto para la constitución de DAA permanentes –OJ bajo una probabilidad de excedencia del 85%- como para DAA eventuales –OJ al 50% y 10% de probabilidad de excedencia-. Así también ocurre con los CONCAA.

De este modo: 1) podría existir una disponibilidad permanente, aun cuando ya se estén otorgando DAA eventuales; 2) podrían existir ambas disponibilidades de DAA permanentes o eventuales, o inclusive, 3) en ocasiones se puede evidenciar algunos resultados en los que el caudal disponible permanente es superior al eventual, lo cual se podría asociar a los altos caudales asociados a los DAA eventuales otorgados. Estos casos (1, 2 y 3) se evidencian también en estudios de disponibilidad (Comisión Regional de Recursos Hídricos, 2017; DGA, 2016a) e información regional de disponibilidad<sup>55</sup>, por lo que es coherente con el conocimiento actual ligado al análisis de disponibilidad de recursos hídricos.

En cualquier caso, los resultados numéricos, deben ser más bien ser considerados como aproximaciones que aportan con órdenes de magnitud más que un valor de caudal exacto, con respecto a las disponibilidades de agua para la conformación de nuevos DAA y la obtención de caudales susceptibles de ser utilizados para un eventual proyecto de carretera.

Este patrón se repite en la mayoría de las cuencas excedentarias en estudio.

#### *i) Probabilidad de excedencia del 85%*

La OJ bajo una probabilidad de excedencia del 85% se presenta de manera más significativa en las UA del sector bajo de la cuenca, en particular en desembocadura (UA 66) seguida por Río Maule en Forel (UA 21), ubicada aguas arriba de esta última (junto con la UA 19). La desembocadura presenta la mayor oferta media anual, la cual es superior a los 150 m<sup>3</sup>/s (Tabla III.6).

A partir de esta tabla se puede apreciar que las UA más significativas (66 y 21) presentan entre 5 y 7 meses una disponibilidad mensual superior a los 100 m<sup>3</sup>/s, siendo la desembocadura, la que presenta menos meses con OJ nula (2). De manera mucho menos significativa, también presentan oferta las UA 19 y 111. En cualquier caso, esta sería la dotación de agua más segura, en relación a los otros resultados de OJ.

Por su parte, para el CONCAA, los ríos Claro, Loncomilla y Maule en las UA 19, 111 y 112 presentarían caudales de la parte media de la cuenca, que podrían ser parte de una negociación en los meses de invierno, mientras que en la parte baja en la UA 21, se presentarían caudales susceptibles de ser negociados durante todo el año.

Es necesario dejar en claro que no todo el CONCAA estaría disponible para ser extraído aguas arriba del punto con control fluviométrico, pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales. Además, al extraer caudal desde un punto en la cuenca los balances cambian, por lo que no es posible extraer simultáneamente todo el caudal susceptible a ser negociado.

Comparativamente, al observar ambos indicadores (Figura III.5), se puede apreciar que la OJ es la que presenta los mayores valores de caudal, al menos en dos UA de la zona baja de la cuenca: desembocadura

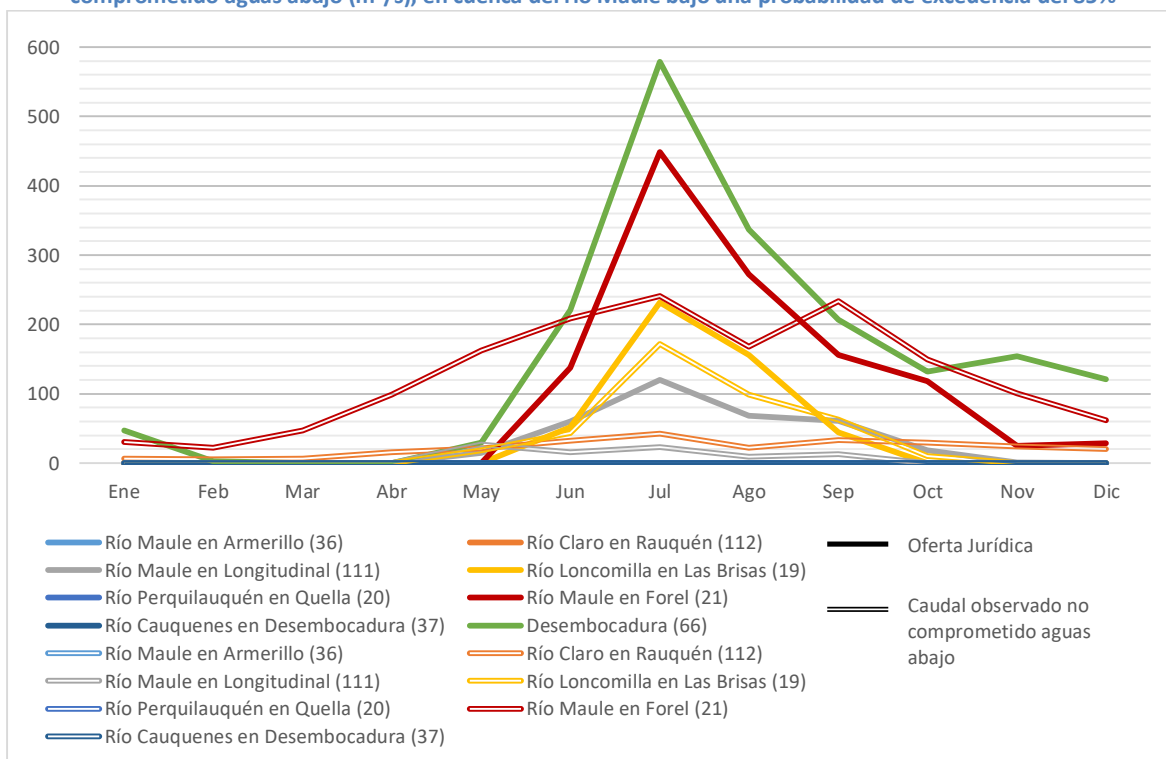
<sup>55</sup> Información a la que se accedió en las entrevistas con los agentes de expedientes (Tabla I.2. Agentes de expedientes entrevistados) fue posible conocer información de disponibilidad de sus regiones.



(UA 66) y río Maule en Forel (UA 21). Sin embargo, como ya se mencionó, es un caudal que se concentra entre los meses de junio y octubre, presentando entre los meses de enero y mayo una importante disminución.

Frente a estos bajos caudales, el CONCAA en la UA 21 da cuenta de un caudal que se distribuye de forma más regular durante el año, superando los 100 m<sup>3</sup>/s entre los meses de abril y noviembre, siendo una alternativa a evaluar para viabilizar transferencias de caudales en los meses de abril y mayo, cuando la OJ es baja.

**Figura III.5. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Maule bajo una probabilidad de excedencia del 85%**



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.6. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Maule para un 85% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
19	Río Loncomilla en Las Brisas	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	231,9	156,5	44,1	0,0	0,0	0,0	40,4
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	43,6	171,6	99,3	62,5	10,5	0,0	0,0	33,9
20	Río Perquilauquén en Quella	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	Río Maule en Forel	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	448,6	272,6	156,2	118,4	24,8	28,5	98,9
		CONCAA	30,9	22,7	46,8	98,6	162,8	208,6	240,8	167,9	233,4	149,5	100,9	62,2	127,1
36	Río Maule en Armerillo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	Río Cauquenes en desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
111	Río Maule en Longitudinal	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	60,2	120,0	68,1	61,1	18,3	1,1	0,0	28,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	15,6	22,8	9,4	12,6	0,0	0,0	0,0	7,3
112	Río Claro en Rauquén	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	6,7	5,7	6,3	16,1	21,8	32,8	43,0	21,9	33,3	29,6	24,1	20,4	21,8
66	Desembocadura	OJ 85%	46,9	2,6	0,0	0,0	29,5	220,5	578,5	337,3	207,1	131,8	154,7	120,7	152,5

Fuente: Elaboración propia

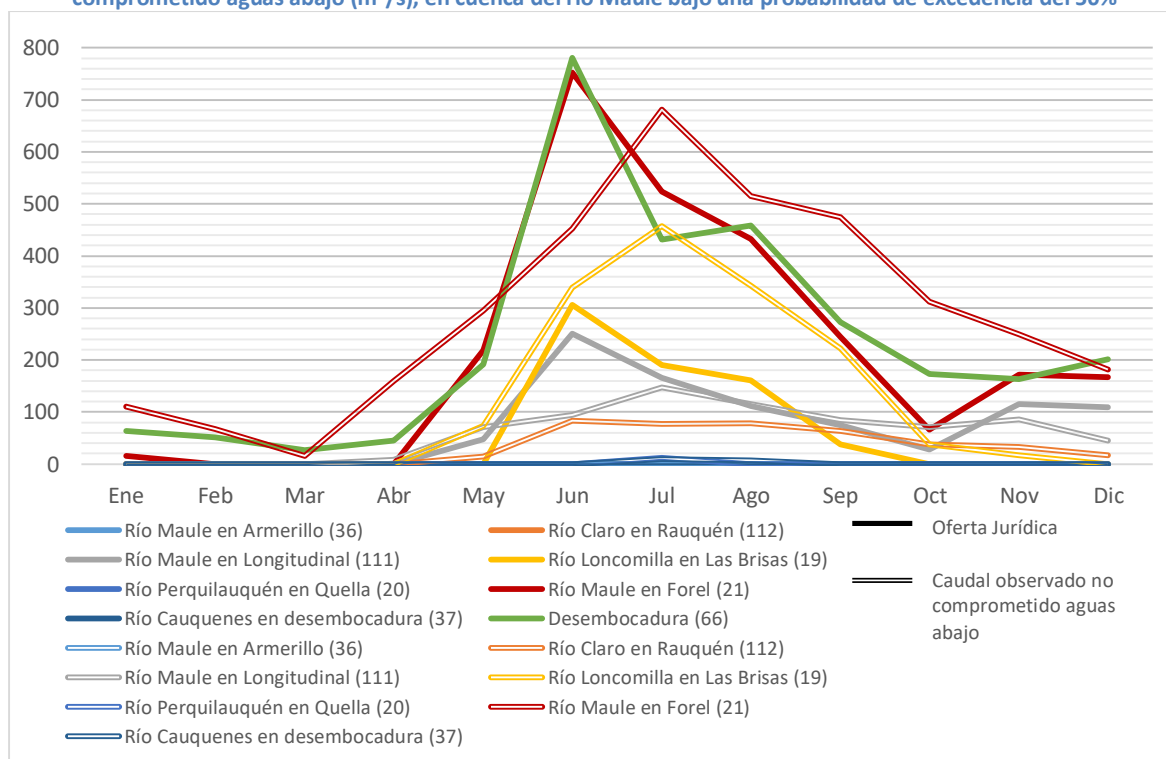
## ii) Probabilidad de excedencia de un 50%

Bajo una probabilidad de excedencia del 50%, es decir, con caudales que se espera sean superados la mitad de las veces en un tiempo determinado, siendo menos probable por tanto que se presenten respecto a caudales de 85%, se destacan las mismas UA que se destacan para este escenario probable (UA 66, 21 y 19), pero esta vez con caudales medio anuales superiores a los 215 m<sup>3</sup>/s (ver Tabla III.7). En este caso, la desembocadura presenta oferta durante todo el año y junto con la UA 21 llegan a caudales mensuales del orden de los 750 m<sup>3</sup>/s en el mes de junio, presentando entre 4 y 5 meses dotaciones superiores a los 200 m<sup>3</sup>/s.

Para el CONCAA, se suman a estas UA (sin contar desembocadura para la cual no es posible estimar esta variable) las UA 111 y 112 –con menores caudales-. Bajo esta probabilidad de excedencia se presentan mayores magnitudes de caudal respecto al escenario del 85%.

Bajo este escenario de excedencia no se presentan diferencias tan significativas entre la OJ y el CONCAA (ver Figura III.6). Si bien los caudales máximos son mayores en relación a los caudales estimados bajo una probabilidad del 85%, alcanzando *peaks* cercanos a los 800 m<sup>3</sup>/s en el caso de la OJ y de 700 m<sup>3</sup>/s para el CONCAA, los meses en los cuales el caudal supera los 100 m<sup>3</sup>/s son los mismos. Solo en el caso del CONCAA, se presenta en la UA 21 un caudal mayor también en el mes de enero, que pudiese considerarse para una eventual negociación entre privados.

**Figura III.6. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Maule bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

Se destacan los meses entre junio y agosto con caudales superiores a los 400 m<sup>3</sup>/s, para ambas variables.

**Tabla III.7. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Maule para un 50% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
19	Río Loncomilla en Las Brisas	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	231,9	156,5	44,1	0,0	0,0	0,0	40,4
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5	339,4	457,3	343,4	222,6	37,8	17,2	0,0	124,3
20	Río Perquilauquén en Quella	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	Río Maule en Forel	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	448,6	272,6	156,2	118,4	24,8	28,5	98,9
		CONCAA	110,7	67,2	14,9	159,3	294,5	452,9	680,6	515,3	474,0	312,4	248,9	181,5	292,7
36	Río Maule en Armerillo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	Río Cauquenes en desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
111	Río Maule en Longitudinal	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	60,2	120,0	68,1	61,1	18,3	1,1	0,0	28,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	8,2	70,8	94,3	146,9	115,3	84,0	71,0	85,1	45,5	60,1
112	Río Claro en Rauquén	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	83,0	76,4	77,9	63,1	37,9	32,4	17,1	33,5
66	Desembocadura	OJ	64,0	51,0	26,4	44,7	191,8	780,5	431,1	459,0	272,1	173,5	162,8	201,9	238,2

Fuente: Elaboración propia

### iii) Probabilidad de excedencia del 10%

Bajo el escenario menos probable, es decir, considerando una probabilidad de excedencia del 10%, se tiene que todas las UA presentan oferta positiva, en algún momento del año. Las UA más relevantes en términos de caudal siguen siendo las mismas.

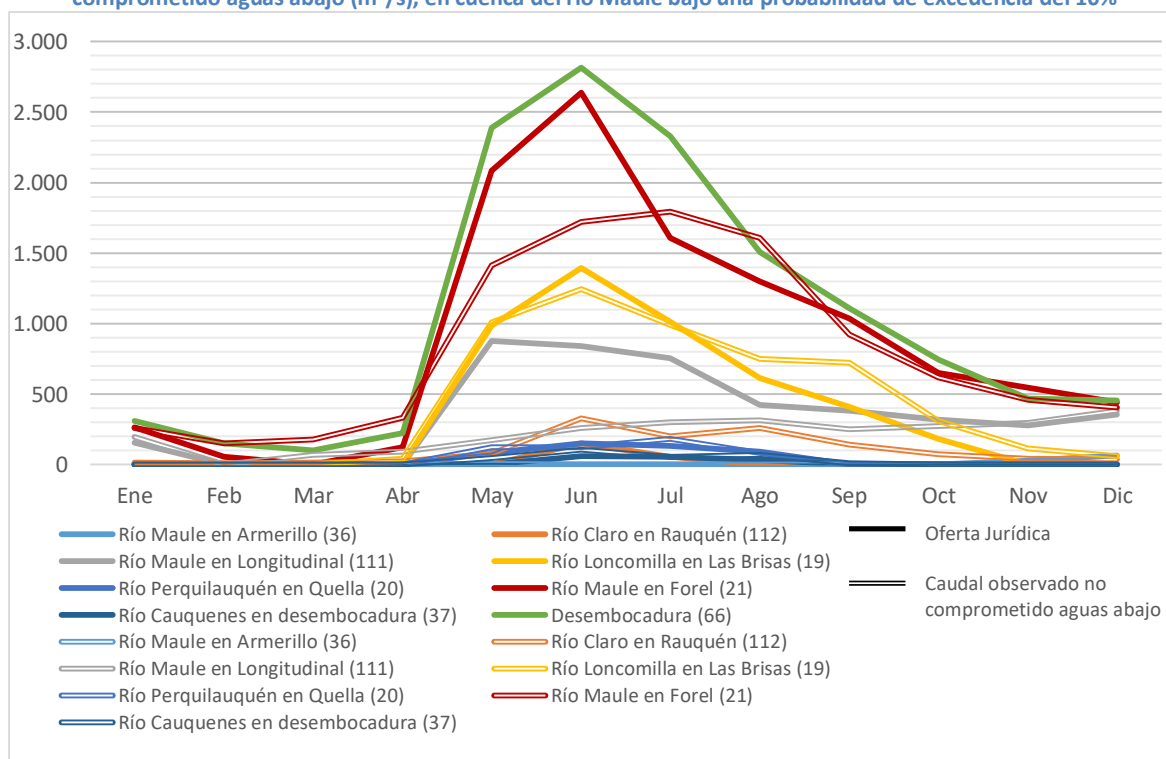
A partir de la Tabla III.8 se puede apreciar que Río Maule en Forel presenta un caudal medio anual cercano a los 900 m<sup>3</sup>/s, mientras que la desembocadura, presenta uno cercano a los 1.050 m<sup>3</sup>/s. Sus ofertas mensuales por su parte superan los 2 mil m<sup>3</sup>/s en algunos meses, llegando a los 2.813,4 m<sup>3</sup>/s en junio en el caso de la desembocadura.

Las UA 19 y 111 por su parte, presentan ofertas medio anuales superiores a los 350 m<sup>3</sup>/s. En este escenario, desde mayo a diciembre se presentan en algunas UA caudales superiores a los 400 m<sup>3</sup>/s.

Respecto al CONCAA bajo una probabilidad de excedencia del 10%, se mantienen las UA que presentan posibles caudales para ser negociados en las otras dos probabilidades de excedencia, aumentando la magnitud de los caudales susceptibles de ser negociados.

Finalmente, en la Figura III.7 se aprecia el escenario menos probable de un 10% de excedencia, en el que todos los meses se presentan caudales superiores a los 100 m<sup>3</sup>/s en ambas variables, con las UA antes mencionadas. Los meses entre febrero y abril los caudales no alcanzan los 300 m<sup>3</sup>/s.

**Figura III.7. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Maule bajo una probabilidad de excedencia del 10%**



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los valores máximos se concentran entre los meses de mayo y agosto, con caudales superiores a los 1.500 m<sup>3</sup>/s.

Tabla III.8. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Maule para un 10% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
19	Río Loncomilla en Las Brisas	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	231,9	156,5	44,1	0,0	0,0	0,0	40,4
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	43,5	1.007,9	1.242,6	991,9	750,0	722,7	309,0	112,5	57,3	436,5
20	Río Perquilauquén en Quella	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	123,0	124,2	183,5	79,9	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6
21	Río Maule en Forel	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	448,6	272,6	156,2	118,4	24,8	28,5	98,9
		CONCAA	259,9	150,4	176,6	331,3	1.412,2	1.723,3	1.794,4	1.608,8	924,2	617,1	460,5	404,9	822,0
36	Río Maule en Armerillo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
37	Río Cauquenes en desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	44,2	103,0	55,8	66,3	9,8	0,0	0,0	0,0	23,3
111	Río Maule en Longitudinal	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	60,2	120,0	68,1	61,1	18,3	1,1	0,0	28,6
		CONCAA	195,0	0,0	68,3	91,1	173,0	260,9	300,3	313,4	250,1	270,6	297,1	380,0	216,7
112	Río Claro en Rauquén	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	14,4	7,4	16,3	23,5	78,6	326,5	200,0	261,3	139,7	72,2	43,3	36,9	101,7
66	Desembocadura	OJ	311,1	148,2	101,7	222,7	2.389,4	2.813,4	2.328,3	1.506,5	1.106,9	746,0	468,9	452,6	1.049,6

Fuente: Elaboración propia

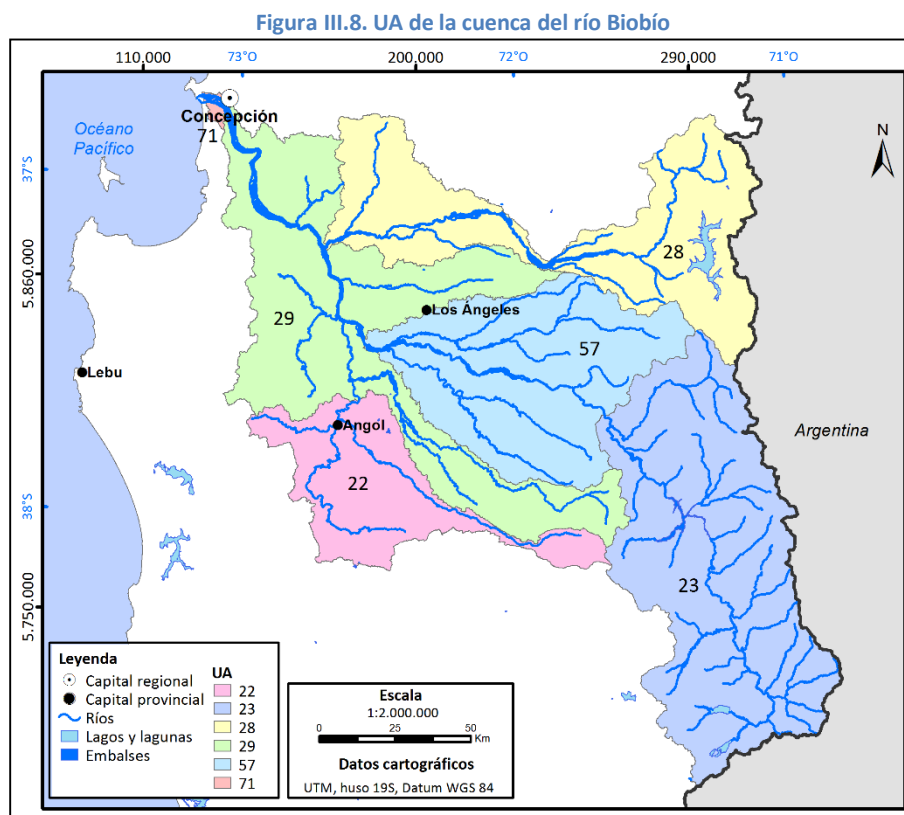
Es importante considerar que ambos indicadores no son aditivos, pues el valor del CONCAA puede incluir caudal asociado a OJ. Tampoco debiesen realizarse operaciones aritméticas entre ambos indicadores, puesto que provienen de metodologías de estimación diferentes: la OJ proviene de una estimación teórica de caudal, mientras que el CONCAA, proviene de un análisis de los caudales medidos en las estaciones fluviométricas.

## III.2. Cuenca del río Biobío

### III.2.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Biobío

En la cuenca del río Biobío se definieron seis UA, diferenciadas por colores en Figura III.8, de las cuales dos comprenden el sector de cabecera de la cuenca, UA 23 y 28, a su vez la unidad 28 presenta características de cuenca media. Las unidades 57 y 22 presentan características de cuenca media, la unidad 29 presenta características de cuenca media y desembocadura, y finalmente, la unidad 71 corresponde a la desembocadura de la cuenca (la existencia de esta pequeña UA se debe a que la estación fluviométrica de la DGA se encuentra en el punto de salida de la UA 2 y no alcanza a incorporar el tramo entre este punto y la desembocadura).

Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión del recurso hídrico. En este caso particular, se respetaron todas las jurisdicciones de las JV existentes en la cuenca, ya sea aprobadas o, de hecho. La JV del río Renaico y sus afluentes se ubica en la UA 29 y la JV del río Malleco y sus afluentes en la UA 22.



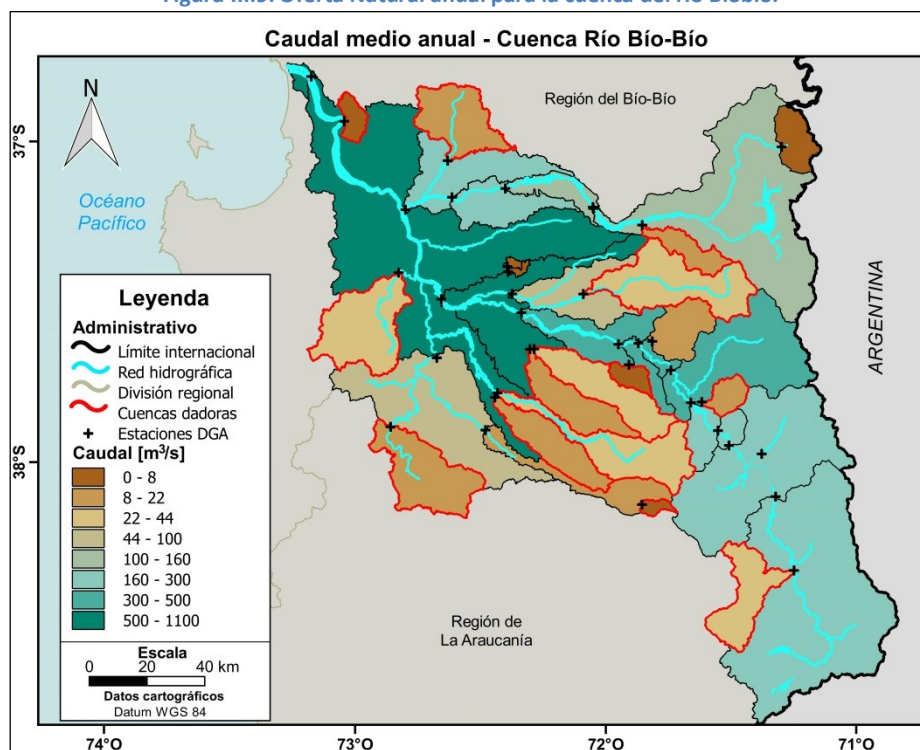
Fuente: Elaboración propia.

### III.2.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.9, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. En el río Biobío los mayores afluentes provienen desde el Este (Cordillera de los Andes), con algunos aportes secundarios relevantes de la zona norte-este de la cuenca alta.

En la Figura III.9 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.9. Oferta Natural anual para la cuenca del río Biobío.



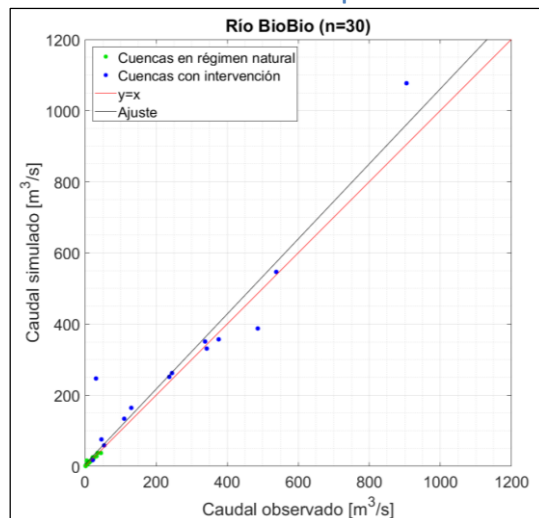
Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las cuencas presentan un caudal 50% natural simulado menor a  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura III.10), encontrándose en torno a la función identidad al ser contrastadas con los caudales medidos. Mientras que las cuencas con intervención muestran un caudal similar al medido por las estaciones fluviométricas. La estación más cercana a la desembocadura muestra un caudal 50% anual natural simulado de  $1077 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo mayor por alrededor del 15% que el caudal medido.

En la Tabla III.9, Tabla III.10 y Tabla III.11, se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.



Figura III.10. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.

Tabla III.9. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Biobío.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22	Río Vergara en Tijeral	26,1	19,3	17,9	50,4	293,6	330,1	312,5	253,0	164,3	118,0	93,3	52,1
23	Río Biobío en La Culebra	214,4	138,5	123,7	267,8	1.060,9	1.207,3	933,2	933,4	775,2	751,2	536,9	371,6
28	Río Laja en San Rosendo	128,5	98,3	79,4	172,8	824,6	763,6	697,4	606,6	449,3	403,6	285,8	193,0
29	Río Biobío en desembocadura	652,2	482,0	373,7	855,2	3.517,6	3.718,6	3.418,2	3.042,8	2.356,1	1.912,1	1.425,7	1.021,3
57	Río Biobío en Coihue	336,9	250,9	202,3	466,1	1.802,5	1.829,7	1.608,6	1.429,3	1.208,6	1.107,5	906,9	562,4
71	Desembocadura	652,4	482,1	373,9	856,1	3.522,8	3.725,0	3.424,3	3.047,5	2.358,8	1.913,5	1.426,4	1.021,7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.10. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Biobío.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
71	Desembocadura	407,92	305,13	259,49	371,50	918,47	2.410,34	2.091,47	1.901,44	1.549,11	1.190,03	893,63	642,93
28	Río Laja en San Rosendo	84,08	64,49	52,50	61,78	178,71	471,94	406,39	359,46	282,60	206,78	159,09	124,21
57	Río Biobío en Coihue	203,16	155,89	127,97	192,60	496,88	1.204,22	980,22	971,87	785,62	624,64	486,93	333,89
23	Río Biobío en La Culebra	123,80	89,72	68,20	98,32	289,67	691,27	615,86	551,85	498,25	408,74	316,98	214,08
29	Río Biobío en desembocadura	407,83	305,07	259,43	371,26	917,20	2.406,27	2.087,63	1.898,45	1.547,36	1.189,26	893,27	642,80
22	Río Vergara en Tijeral	13,21	8,56	7,93	22,27	71,56	195,85	192,90	163,93	107,91	62,48	42,05	25,23

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.11. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Biobío.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
71	Desembocadura	277,26	210,55	161,92	179,81	499,30	1.347,13	1.379,13	1.288,93	1116,35	803,37	608,86	422,05
28	Río Laja en San Rosendo	60,32	46,43	35,99	36,47	83,27	236,07	250,83	227,37	193,48	147,44	118,10	87,44
57	Río Biobío en Coihue	131,69	100,22	75,34	89,98	258,62	698,42	644,36	601,90	559,55	424,66	302,82	211,75
23	Río Biobío en La Culebra	75,35	50,29	39,30	42,98	154,85	415,48	359,24	347,95	350,21	279,14	199,46	129,89
29	Río Biobío en desembocadura	277,24	210,54	161,91	179,78	498,51	1344,94	1376,50	1286,81	1115,13	802,94	608,69	422,02
22	Río Vergara en Tijeral	6,86	4,38	3,27	7,22	33,97	124,07	128,98	116,34	77,77	41,17	27,19	13,52

Fuente: Elaboración propia.

### III.2.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

Como ya se ha mencionado, esta cuenca también presenta OU con las que se realizó el ejercicio de integración, y cuyos resultados quedan plasmados en la Tabla III.12 en la que se presentan los caudales asociados a los DAA otorgados y en proceso de regularización, que se integraron con los de las OU para efectos de incorporar caudales susceptibles de ser regularizados en la estimación de la Demanda AAC. La estructura de la tabla es la misma que presentada para la cuenca del río Maule.

Las SSC consideradas en este análisis y las áreas donde estas OU entregan o captan sus aguas se presentan en la Figura III.11, en la que se puede apreciar que abarcan la zona media no solo de la cuenca del río Biobío, sino que también del área norte de la Región de la Araucanía (para el caso de las JV DH que tienen también jurisdicción en esta región).

Como se señaló en la metodología, los caudales se consideraron de ejercicio permanente, a excepción de la AC del río Laja que posee también caudales de carácter eventual. Así como ocurre en la cuenca del río Maule, estos caudales analizados son siempre iguales o inferiores a los indicados en las tablas de información de las OU incluidas en el análisis de Demanda AAC (Tabla II.5, Tabla II.6 y Tabla II.7), dado que no siempre fue posible asignar el caudal completo a los canales vinculados a su administración, o bien, alguno de dichos canales no fue posible de identificar en la red de la cobertura CNR.

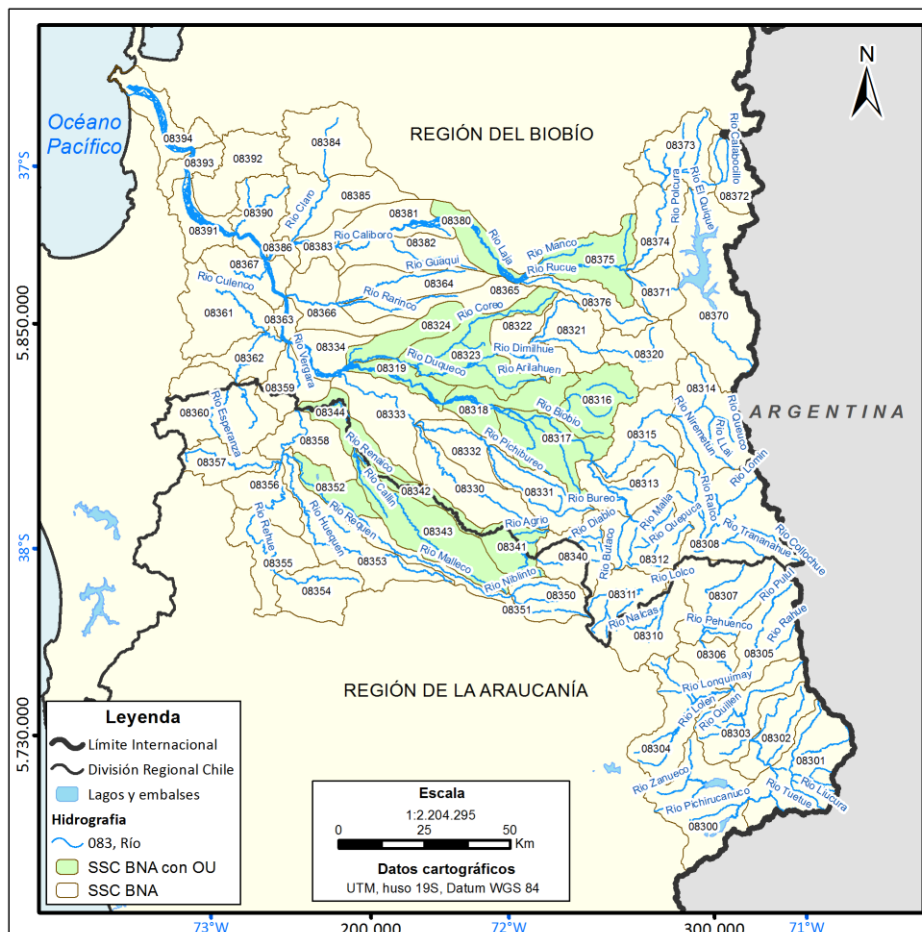
**Tabla III.12. Integración de caudales de OU y registrados en la DGA en la cuenca del río Biobío**

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

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)
JV DH del río Malleco y sus afluentes	8352	Río Malleco	4.582,00	688,4	1.170,00	40,60%	2.723,60
JV DH del río Renaico y sus Afluentes	8341; 8342; 8343; 8344	Río Renaico; Río Mininco	12.642,00	1.775,60	896,2	21,10%	9.970,30
AC Canal Laja (Eventual)	8380	Río Laja	13.000	13.083	0,0	100,64%	-83,00

Fuente: Elaboración propia

Figura III.11. Área de la cuenca del río Biobío en la que se realizó integración de caudales OU-DGA



Fuente: Elaboración propia

A partir de la Tabla III.12 se aprecia que solo la AC Biobío Sur, no requiere incorporar un caudal de ajuste, debido a que tiene registrado en la DGA casi todo el caudal administrado (inscrito en RPDAAs a nombre de los “Usuarios canal Biobío Sur”).

El caudal de ajuste más significativo es el proveniente de la integración del caudal administrado por la AC Canal Laja, con más de 39 m<sup>3</sup>/s. Luego con un valor más bajo está el caudal de ajuste asociado a la AC Canal Zañartu con 14 m<sup>3</sup>/s. En ambos casos, no obstante, son mucho menores que los que se requirió ajustar en el caso de la cuenca del río Maule.

Los caudales involucrados en la Demanda AAC de DAA, ya sea consuntivos y no consuntivos permanentes (permanentes y eventuales), provenientes de las distintas fuentes (RPDAA, procesos de regularización, OU y reservas), así como también de caudal ecológico, expresados en caudal medio mensual se presenta en la Tabla III.13.

Los caudales consuntivos permanentes comprometidos, se mantienen estables durante el año en las distintas UA. Solo la UA 28 (Río Laja en San Rosendo) presenta una mayor variación en periodo invernal (entre mayo y agosto) en el que disminuye la demanda. Es la UA que presenta la mayor demanda media anual seguida por la UA 57 con 140 y 118 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, aunque esta última tiene una demanda más estable. Luego, le siguen las UA 71 y 29. Se puede apreciar que esta demanda es similar a la observada en la cuenca del río Maule, siendo sus caudales levemente menores.

Los caudales consuntivos eventuales por su parte son significativamente bajos en todas las UA y muy estables durante el año. La UA que presenta un mayor requerimiento de caudal de este tipo es también Río Laja en San Rosendo con aproximadamente 13 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual.

De esta manera, esta UA es la más relevante en términos de caudal comprometido de derechos consuntivos, los que llegan a alcanzar un requerimiento mensual de hasta 175 m<sup>3</sup>/s entre los meses de septiembre y abril. Esta UA está vinculada al río Laja, donde se presentan OU, entre ellas, la AC del Canal Laja y la AC del Canal Zañartu, cuyos caudales de ajuste representan una proporción significativa del caudal consuntivo de la UA, aunque se constata la existencia de una parte de su caudal registrado como DAA a nombre de las propias OU en el RPDAA.

La UA Río Biobío en Coihue (UA 57) de la zona media de la cuenca, también cuenta con la presencia de variadas AC, destacando la AC del Canal Biobío Sur, Canal Biobío Norte, Canal Biobío Negrete y Canal Duqueco-Cuel, las que en su conjunto tienen cerca de la mitad de ese caudal inscrito como DAA a nombre de las organizaciones (o el Fisco en el caso de Duqueco Cuel). Estos DAA pueden estar entonces vinculados a estas OU con la finalidad de ser utilizados principalmente para riego.

En cuanto a los derechos NC permanentes, se presenta una mayor variabilidad intraanual de esta demanda. Se destacan las UA asociadas y conectadas por el curso principal de la cuenca (UA 23, 57 y 29) con caudales medio anuales que fluctúan entre 1.175 y 1.300 m<sup>3</sup>/s, presentando requerimientos mensuales que superen los 2 mil m<sup>3</sup>/s entre los meses de junio y octubre, destacándose más de 2.500 m<sup>3</sup>/s en la UA 29 (Río Biobío en desembocadura) en el mes de julio, lo cual genera restricciones aguas arriba (UA 57 y 23). En esta cuenca existen dos grandes embalses de regulación para fines hidroeléctricos, Pangue y Ralco (UA 23) que regulan la circulación de las aguas, por lo que han tenido que generar acuerdos de operación con las otras OU presentes en la cuenca del Biobío.

Los caudales NC eventuales también presentan una variabilidad importante. Los requerimientos mayores se mantienen en las 3 UA antes mencionadas, siendo la UA 57 (Río Biobío en Coihue) la que presenta una mayor demanda, la que en el año promedia los 2.604 m<sup>3</sup>/s, alcanzando cerca de los 4.300 m<sup>3</sup>/s en el mes de junio. Y, en consecuencia, en términos de caudal NC total, Río Biobío en Coihue es la UA con las demandas más significativas (promedio anual mayor a 3.900 m<sup>3</sup>/s) que proviene casi en su totalidad de DAA otorgados.

La cuenca del río Biobío, por tanto, se caracteriza por su gran demanda agrícola en la zona media, con gran presencia de AC y JV De Hecho (Renaico y Malleco), mezclada con la operación de centrales hidroeléctricas de pasada y también del tipo represa, que utilizan elevado caudal del tipo no consuntivo.

Por último, se debe mencionar que dentro de los caudales comprometidos señalados en la Tabla III.13, se presenta una reserva de caudales (artículo 147 bis del Código de Aguas) en el río Queuco (Decreto

1789/2009<sup>56</sup>), dentro de la UA 23, por un total de 2,2 m<sup>3</sup>/s de ejercicio eventual entre los meses de mayo y noviembre. Finalmente, el caudal ecológico se va incrementando hacia la parte baja de la cuenca, alcanzado cerca de 170 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual desde Río Biobío en desembocadura, teniendo las distintas UA, requerimientos mensuales que fluctúan entre los 7 y 216 m<sup>3</sup>/s, los que en el caso del río Biobío se incrementan progresivamente aguas abajo.

---

<sup>56</sup> Decreto 1789/2009. Deniega en parte Solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales que indica. Ministerio de Obras Públicas.

Tabla III.13. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Biobío, caudal medio mensual (m3/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
71	Desembocadura	C-P	80,3	80,3	80,2	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,2	80,3	
		NC-P	6,0	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
		C-E	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
		NC-E	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	109,0	107,8	107,8	107,8	136,7	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7	162,0
28	Río Laja en San Rosendo	C-P	161,8	161,5	161,5	161,8	96,8	96,8	96,8	96,8	161,8	161,8	161,8	162,0	
		NC-P	396,0	382,5	387,1	429,5	544,4	889,9	942,4	747,5	711,3	614,0	539,1	443,0	
		C-E	13,3	13,6	13,6	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	
		NC-E	245,3	219,0	206,3	325,8	455,3	463,0	439,7	427,3	408,6	478,1	461,1	391,7	
		Q-E	24,8	20,4	20,4	20,4	22,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	40,9	35,4
57	Río Biobío en Coihue	C-P	118,3	117,8	117,8	118,3	118,5	118,5	118,5	118,5	118,5	118,5	118,5	118,4	
		NC-P	598,7	462,9	437,0	467,6	782,5	1.917,4	2.135,4	2.071,1	2.076,0	2.111,0	1.599,7	942,1	
		C-E	0,6	1,2	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
		NC-E	1.082,8	744,1	562,2	1.174,4	4.217,3	4.277,7	4.247,4	3.395,4	3.074,5	3.053,5	3.017,3	2.401,6	
		Q-E	54,7	54,7	54,7	54,7	67,1	109,4	109,4	109,4	109,4	109,4	109,4	109,4	78,2
23	Río Biobío en La Culebra	C-P	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	
		NC-P	779,7	669,1	599,6	634,3	809,3	1.467,1	1.532,3	1.512,4	1.672,7	1.775,9	1.588,7	1.055,3	
		C-E	3,2	3,3	3,3	3,3	6,1	6,1	6,3	6,1	6,1	6,1	6,1	3,8	
		NC-E	698,5	436,4	309,7	753,2	2.428,7	2.419,9	2.357,0	1.898,6	1.647,3	1.746,8	1.740,5	1.696,0	
		Q-E	33,1	33,1	33,1	33,1	33,3	66,1	66,1	66,1	66,1	66,1	66,1	66,1	45,8
29	Río Biobío en desembocadura	C-P	50,8	50,2	50,2	50,8	56,7	56,8	56,8	56,8	56,8	56,3	56,7	56,6	52,8
		NC-P	286,3	195,1	171,1	299,1	637,0	2.335,3	2.527,6	2.492,4	2.466,9	1.992,2	1.170,4	537,9	
		C-E	7,4	4,5	4,4	7,5	2,9	2,8	2,8	2,8	3,3	2,9	3,0	7,1	
		NC-E	1.174,2	726,1	639,5	1.625,3	2.758,9	1.270,8	1.130,3	987,4	938,1	1.067,6	1.849,1	2.310,8	
		Q-E	109,0	107,7	107,7	107,7	136,6	215,4	215,4	215,4	215,4	215,4	215,4	215,4	162,0
22	Río Vergara en Tijeral	C-P	10,7	10,7	10,7	10,8	11,1	11,2	11,3	11,3	11,2	11,2	11,0	10,8	
		NC-P	21,1	18,8	17,2	20,4	74,8	180,5	211,9	197,1	144,7	102,3	57,5	34,7	
		C-E	1,4	1,4	1,3	1,4	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,8	
		NC-E	69,8	41,0	51,6	112,8	312,6	261,2	249,2	220,1	185,5	168,8	138,0	99,1	
		Q-E	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	11,4	7,6	

Fuente: Elaboración propia

### III.2.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

La OJ y el CONCAA, para la cuenca del río Biobío, se sintetiza en la Tabla III.14, Tabla III.15 y Tabla III.16 con los datos de los caudales para cada una de las UA que pertenecen a la cuenca en las probabilidades de excedencia del 85%, 50% y 10%, respectivamente.

#### *i) Probabilidad de excedencia del 85%*

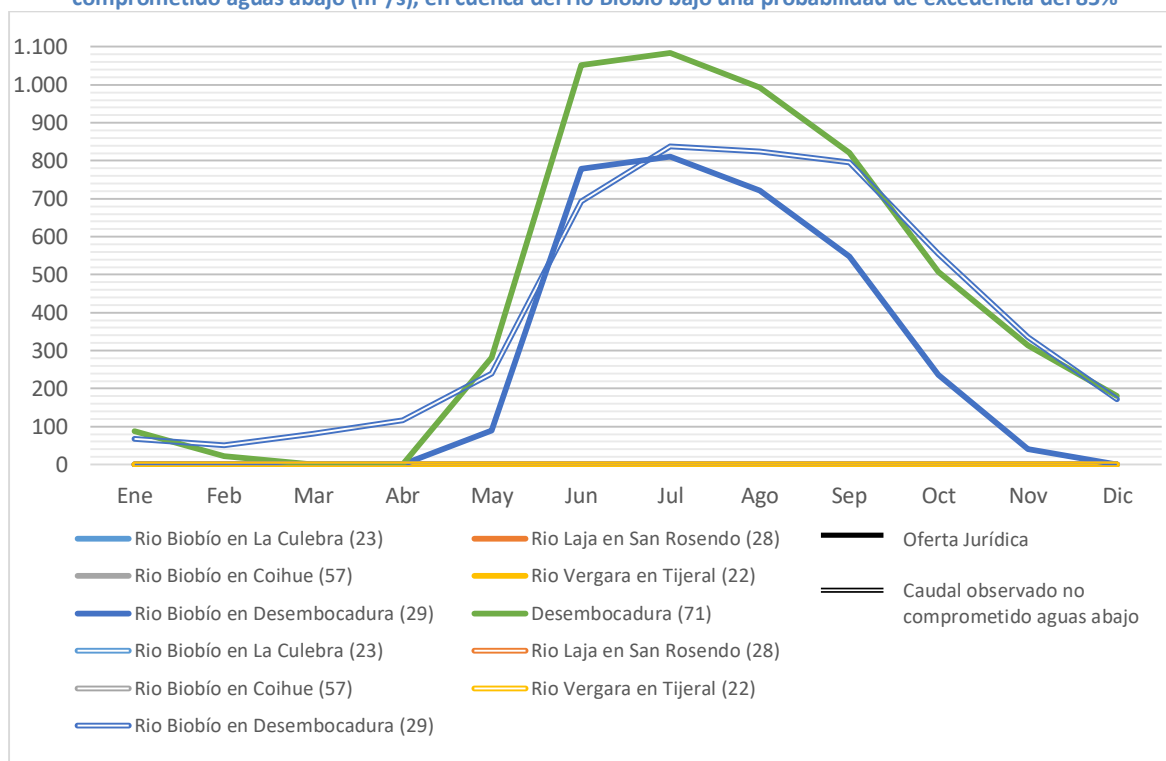
Bajo una probabilidad del 85%, se puede observar en la Tabla III.14 que la cuenca solo presenta 2 UA con OJ positiva, concentradas en su parte baja: Río Biobío en desembocadura (OU 29) y la desembocadura (OU 71), con caudales medios anuales que alcanzan los 269 y 445 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, teniendo esta última las mayores disponibilidades mensuales que alcanzan los 1.083,1 m<sup>3</sup>/s en el mes de julio. Estas UA presentan entre 4 y 5 meses caudales superiores a los 500 m<sup>3</sup>/s a partir del mes de junio (se extienden a 8 si se observan los caudales mayores a 100 m<sup>3</sup>/s).

No obstante, es importante señalar también que su variabilidad interanual es alta, teniendo a nivel de cuenca dos meses con OJ nula (marzo y abril).

Probablemente por la gran demanda no consuntiva, en esta cuenca se presentan en su mayoría nulos CONCAA, tanto para ésta como para las otras probabilidades de excedencia analizadas, dado que el caudal que se debe dejar pasar es considerablemente alto durante todo el año. Solo en el caso de la UA 29, ubicada en la parte baja de la cuenca, se presentarían caudales considerables superiores a los 50 m<sup>3</sup>/s que podrían ser objetos de negociación.

Es así como las UA de la zona baja de la cuenca -Río Biobío en desembocadura (UA 29) y desembocadura (UA 71)- las que presentan disponibilidad como OJ y en el caso de la UA 29 también como CONCAA (Figura III.12). De los meses en que la OJ es escasa -entre enero y abril- el caudal observado solo en abril presenta un caudal mayor a 100 m<sup>3</sup>/s que puede ser un caudal de interés para buscar acuerdos para trasvases de volúmenes. Los caudales superan los 500 m<sup>3</sup>/s entre los meses de junio y octubre en cualquiera de las dos variables.

Figura III.12. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Biobío bajo una probabilidad de excedencia del 85%



Fuente: Elaboración propia



**Tabla III.14. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Biobío para un 85% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
28	Río Laja en San Rosendo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	Río Biobío en Coihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	Río Biobío en La Culebra	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Río Biobío en desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0	778,9	810,9	720,7	548,7	235,2	40,9	0,0	268,7
		CONCAA	67,7	50,3	81,5	115,8	240,2	693,1	838,3	824,7	795,1	555,2	335,6	171,2	397,4
22	Río Vergara en Tijeral	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71	Desembocadura	OJ	88,0	22,4	0,0	0,0	282,3	1.051,1	1.083,1	992,9	820,4	507,4	312,9	179,8	445,0

Fuente: Elaboración propia

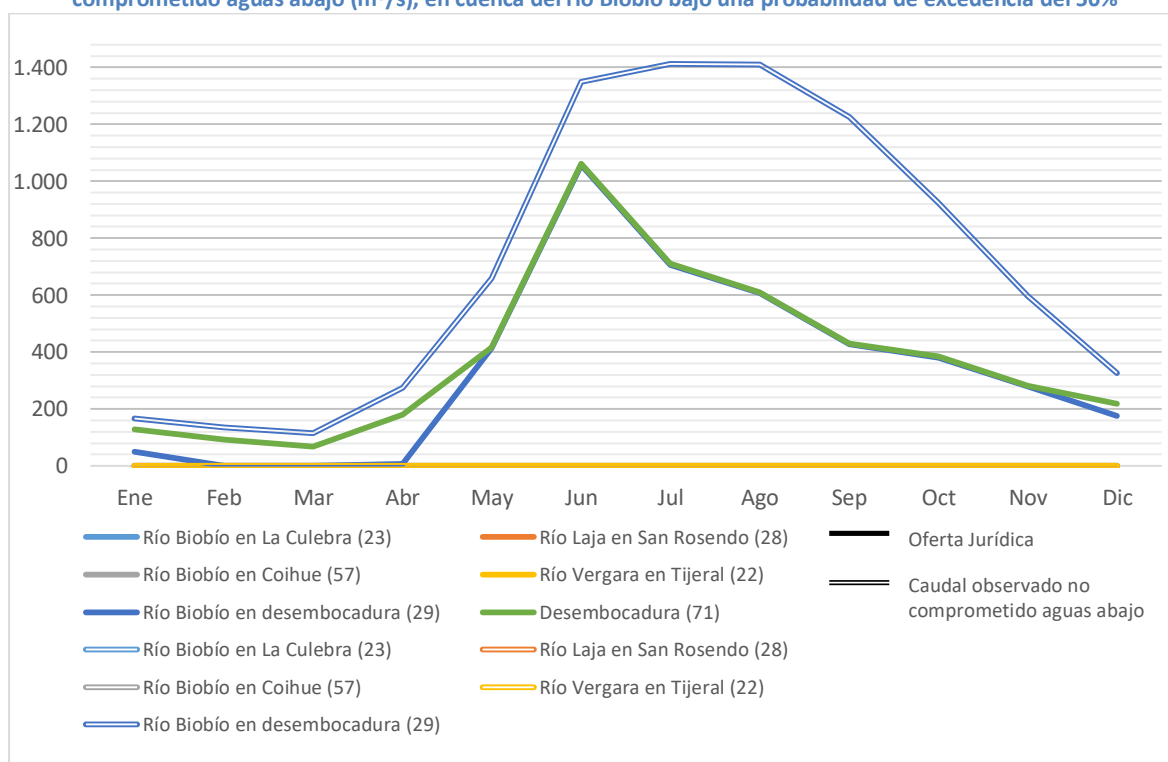
**ii) Probabilidad de excedencia del 50%**

Bajo una probabilidad de excedencia del 50%, la OJ se mantiene en las UA 29 y 71 antes mencionadas, con ofertas mensuales similares, y con caudales medio anuales que superan los 340 m<sup>3</sup>/s (Tabla III.15).

Los meses con mayor disponibilidad se concentran entre junio y septiembre con aportes individuales mayores a los 400 m<sup>3</sup>/s. Bajo este escenario de probabilidad, ya la cuenca presenta algún nivel de oferta para todos los meses.

En cuanto al CONCAA, se mantiene una situación de ausencia de caudales para posibles transacciones, salvo para la UA 29, la cual es más alta que la OJ en general y nunca es inferior a los 100 m<sup>3</sup>/s (Figura III.13). Entre los meses de mayo y noviembre, además estos caudales no comprometidos aguas abajo, son superiores a los 500 m<sup>3</sup>/s.

**Figura III.13. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Biobío bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.15. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Biobío para un 50% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
28	Río Laja en San Rosendo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	Río Biobío en Coihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	Río Biobío en La Culebra	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Río Biobío en desembocadura	OJ	48,7	0,0	0,0	6,3	413,5	1.057,6	706,8	607,0	426,7	381,1	279,1	176,2	341,9
		CONCAA	166,4	134,9	115,2	275,1	658,8	1.349,7	1.412,4	1.410,7	1.225,3	925,1	596,5	326,9	716,4
22	Río Vergara en Tijeral	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71	Desembocadura	OJ	128,0	91,9	68,7	180,7	416,5	1.060,5	709,6	609,8	430,0	384,0	282,1	218,2	381,7

Fuente: Elaboración propia

### iii) Probabilidad de excedencia del 10%

En un escenario de excedencia de un 10%, se pueden apreciar en la Tabla III.16, que la OJ aumenta en las mismas UA que se han destacado, con caudales medios anuales desde 1.150 m<sup>3</sup>/s, a las cuales solo se agrega en el mes de junio una oferta considerablemente inferior en la UA 22.

La oferta mensual en cada una de estas UA parte desde aproximadamente 500 m<sup>3</sup>/s, aumentando entre los meses de abril y diciembre, y superando en cada una los 2 mil m<sup>3</sup>/s entre los meses de mayo y julio, destacándose el mes de mayo por aportes que superan los 3 mil m<sup>3</sup>/s.

Es interesante contrastar estos resultados con lo estipulado en la Declaración de Agotamiento del río Laja y sus afluentes (Decreto 1898/1952<sup>57</sup>), donde desde ese año se reconoce un agotamiento del caudal para efectos de constituir nuevos derechos. En este caso, se observa que para la UA 28 no existe OJ ni siquiera para la probabilidad de excedencia del 10%.

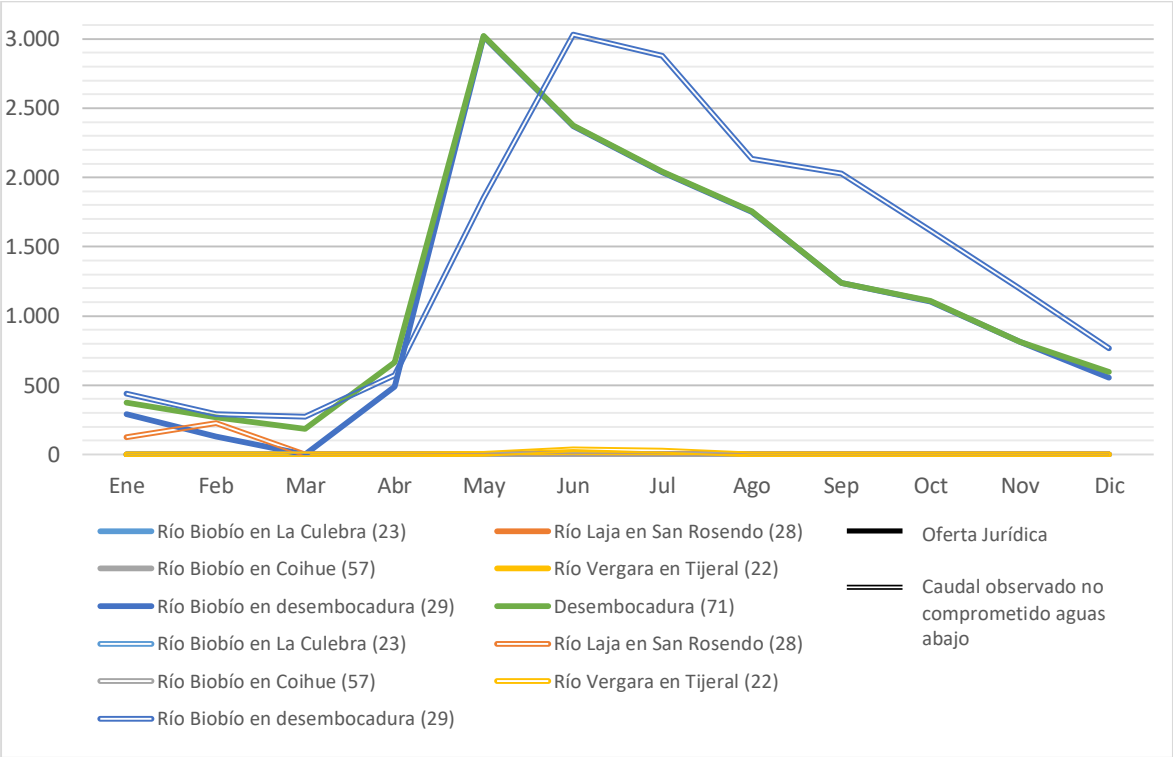
El CONCAA, se sigue expresando de forma importante solo en la UA 29, ubicada en la parte baja de la cuenca, en la que se presentan caudales superiores a los 250 m<sup>3</sup>/s, los que podrían ser objeto de negociación, para distintas probabilidades de excedencia. Además, en el caso de la UA 22 (río Vergara), se presentarían CONCAA distintos de cero concentrados en los meses de invierno, pero en órdenes de magnitud inferiores al compararlos con los de la zona baja de la cuenca. Por último, cabe mencionar que dos estaciones tienen deficiencias importantes de datos (relacionadas a las UA 23 y 28, con dos y cinco años de datos observados, respectivamente), lo que genera mayor incertidumbre en los resultados obtenidos para estas UA.

Comparando la OJ y el CONCAA en las UA 29 y 71 (Figura III.14), ambas variables tienen un *peak* que bordea los 3 mil m<sup>3</sup>/s, y no disminuye de los 200 m<sup>3</sup>/s en gran parte del año (salvo los meses de febrero y marzo). Se destaca que, entre mayo y octubre, en ambas UA se superan los mil m<sup>3</sup>/s. Se observa además que el CONCAA de la UA 29 es mayor a la OJ de la UA 71 entre los meses de junio a diciembre, pero manteniendo órdenes de magnitud similares.

---

<sup>57</sup> Decreto 1898/1952. Declara agotado caudal río Laja y sus afluentes. Ministerio de Obras Públicas.

Figura III.14. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Biobío bajo una probabilidad de excedencia del 10%



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.16. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Biobío para un 10% de probabilidad de excedencia

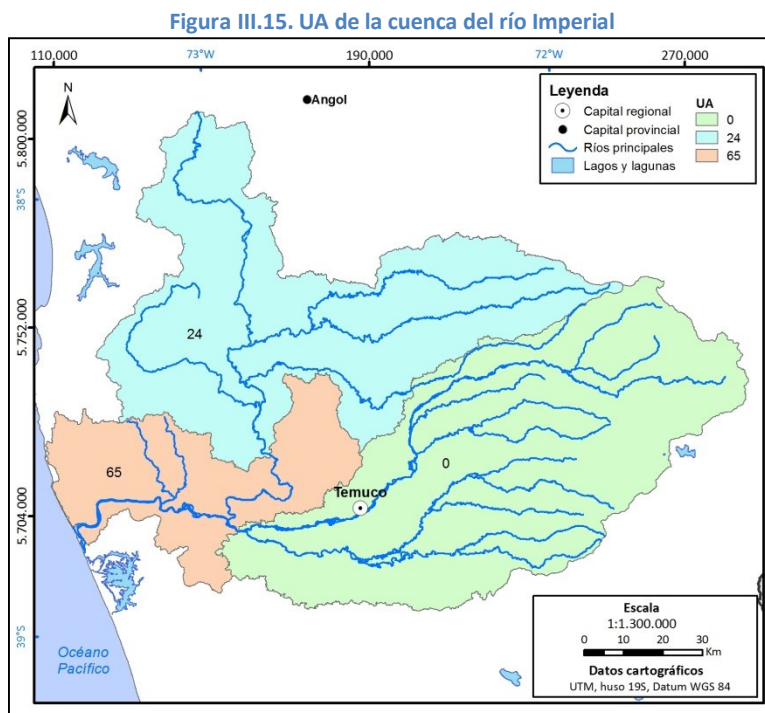
Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
28	Río Laja en San Rosendo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	122,7	225,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
57	Río Biobío en Coihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	Río Biobío en La Culebra	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Río Biobío en desembocadura	OJ	293,2	128,8	0,0	490,9	3.016,2	2.370,8	2.038,9	1.753,0	1.236,4	1.104,5	811,9	555,0	1.150,0
		CONCAA	440,2	293,2	273,5	573,3	1.851,2	3.030,4	2.880,8	2.135,4	2.030,2	1.617,4	1.198,0	768,2	1.424,3
22	Río Vergara en Tijeral	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	38,2	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
71	Desembocadura	OJ	372,4	268,9	183,1	665,3	3.020,8	2.375,1	2.042,4	1.755,8	1.239,7	1.107,4	814,9	597,0	1.203,6

Fuente: Elaboración propia

### III.3. Cuenca del río Imperial

#### III.3.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Imperial

En la cuenca del río Imperial se definieron tres UA, diferenciadas por colores en la Figura III.15, de las cuales dos presentan características de cabecera de la cuenca y de cuenca media (UA 0 y 24), y la restante (unidad 65) presenta características de desembocadura de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

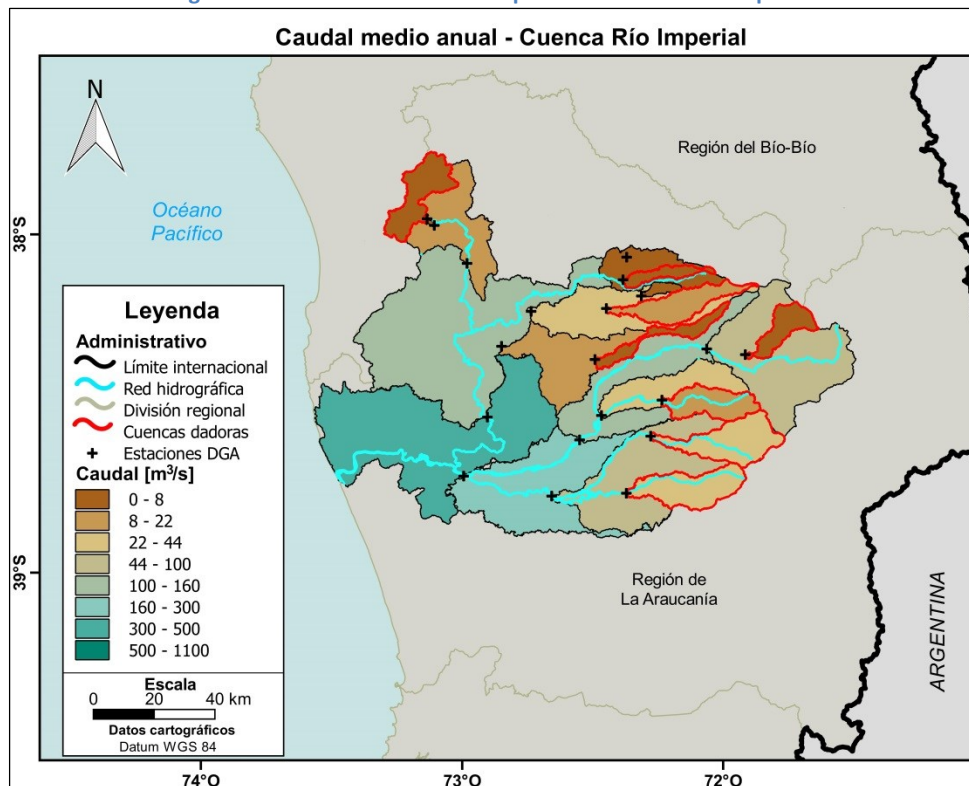
Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, se respetó la jurisdicción de la JV del Río Cautín la cual se ubica dentro de la UA 0 (Figura III.15).

#### III.3.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.16, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. Para el río Imperial los mayores afluentes provienen desde el Este donde la Cordillera de los Andes es menos elevada que en las cuencas vecinas.

En la Figura III.16 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.16. Oferta Natural anual para la cuenca del río Imperial.

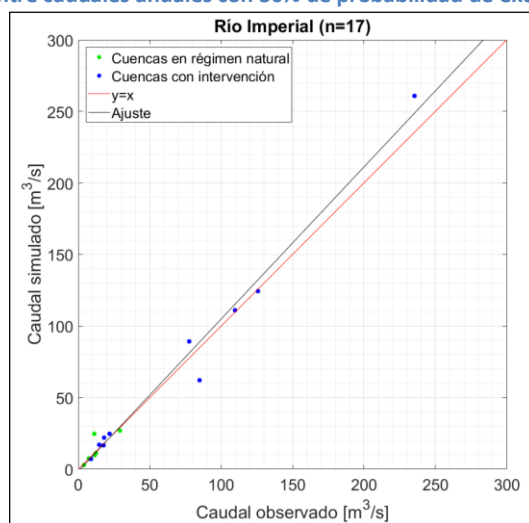


Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las cuencas presentan un caudal 50% natural simulado menor a 30 m<sup>3</sup>/s (Figura III.17), encontrándose en torno a la función identidad al ser contrastadas con los caudales medidos. Mientras que las cuencas con intervención muestran un caudal similar al medido por las estaciones fluviométricas. La estación con mayor caudal simulado de 260 m<sup>3</sup>/s muestra que es mayor en cerca del 10% respecto al medido.

En la Tabla III.17, Tabla III.18 y Tabla III.19, se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

Figura III.17. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.





**Tabla III.17: Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Imperial.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	Río Cautín en Almagro	191,1	159,5	141,8	191,3	546,3	757,9	765,3	662,5	520,2	448,4	407,2	289,9
24	Río Cholchol en Cholchol	57,2	40,6	32,0	47,7	218,4	417,6	452,1	363,4	271,8	201,3	157,5	90,4
65	Desembocadura	259,0	205,8	176,0	238,5	855,1	1.282,1	1.340,2	1.125,5	873,2	708,7	526,0	402,3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.18. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Imperial.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
24	Río Cholchol en Cholchol	36,76	26,76	21,05	24,04	67,04	224,51	266,11	234,48	180,11	114,99	80,65	56,01
0	Río Cautín en Almagro	139,35	109,72	95,76	114,44	225,23	477,61	475,94	455,61	361,76	273,52	216,86	184,55
65	Desembocadura	185,84	140,22	119,06	143,96	304,05	729,19	813,05	766,14	597,19	417,80	333,13	253,13

**Tabla III.19. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Imperial.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
24	Río Cholchol en Cholchol	25,82	19,39	15,19	13,90	21,61	121,29	166,74	159,23	131,12	74,37	54,09	37,62
0	Río Cautín en Almagro	97,48	83,10	71,14	76,58	106,61	265,55	321,28	317,51	277,07	189,73	163,27	128,23
65	Desembocadura	126,71	105,17	88,61	93,44	124,81	433,70	531,29	527,90	449,65	294,22	230,06	173,39

Fuente: Elaboración propia.

### III.3.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

En esta cuenca también se realizó un proceso de integración con caudales asociados a la JV DH del río Cautín, manteniéndose los caudales obtenidos desde los registros de la DGA sin requerir la incorporación de un caudal de ajuste (ver Tabla III.20). Lo anterior se debe a que el caudal identificado en la DGA –ya sea registrado en el RPDA o en las solicitudes de regularización- es superior al administrado por esta OU (al caudal al cual se le pudo asignar una ubicación espacial como ya se ha señalado).

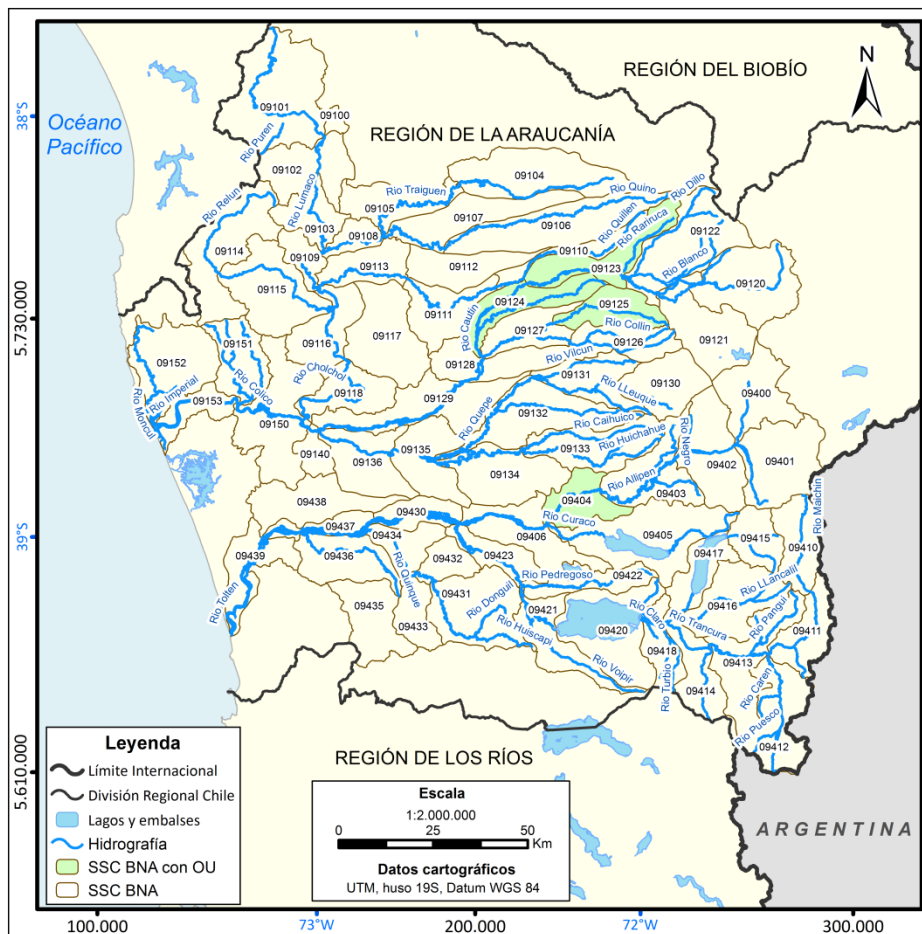
Las SSC consideradas en esta integración, se pueden apreciar en la Figura III.18.

**Tabla III.20. Integración de caudales de OU y registrados en la DGA en la cuenca del río Imperial**

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)
JV De Hecho del Río Cautín	09123; 09124; 09129	Río Cautín	19.100,0	23.348,0	99,6	122,8%	-4.347,6

Fuente: Elaboración propia

Figura III.18. Área de las cuencas del río Imperial y Toltén en la que se realizó integración de caudales OU-DGA



Fuente: Elaboración propia

La Demanda AAC de DAA consuntivos permanentes y no consuntivos permanentes (RPDAA), así como también de caudal ecológico, expresados en caudal medio mensual se presenta en la Tabla III.21.

Respecto a los caudales de ejercicio consuntivo y permanente, se destaca la UA 65 (desembocadura) con un caudal promedio anual de 221 m<sup>3</sup>/s, el cual no disminuye de los 215 m<sup>3</sup>/s al analizar las demandas mensuales. La UA 24 por su parte, es la que menos demanda consuntiva permanente presenta y la que tiene mayores fluctuaciones entre meses. Al analizar la variación a través del año se observa que las demandas son mayores entre los meses de junio y septiembre. A pesar de que no se reconocen OU en la UA 65, se identificaron seis DAA consuntivos de ejercicio permanente que no poseen información de ubicación (coordenadas). Por tanto, se vinculó su caudal a la desembocadura con el objetivo de que efectivamente limitaran la disponibilidad de la cuenca, pero no necesariamente se ubican en dicha UA.

En la UA 0 (Río Cautín en Almagro) destaca la presencia de la JV De Hecho del río Cautín, con más de 80 m<sup>3</sup>/s bajo su administración (de ejercicio permanente y eventual), con la finalidad de ser utilizados para riego. En dicha UA, se lograron georreferenciar un poco más de 19 m<sup>3</sup>/s de ejercicio permanente -tal como se aprecia en la Tabla III.20.

En cuanto al caudal consuntivo eventual, las demandas no resultan significativas, ni presentan una tendencia clara en el año. Esta vez es la UA 0 la que presenta una mayor demanda, que como promedio anual alcanza los 35 m<sup>3</sup>/s. En cualquier caso, es la UA correspondiente a la desembocadura la que tiene finalmente

una mayor demanda consuntiva comprometida, la que se conforma en su mayoría por DAA otorgados y registrados en el RPDA.

En cuanto a la demanda no consuntiva, en DAA permanentes, destaca Río Cautín en Almagro (UA 0) con un promedio anual de 759 m<sup>3</sup>/s y una alta variabilidad interna. Se destacan los requerimientos de caudal entre los meses de junio y septiembre con una demanda que supera los 1.200 m<sup>3</sup>/s.

A nivel de derechos NC eventuales, esta UA sigue siendo la más relevante de la cuenca, con caudales comprometidos mayores que los permanentes y que promedian anualmente los 1.335 m<sup>3</sup>/s, con caudales menores solo entre enero y abril, destacándose por el contrario los más de 2 mil m<sup>3</sup>/s requeridos entre los meses de mayo y julio, provenientes casi en su totalidad de DAA otorgados. Esta demanda, a pesar de ser alta, no limitaría la disponibilidad aguas arriba de la unidad, pues es una cuenca de cabecera, ni tampoco aguas abajo, pues los puntos de captación y restitución se encuentran dentro de la UA.

Por último, cabe mencionar que en la cuenca no se presentan reserva de caudales (artículo 147 bis del Código de Aguas), y que los caudales ecológicos son bastante relevantes en la zona de desembocadura (UA 65) con 63,6 m<sup>3</sup>/s como promedio anual y que recibe los aportes de las otras dos UA. Entre los meses de junio y noviembre el caudal ecológico en esta UA alcanza los 80 m<sup>3</sup>/s.

Tabla III.21. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Imperial, caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
24	Río Cholchol en Cholchol	C-P	15,9	15,8	15,8	15,8	17,1	39,1	39,6	39,6	39,0	19,7	18,9	16,5
		NC-P	9,4	7,9	8,0	8,4	11,2	30,4	37,1	35,8	30,6	20,5	13,0	12,5
		C-E	7,8	7,6	5,4	7,8	7,4	4,8	4,3	4,3	4,8	5,8	6,3	7,9
		NC-E	9,5	7,5	7,6	11,2	67,5	60,6	59,4	43,5	37,7	38,0	35,4	17,1
		Q-E	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2
0	Río Cautín en Almagro	C-P	64,0	63,7	63,4	64,0	75,6	83,1	83,9	83,8	81,1	79,3	77,9	78,9
		NC-P	333,6	281,0	263,3	302,2	493,0	1.379,9	1.423,7	1.383,3	1.262,1	888,8	672,4	421,1
		C-E	40,7	36,0	38,0	54,4	36,8	30,6	30,7	29,1	31,8	32,3	29,5	29,6
		NC-E	470,0	363,4	288,5	656,1	2.544,4	2.248,3	2.362,6	1.518,3	1.423,9	1.587,4	1.403,0	1.152,7
		Q-E	36,5	35,5	30,0	30,5	38,5	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2
65	Desembocadura	C-P	215,9	215,8	215,7	215,8	221,8	225,0	225,0	225,0	225,0	224,9	224,4	221,3
		NC-P	30,5	30,0	29,7	30,0	31,6	39,9	40,2	40,0	38,4	37,6	35,7	31,8
		C-E	10,2	10,0	8,9	10,3	5,4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,7	5,1
		NC-E	8,3	5,9	5,2	10,5	21,9	17,5	19,8	12,1	11,8	13,4	13,5	12,1
		Q-E	46,0	44,6	40,0	40,0	44,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0

Fuente: Elaboración propia

### III.3.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

Respecto a la OJ y el CONCAA para la cuenca del río Imperial, se presentan en la Tabla III.22, Tabla III.23 y Tabla III.24, sus caudales asociados para cada una de las UA que pertenecen a la cuenca en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas: 85%, 50% y 10%, respectivamente.

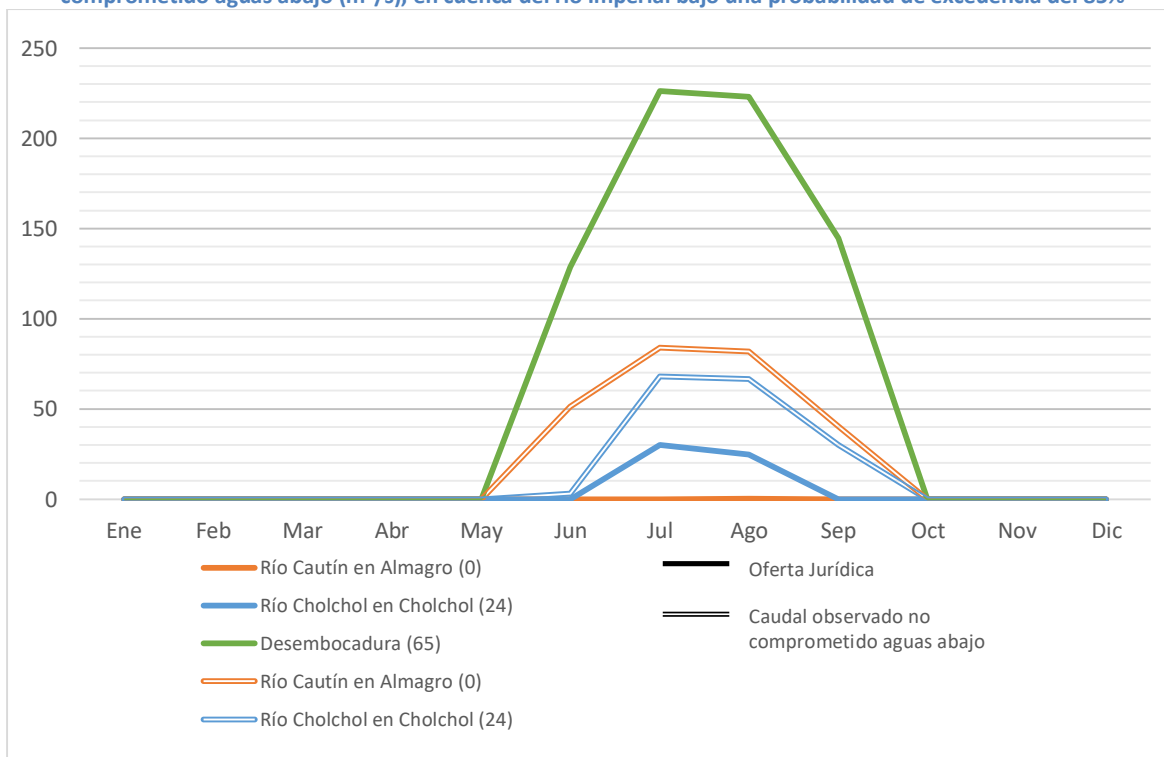
#### i) Probabilidad de excedencia del 85%

Con una probabilidad de excedencia del 85%, la OJ en la cuenca se concentra en la desembocadura (UA 65) entre los meses de junio y septiembre solamente, presentando OJ nula el resto del año. En estos meses, la oferta fluctúa entre 128 y 226 m<sup>3</sup>/s, presentando una disponibilidad mucho menor que las UA de las cuencas del río Biobío y río Maule.

En la cuenca del río Imperial, de las tres UA que se delimitaron, solo dos poseen datos de estaciones fluviométricas al cierre. Con la información estadística disponible en ellas, es posible observar que con una probabilidad de excedencia del 85%, ambas UA de la cuenca poseen CONCAA mayores a 30 m<sup>3</sup>/s entre los meses de julio y septiembre, siendo mayores en la UA 0.

Comparativamente entre ambas variables, es la OJ en la desembocadura (UA 65) la que presenta una mayor disponibilidad de caudal (Figura III.19). Se presentan CONCAA, pero que no alcanzan los 100 m<sup>3</sup>/s. En cualquiera de los dos casos, solo entre los meses de junio y septiembre se presenta alguna disponibilidad de OJ y CONCAA.

Figura III.19. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Imperial bajo una probabilidad de excedencia del 85%



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.22. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Imperial para un 85% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. anual
24	Río Cholchol en Cholchol	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	68,1	66,7	30,0	0,0	0,0	0,0	14,0
0	Río Cautín en Almagro	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	83,8	81,8	40,2	0,0	0,0	0,0	21,4
65	Desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,6	226,2	222,8	144,6	0,0	0,0	0,0	60,2

Fuente: Elaboración propia

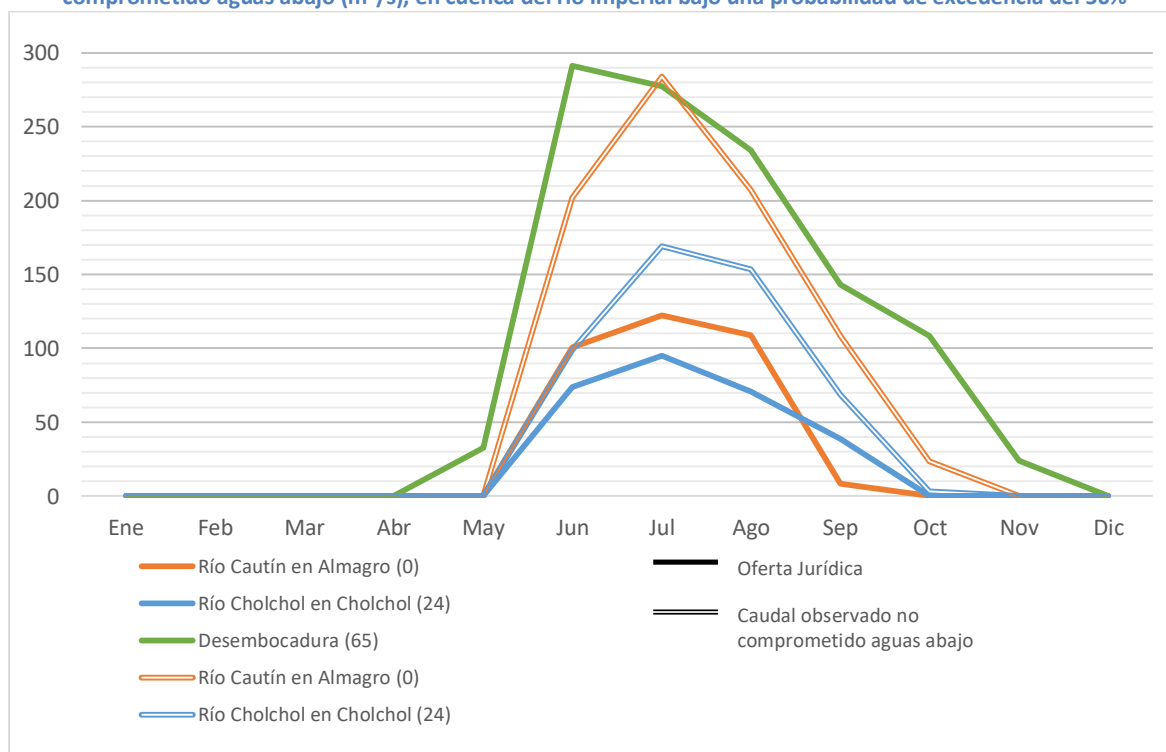
### ii) Probabilidad de excedencia del 50%

Bajo un 50% de probabilidad de excedencia, la OJ no cambia fuertemente respecto a la probabilidad del 85% en cuanto al periodo en que se presenta y la UA más importante sigue siendo la desembocadura. En este caso, los caudales mensuales demandados pueden superar los  $200 m^3/s$  entre los meses de julio y agosto. A nivel de cuenca, sigue habiendo al menos 5 meses con OJ nula (ver Tabla III.23).

En cuanto al CONCAA, bajo esta probabilidad de excedencia, se presentan mayores caudales, pero concentrados entre junio y septiembre.

Considerando ambas variables, en la Figura III.20 se evidencia una concentración de caudal para el mismo periodo, con caudales que fluctúan entre los  $100$  y  $300 m^3/s$ . Aquí también se destaca la UA de Río Cautín en Almagro (0), pero para el CONCAA, con niveles de caudal similares a los presentados en la desembocadura (UA 65) para el caso de la OJ.

**Figura III.20. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Imperial bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.23. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Imperial para un 50% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. anual
24	Río Cholchol en Cholchol	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	95,0	70,9	38,7	0,0	0,0	0,0	<b>23,2</b>
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	169,0	153,3	68,6	3,3	0,0	0,0	<b>41,1</b>
0	Río Cautín en Almagro	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,8	122,2	109,0	8,5	0,0	0,0	0,0	<b>28,4</b>
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	202,1	284,1	207,1	108,4	23,6	0,0	0,0	<b>68,8</b>
65	Desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	291,2	277,4	233,9	143,2	108,5	24,0	0,0	<b>92,6</b>

Fuente: Elaboración propia.

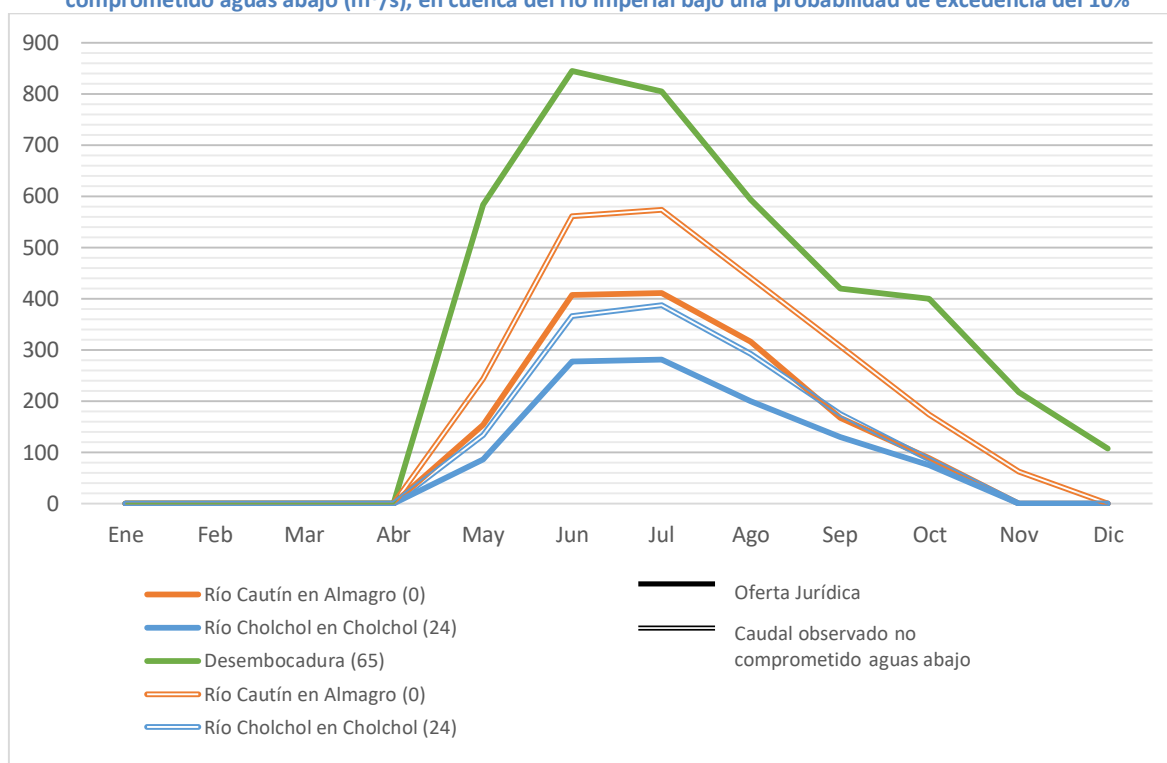
### *iii) Probabilidad de excedencia del 10%*

En un escenario menos probable del 10% de excedencia, las UA también presentan una OJ más alta comparada con los análisis de probabilidad anterior, pero siempre inferior a la UA ubicada en la desembocadura, la que tiene una mayor disponibilidad entre mayo y octubre con caudales mensuales que no disminuyen de los  $400 m^3/s$  (Tabla III.24).

Este periodo también es en el cual se concentran los caudales del CONCAA, existiendo caudales mayores a los  $85 m^3/s$  para dicho intervalo de meses

Observando ambas variables (Figura III.21), se tiene la UA ubicada en la desembocadura presenta los mayores caudales para la OJ entre los meses de mayo a diciembre, alcanzado valores superiores a  $800 m^3/s$ , llegando a mínimos cercanos a  $100 m^3/s$  en el mes de diciembre. Para el caso de los caudales susceptibles de ser negociados en un eventual proyecto de trasvase (CONCAA), se destaca nuevamente la UA 0, con caudales que superan los  $200 m^3/s$  entre los meses de mayo y septiembre, pero con son mucho menores que los observado para OJ en desembocadura.

Figura III.21. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Imperial bajo una probabilidad de excedencia del 10%



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.24. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Imperial para un 10% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluvimétrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. anual
24	Río Cholchol en Cholchol	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	86,1	277,6	281,0	199,8	130,3	75,0	0,0	0,0	<b>87,5</b>
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	133,4	366,4	387,2	291,8	174,2	86,4	0,0	0,0	<b>120,0</b>
0	Río Cautín en Almagro	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	153,8	407,7	411,6	316,0	167,0	88,4	0,0	0,0	<b>128,7</b>
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	243,5	561,5	573,8	441,5	307,8	174,1	62,5	0,0	0,0	<b>197,1</b>
65	Desembocadura	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	583,9	844,0	804,6	593,3	419,3	399,4	216,9	107,4	<b>330,7</b>

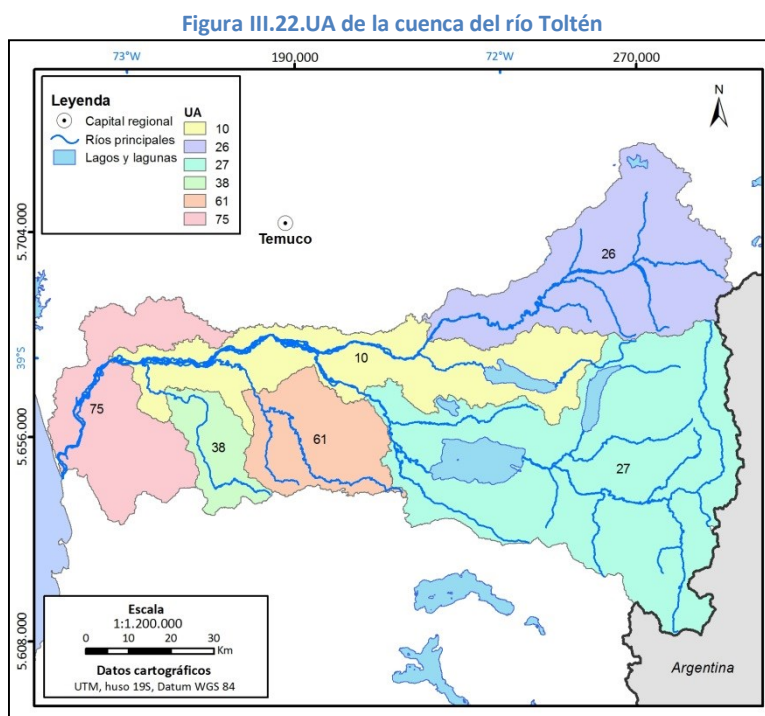
Fuente: Elaboración propia



### III.4. Cuenca del río Toltén

#### III.4.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Toltén

En la cuenca del río Toltén se definieron seis UA, diferenciadas por colores en la Figura III.22, de las cuales las UA 26 y 27 comprenden el sector de cabecera de la cuenca, las unidades 38 y 61 presentan características de cuenca media, la unidad 10 presenta características de cabecera y cuenca media, y la unidad 75 corresponde a la desembocadura.



Fuente: Elaboración propia.

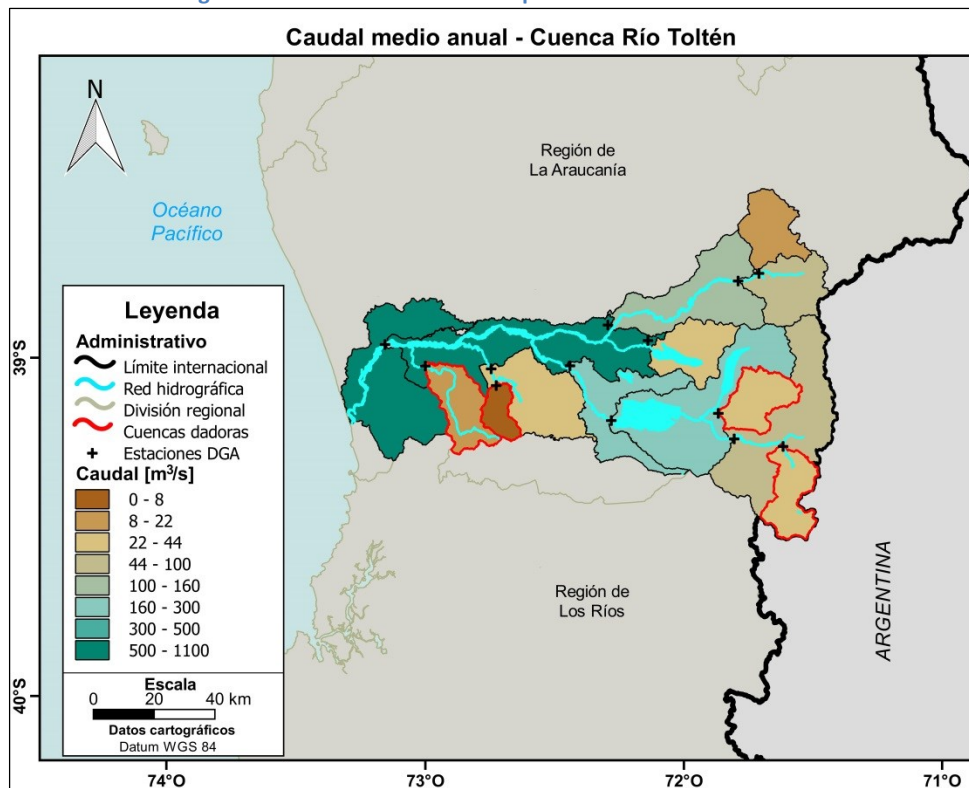
Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.

#### III.4.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.23, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. Para el río Toltén los mayores afluentes provienen desde la zona alta de la cordillera de los Andes, siendo un aporte casi-uniforme desde sur a norte.

En la Figura III.23 Las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.23. Oferta Natural anual para la cuenca del río Toltén.

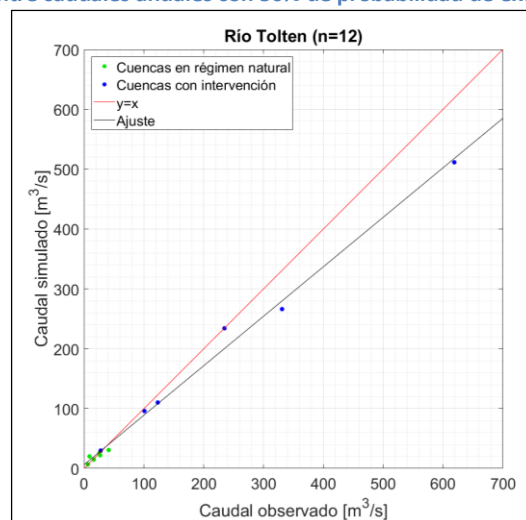


Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las cuencas presentan un caudal 50% natural simulado menor a  $45 m^3/s$  (Figura III.24), encontrándose en torno a la función identidad al ser contrastadas con los caudales medidos. Las cuencas con intervención presentan una tendencia a la subestimación del caudal medido por las estaciones fluviométricas. Mientras que el caudal natural simulado en la estación más cercana a la desembocadura de  $618 m^3/s$  es subestimado entorno al 17% respecto al medido.

En la Tabla III.25, Tabla III.26 y Tabla III.27 se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

Figura III.24. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.

Tabla III.25. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Tolten.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
26	Río Allipén en Los Laureles	105,0	91,6	72,1	88,6	198,0	241,7	246,1	217,4	191,6	185,8	174,5	147,9
10	Río Tolten en Teodoro Schmidt	412,0	319,8	306,7	423,7	979,2	1.275,4	1.336,4	1.138,7	916,1	802,7	761,0	598,1
75	Desembocadura	428,4	330,5	316,2	444,0	1.073,7	1.394,8	1.456,4	1.267,6	986,4	851,8	804,5	625,3
27	Río Tolten en Coipué	244,2	177,9	172,4	213,4	395,9	585,0	627,1	548,5	480,5	419,8	374,5	322,7
61	Río Donguil en Gorbea	15,5	9,7	8,6	16,5	70,3	102,3	103,3	88,9	66,2	47,1	37,7	24,7
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	7,3	5,1	5,1	11,1	36,6	51,8	51,4	44,7	32,3	22,7	16,3	12,3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.26. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Tolten.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
26	Río Allipén en Los Laureles	78,25	64,61	56,48	58,96	93,15	158,05	159,03	162,96	150,51	127,10	110,01	100,41
10	Río Tolten en Teodoro Schmidt	268,99	229,23	195,84	281,81	485,77	890,35	881,08	826,01	725,08	544,55	438,88	374,34
75	Desembocadura	277,43	235,41	200,76	292,86	485,35	977,13	956,00	920,31	778,32	576,03	461,47	388,06
27	Río Tolten en Coipué	155,64	124,43	105,99	147,27	233,43	420,35	458,29	419,15	384,83	292,51	245,70	201,32
61	Río Donguil en Gorbea	8,12	5,45	4,64	8,31	21,76	67,60	70,90	60,75	45,84	29,29	19,41	14,46
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	3,96	2,74	2,53	4,58	12,95	33,56	33,07	30,32	23,10	14,58	9,98	6,56

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.27. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Toltén.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
26	Río Allipén en Los Laureles	57,27	50,21	43,84	43,13	53,07	108,74	112,50	118,93	110,79	95,74	91,96	75,00
10	Río Toltén en Teodoro Schmidt	192,56	156,01	136,56	167,03	272,01	588,84	637,74	658,91	570,63	406,57	350,57	252,53
75	Desembocadura	196,74	158,47	139,08	170,62	313,96	624,38	688,56	677,59	610,03	428,64	363,74	259,92
27	Río Toltén en Coipué	94,92	81,20	70,49	93,82	146,61	260,74	318,99	340,81	307,47	224,46	176,88	136,43
61	Río Donguil en Gorbea	4,42	3,42	2,60	3,91	11,38	39,56	44,70	45,68	34,97	19,95	14,55	9,00
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	2,16	1,46	1,24	2,47	7,36	19,50	23,29	22,62	18,17	10,23	6,60	3,78

Fuente: Elaboración propia.

#### III.4.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La cuenca del río Toltén, es la última en que se presentó una integración de caudales con la información levantada desde las organizaciones de usuarios. Se consideró las AC del Canal Allipén vinculadas a la UA 26, sin embargo al hacer el análisis de fuentes y SSC dio cuenta de un caudal que no se encontraría registrado en la DGA, implicando la incorporación de un caudal de ajuste de aproximadamente 14 m<sup>3</sup>/s (ver Tabla III.28).

**Tabla III.28. Integración de caudales de OU y registrados en la DGA en la cuenca del río Toltén**

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)
Asociación de Canalistas del Canal Allipén	09404	Río Allipén	15.500,0	1.133,0	97,0	7,9%	14.270,0

Fuente: Elaboración propia

La SSC 09404, correspondiente al área en que se realizó la integración se visualiza en la Figura III.18.

La Demanda AAC, considerando DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales y las otras demandas (caudal ecológico y reservas), está expresado en caudal medio mensual y se presenta en la Tabla III.29.

Las demandas comprometidas consuntivas permanentes son menores en todas las UA de la cuenca, siendo muy inferiores a las presentadas en las cuencas precedentes, y se caracterizan por ser demandas estables en el año, con muy poca dispersión.

Los promedios anuales fluctúan entre los 3,1 m<sup>3</sup>/s (UA 38) correspondiente a una UA de menor superficie, hasta los 48,6 m<sup>3</sup>/s en desembocadura (UA 75).

El caudal consuntivo eventual es aún menor -no supera los 12 m<sup>3</sup>/s mensuales- y sigue manteniendo estabilidad en sus requerimientos en los distintos meses. Aunque la desembocadura presenta una baja demanda eventual, en promedio la demanda consuntiva sigue siendo la más alta en esta UA, proveniente en su mayoría de DAA otorgados.

Por el contrario, la cuenca del río Toltén se caracteriza por tener un uso predominantemente no consuntivo de derechos, teniendo una alta variabilidad de los caudales durante el año, en la mayoría de las

UA. Las UA con requerimientos mayores son la 26, 10 y 61, las que presentan demandas importantes entre los meses de junio y noviembre. Río Toltén en Coipué (UA 27) es la que presenta las demandas más altas con 873 m<sup>3</sup>/s como promedio anual, destacándose los meses entre junio y septiembre con requerimientos mensuales que superan los 1.200 m<sup>3</sup>/s.

Los caudales NC eventuales también son altamente variables, pero algo menores a los permanentes. Las UA con mayores caudales siguen siendo las mismas que para el caso de los derechos NC permanentes, presentando la UA 27 una demanda media anual que supera los 620 m<sup>3</sup>/s. Los meses de mayor demanda no se concentran en un solo periodo, pero se logra reconocer los meses de mayo, junio y diciembre como aquellos con los caudales más significativos. Con todo, es Río Toltén en Coipué la UA con mayor demanda NC, distribuida casi en su totalidad en DAA otorgados tanto permanentes como eventuales de manera equivalente. Esta UA es de cabecera y dentro de ella se encuentra el Lago Villarrica. Esta demanda, a pesar de ser alta, no limitaría la disponibilidad aguas arriba de la unidad, pues es una cuenca de cabecera, ni tampoco aguas abajo, pues los puntos de captación y restitución se encuentran dentro de la UA.

Por último, se presenta una reserva de caudales (artículo 147 bis del Código de Aguas) en el río Toltén (Decreto MOP N°462 del 06-07-2007) dentro de la UA 75 por un caudal de ejercicio permanente y continuo de 6,3 m<sup>3</sup>/s. Los caudales ecológicos son bastante relevantes en particular en torno al río Toltén, alcanzando su máximo medio anual en desembocadura (UA 75) con cerca de 91 m<sup>3</sup>/s. Junto con la UA 10, la UA 75 presenta el periodo con los mayores caudales, en torno a los 100 m<sup>3</sup>/s, entre los meses de junio y diciembre.

Tabla III.29. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Toltén, caudal medio mensual (m³/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
26	Río Allipén en Los Laureles	C-P	22,6	22,6	22,6	22,6	22,8	23,3	23,3	23,3	23,3	23,2	23,2	22,7	
		NC-P	428,9	405,0	381,8	454,0	440,3	663,6	632,3	543,4	644,1	624,1	574,2	491,3	
		C-E	5,2	5,1	5,1	5,4	6,6	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1	5,8	5,6	5,7
		NC-E	238,2	185,6	149,5	302,9	688,5	539,3	549,6	424,1	391,0	421,3	460,3	490,9	
		Q-E	22,0	21,8	18,2	18,0	21,3	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
75	Desembocadura	C-P	48,0	48,1	48,1	48,1	48,5	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,8	48,5
		NC-P	122,7	122,7	122,7	122,7	122,8	123,0	123,0	123,1	123,0	122,9	122,8	122,8	
		C-E	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
		NC-E	0,3	0,2	0,2	0,3	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
		Q-E	80,1	56,7	55,5	54,6	90,8	109,2	109,2	109,2	109,2	109,2	109,2	109,2	103,7
10	Río Toltén en Teodoro Schmidt	C-P	31,7	31,6	31,5	31,6	33,4	34,1	33,8	33,8	33,8	33,7	33,6	32,5	
		NC-P	331,1	245,1	220,0	221,5	360,7	837,6	809,8	793,3	707,5	604,6	479,9	463,7	
		C-E	8,8	8,5	8,5	9,1	11,3	10,8	11,0	10,3	10,1	10,0	9,6	10,2	
		NC-E	340,7	312,3	238,1	429,1	732,7	218,0	226,1	163,1	242,3	324,9	415,5	531,3	
		Q-E	78,9	56,5	54,8	51,2	102,4	102,4	102,4	102,4	102,4	102,4	102,4	102,4	101,1
27	Río Toltén en Coipué	C-P	27,9	27,8	27,8	27,8	29,0	29,5	29,5	29,4	29,5	29,4	29,3	28,7	
		NC-P	554,2	461,7	394,6	421,5	698,2	1.221,2	1.281,7	1.293,7	1.268,0	1.150,4	971,3	769,6	
		C-E	8,6	8,2	8,2	8,9	11,4	11,1	11,0	11,1	11,0	11,1	11,1	11,1	
		NC-E	568,3	435,5	351,9	599,5	1.112,7	810,7	716,6	488,4	466,0	577,0	629,0	709,0	
		Q-E	39,0	27,9	27,2	31,2	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1
61	Río Donguil en Gorbea	C-P	3,2	3,1	3,1	3,1	5,4	5,5	5,6	5,6	5,4	5,4	5,0	4,7	
		NC-P	16,4	16,2	16,0	16,3	18,6	33,6	41,1	38,2	33,6	18,9	18,6	17,9	
		C-E	1,9	1,3	1,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	2,1	2,1	2,0	1,9	
		NC-E	1,9	2,1	2,3	2,5	30,1	15,3	7,9	10,7	15,3	29,8	23,8	10,3	
		Q-E	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	3,3
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	C-P	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	
		C-E	1,8	1,2	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
		Q-E	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	1,5	

Fuente: Elaboración propia

#### III.4.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

La OJ y el CONCAA para la cuenca del río Toltén, se sintetiza en la Tabla III.30, Tabla III.31 y Tabla III.32 con los datos de los caudales correspondientes a la OJ y al CONCAA, para cada una de las UA que pertenecen a la cuenca en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas: 85%, 50% y 10%, respectivamente.

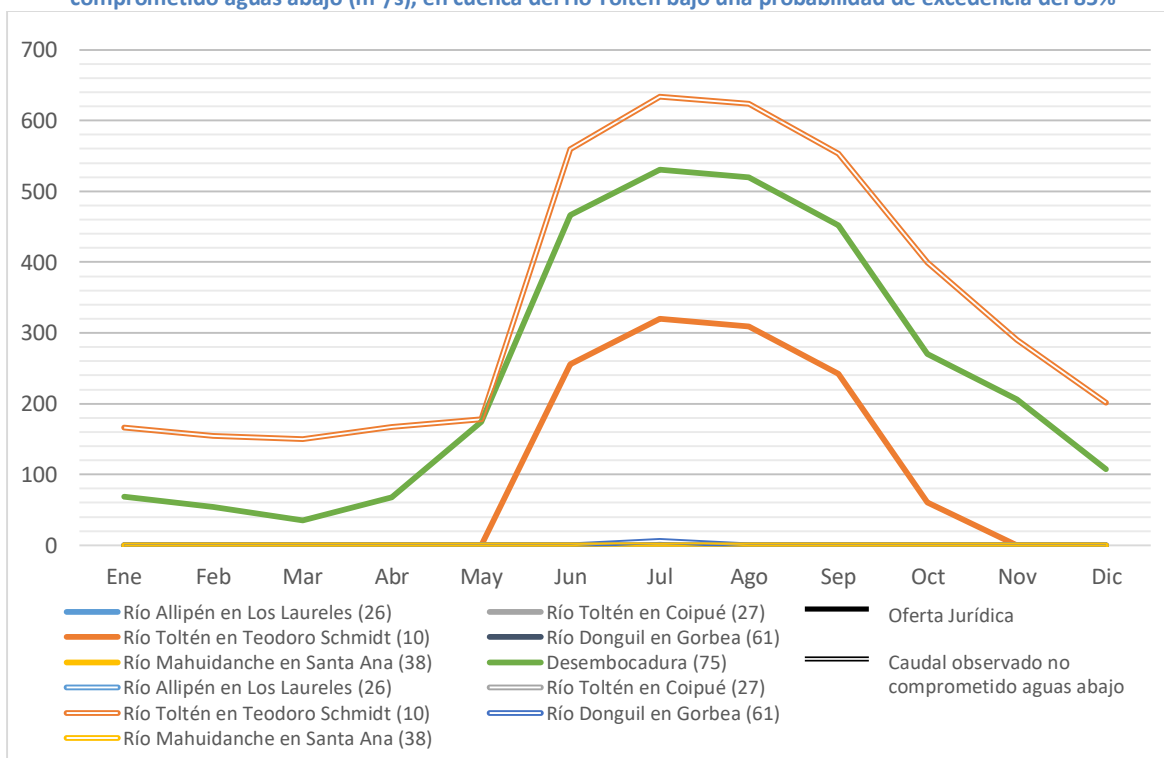
##### i) Probabilidad de excedencia del 85%

La cuenca del río Toltén solo presenta OJ en dos de las seis UA para una probabilidad de excedencia de 85%: UA 10 y 75 (las mismas que presentaban una mayor demanda consuntiva, aunque baja comparativamente con las otras cuencas) (Tabla III.32). Ambas muestran, además, una alta variabilidad en la disponibilidad a través del año, siendo solo desembocadura (UA 75) la que presenta OJ durante todo el año. Las mayores disponibilidades de ambas UA se concentran entre los meses de junio y agosto, con caudales que llegan a los 530 m<sup>3</sup>/s en el caso de la desembocadura (mes de julio).

Así también, en la mayoría de las UA de la cuenca del río Toltén se presentan nulos CONCAA para probabilidad de excedencia del 85%, probablemente por la gran demanda no consuntiva que se debe dejar pasar

Observando conjuntamente la OJ y el CONCAA (Figura III.25), se tiene que es el caudal observado el que presenta un caudal mayor, en la UA Río Toltén en Teodoro Schmidt (10) con un caudal mayor a 100 m<sup>3</sup>/s durante todo el año que puede ser objeto de negociación. La OJ en desembocadura le sigue en importancia. En ambos casos, los mayores caudales se dan en periodo invernal entre los meses de junio y septiembre.

Figura III.25. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Toltén bajo una probabilidad de excedencia del 85%



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.30. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Toltén para un 85% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
10	Río Toltén en Teodoro Schmidt	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	255,8	320,2	309,2	241,8	60,5	0,0	0,0	99,0
		CONCAA	166,5	154,6	150,2	167,1	178,1	559,9	633,7	623,6	553,3	399,5	290,5	201,9	339,9
26	Río Allipén en Los Laureles	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	Río Toltén en Coipué	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
61	Río Donguil en Gorbea	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	Desembocadura	OJ	68,7	53,7	35,4	67,9	174,7	466,3	530,5	519,5	452,0	270,6	205,8	107,7	246,1

Fuente: Elaboración propia.

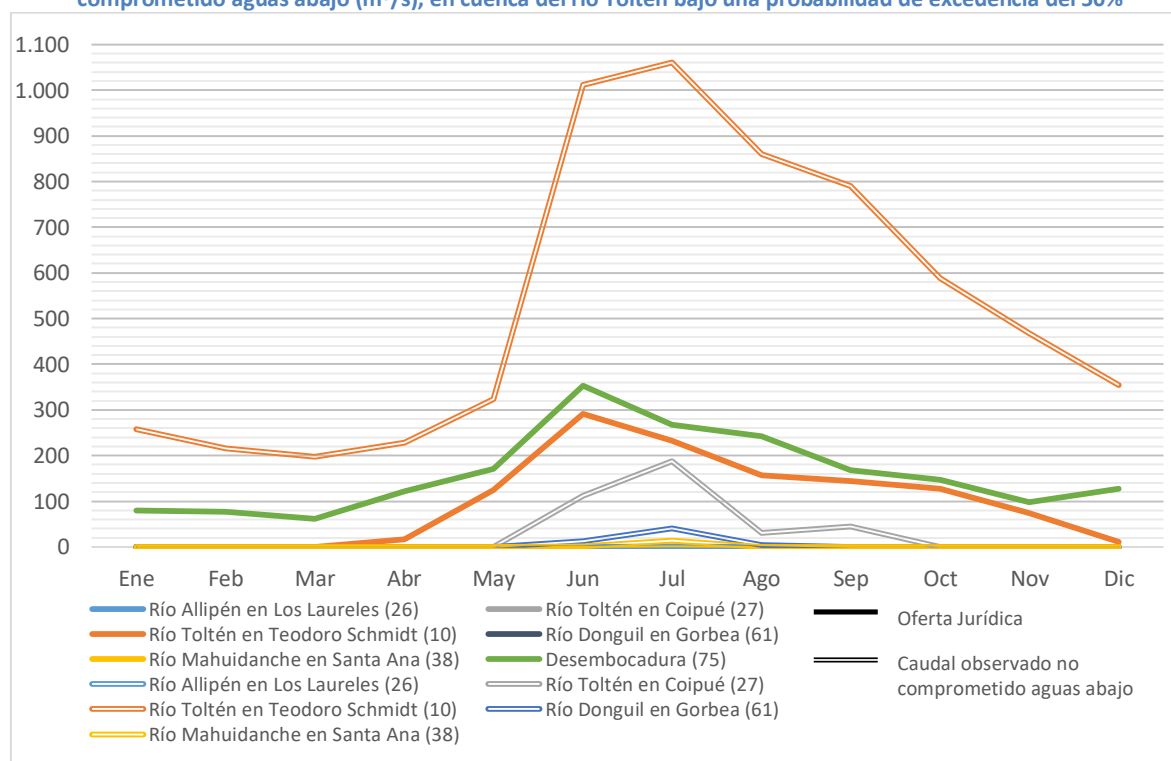


**ii) Probabilidad de excedencia del 50%**

Con una probabilidad de excedencia menor (50%), la OJ continúa siendo relevante en las mismas UA, sin embargo, presenta una disminución respecto al análisis de 85%, con cerca de 160 m<sup>3</sup>/s como promedio anual para la desembocadura y caudales mensuales que llegan a los 350 m<sup>3</sup>/s en el mes de junio (Tabla III.31).

En la parte baja de la cuenca (UA 10) se presentan caudales no comprometidos aguas abajo durante todo el año, los que no son inferiores a los 200 m<sup>3</sup>/s, y que de acuerdo a la Figura III.26, es en magnitud la más importante, distante de la OJ en desembocadura. Así se observa que el CONCAA en esta UA puede superar los 1.000 m<sup>3</sup>/s, mientras que, la OJ de esta unidad y de desembocadura, solo superan los 300 m<sup>3</sup>/s. En cualquier caso, el periodo de invierno sigue siendo el de mayor disponibilidad.

**Figura III.26. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Toltén bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.31. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Toltén para un 50% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
10	Río Toltén en Teodoro Schmidt	OJ	0,0	0,0	0,0	16,3	124,5	290,7	232,4	156,8	144,3	127,9	74,5	11,5	98,2
		CONCAA	258,0	216,0	197,8	228,9	323,4	1.011,7	1.060,9	859,9	790,5	588,4	468,4	355,0	529,9
26	Río Allipén en Los Laureles	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	Río Toltén en Coipué	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8	187,8	31,0	44,6	0,0	0,0	0,0
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
61	Río Donguil en Gorbea	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	40,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
75	Desembocadura	OJ	79,9	76,3	61,0	121,5	170,7	352,5	267,2	242,5	168,0	147,1	97,4	127,7	159,3

Fuente: Elaboración propia

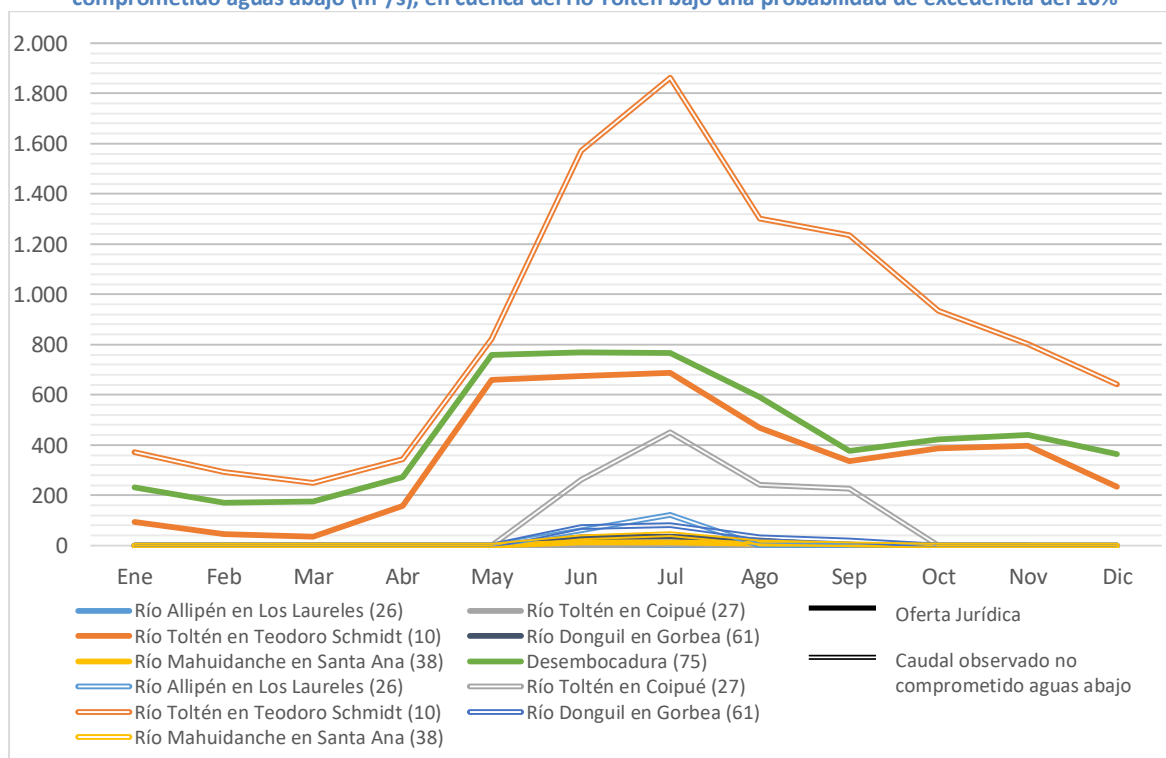
### iii) Probabilidad de excedencia del 10%

En el escenario menos probable, del 10% de excedencia (Tabla III.32), la OJ sigue concentrada en las UA antes señaladas, pero aparecen otras UA con una OJ menor y fluctuante. Los caudales se incrementan a cerca de 350 y 450 m<sup>3</sup>/s como disponibilidades medias anuales en las UA, 10 y 75, respectivamente y se concentra una mayor oferta mensual entre los meses de mayo y julio, alcanzando en desembocadura hasta 770 m<sup>3</sup>/s en el mes de julio.

Bajo esta probabilidad, la UA 27 también presenta caudales susceptibles a ser negociados (CONCAA) de mayor magnitud (mayores a 200 m<sup>3</sup>/s) entre los meses de junio y septiembre, aunque la UA 10, sigue siendo la más importante en esta variable, con caudales que fluctúan entre 300 y los 1.800 m<sup>3</sup>/s. Por último, cabe mencionar que una estación tiene deficiencias importantes de datos (relacionada a la UA 27, con cinco años de datos observados, respectivamente), lo que puede repercutir en los resultados obtenidos.

Al observar la Figura III.27 se puede apreciar que la tendencia de los caudales es similar a la presentada bajo una probabilidad del 50%, pero con valores mayores. El CONCAA, no disminuye de las 1.200 m<sup>3</sup>/s en la UA 10 entre junio y septiembre. Por su parte, las ofertas jurídicas de esta UA y de desembocadura, entre mayo y agosto superan los 500 m<sup>3</sup>/s.

**Figura III.27. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Toltén bajo una probabilidad de excedencia del 10%**



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.32. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Toltén para un 10% de probabilidad de excedencia

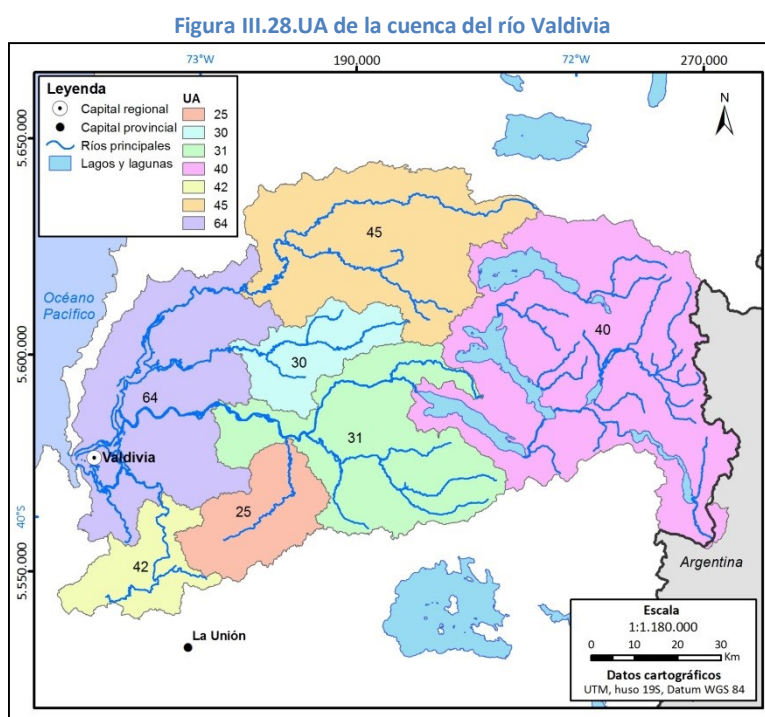
Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
10	Río Toltén en Teodoro Schmidt	OJ	93,9	46,3	36,2	158,2	660,5	675,8	687,7	469,4	335,3	386,1	396,6	235,2	348,4
		CONCAA	258,0	216,0	197,8	228,9	323,4	1.011,7	1.060,9	859,9	790,5	588,4	468,4	355,0	529,9
26	Río Allipén en Los Laureles	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	Río Toltén en Coipué	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8	187,8	31,0	44,6	0,0	0,0	0,0
38	Río Mahuidanche en Santa Ana	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	13,4	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
61	Río Donguil en Gorbea	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	34,9	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	40,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
75	Desembocadura	OJ	230,9	171,4	176,4	272,6	759,1	770,2	767,6	589,7	376,1	422,9	440,5	364,9	445,2

Fuente: Elaboración propia

### III.5. Cuenca del río Valdivia

#### III.5.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Valdivia

En la cuenca del río Valdivia se definieron siete UA, diferenciadas por colores en la Figura III.28, de las cuales una comprende el sector de cabecera de la cuenca (UA 40), cinco unidades presentan características de cuenca media (UA 25, 30, 31, 42 y 45) y una unidad presenta características de desembocadura (UA 64).



Fuente: Elaboración propia.

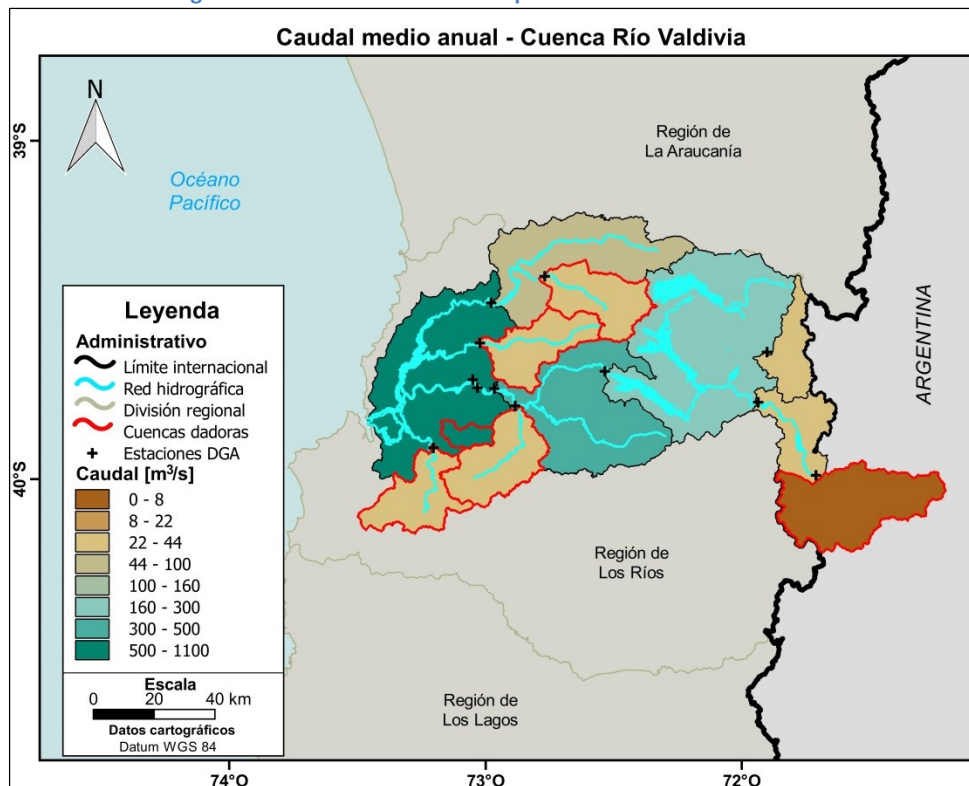
Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.

#### III.5.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.29, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. En el río Valdivia los mayores afluentes provienen desde el Sudeste, con aportes desde Argentina menores a 10 m<sup>3</sup>/s anuales.

En la Figura III.29 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.29. Oferta Natural anual para la cuenca del río Valdivia.

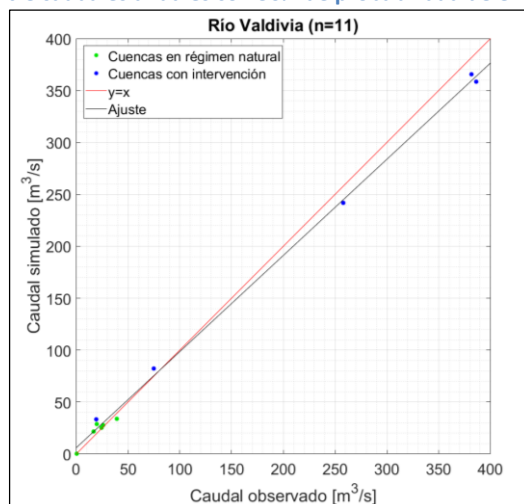


Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las cuencas presentan un caudal 50% natural simulado menor a 40 m<sup>3</sup>/s (Figura III.30), encontrándose sobre la función identidad al ser contrastadas con los caudales medidos. Las cuencas con intervención muestran un caudal subestimado respecto al medido por las estaciones fluviométricas. El caudal natural simulado en la estación más cercana a la desembocadura de 365 m<sup>3</sup>/s subestimada entorno al 4% respecto al medido.

En la Tabla III.33, Tabla III.34 y Tabla III.35, se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10% 50% y 85% respectivamente.

Figura III.30. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.



**Tabla III.33. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Valdivia.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
42	Río Futa en Tres Chiflones	12,8	9,1	9,3	30,2	67,7	82,4	84,5	76,0	47,0	33,6	23,0	21,1
25	Río Collileufu en Los Lagos	11,2	13,3	12,9	37,2	80,2	98,0	90,5	79,4	58,8	46,9	27,5	23,4
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	164,6	130,1	131,3	243,8	646,5	740,6	669,1	633,1	457,1	434,8	313,0	280,8
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	240,1	192,4	189,4	347,0	938,6	1.093,4	966,2	927,2	679,6	627,0	451,8	398,1
30	Río Iñaque en Máfil	12,4	8,5	7,8	18,3	53,3	72,5	73,7	60,7	43,9	32,4	23,0	18,6
64	Desembocadura	355,4	272,5	270,7	548,2	1.488,0	1.801,3	1.633,9	1.518,2	1.078,4	933,1	666,1	630,9
45	Río Cruces en Rucaco	45,3	32,3	32,5	68,9	204,9	268,6	263,3	233,5	168,9	127,7	90,7	74,3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.34. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Valdivia.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
42	Río Futa en Tres Chiflones	6,61	5,01	5,10	8,96	29,91	62,11	56,30	51,72	35,60	20,01	14,75	9,62
25	Río Collileufu en Los Lagos	3,48	2,48	4,70	15,13	42,39	68,34	59,26	56,80	39,50	21,89	14,39	7,41
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	99,67	82,65	80,06	120,96	248,09	513,11	425,62	396,86	343,33	237,29	200,66	151,39
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	151,68	126,08	119,81	177,10	380,68	754,97	682,57	617,74	513,76	348,92	291,40	224,36
30	Río Iñaque en Máfil	4,88	3,87	4,00	7,78	22,70	49,99	47,34	42,31	31,17	20,00	13,96	8,99
64	Desembocadura	203,70	169,57	163,37	258,15	713,11	1246,14	1163,45	1027,75	821,27	529,14	423,67	317,04
45	Río Cruces en Rucaco	23,51	18,86	17,76	32,07	85,15	183,54	183,97	157,86	116,53	74,28	56,29	40,03

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.35. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Valdivia.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
42	Río Futa en Tres Chiflones	3,61	2,82	2,84	4,95	14,65	33,84	38,94	38,72	26,38	14,19	10,35	6,04
25	Río Collileufu en Los Lagos	1,15	0,70	1,75	5,92	22,16	44,37	40,33	38,53	29,16	11,02	7,38	2,31
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	70,36	57,31	52,66	68,41	120,27	329,10	295,49	287,91	251,35	154,58	140,63	95,94

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	109,44	90,63	82,61	103,31	187,66	481,27	453,23	452,34	379,66	229,02	205,64	145,79
30	Río Ñaqué en Máfil	2,51	1,85	1,94	3,70	10,59	31,78	33,26	32,45	24,36	13,16	9,14	4,91
64	Desembocadura	139,31	114,55	106,00	142,71	315,02	797,16	782,95	765,64	613,32	349,37	294,09	188,60
45	Río Cruces en Rucaco	14,91	11,65	10,01	15,90	39,34	114,79	119,78	117,42	88,53	48,91	37,90	24,09

Fuente: Elaboración propia.

### III.5.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La Demanda AAC, considerando DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales y las otras demandas (caudal ecológico y reservas), está expresada en caudal medio mensual y se presenta en la Tabla III.36.

Los caudales comprometidos a nivel de usos consuntivos no son significativos, con promedios anuales en el caso de los caudales permanentes que no superan los 21 m<sup>3</sup>/s para la UA 64 ubicada en desembocadura, seguida por la UA 31 con un promedio anual cercano a los 19 m<sup>3</sup>/s. La desembocadura (UA 64) presenta los mayores caudales mensuales con cerca de 25 m<sup>3</sup>/s entre los meses de junio y agosto. En el caso de los DAA eventuales son aún menores las demandas con caudales mensuales que no superan los 15 m<sup>3</sup>/s en el caso de la UA 40. En estos órdenes de magnitud también se destaca las demandas eventuales en las UA 64 (desembocadura) y UA 45.

Es la UA 64 (desembocadura) la que, en términos de DAA consuntivos totales, presenta el mayor promedio anual con 29 m<sup>3</sup>/s –proveniente casi en su totalidad de los DAA registrados en el RPDA– que, en cualquier caso, es menor que las demandas comprometidas de las cuencas anteriormente presentadas.

En cuanto a DAA NC la cuenca presenta demandas más significativas en 2 UA: 40 (Río San Pedro en desagüe Lago Riñihue) y 31 (Río Calle-Calle en balsa San Javier), concentradas principalmente entre los meses de junio y octubre, siendo la UA 31 la que presenta demandas mayores que fluctúan entre 1.300 y 1.500 m<sup>3</sup>/s. En cuanto a la demanda NC eventual, se mantiene la importancia de la UA 31 con caudales mensuales comprometidos cercanos a los 1.500 m<sup>3</sup>/s, aunque con fluctuaciones importantes en el año.

En consecuencia, los caudales NC totales comprometidos se destacan en la UA 31 con un promedio anual de 1.780 m<sup>3</sup>/s, todo lo cual proviene de DAA otorgados.

La demanda no consuntiva de la UA 31 limitaría la disponibilidad aguas arriba de la unidad, pues ya se comienzan a registrar escenarios donde las demandas de derechos no consuntivos no solo generan limitaciones locales de disponibilidad de agua, sino que también a nivel de cuenca.

En términos globales, las UA 25, 42 y 30 se presentan más bien, como cuencas de cabecera que aportan al río Valdivia o sus afluentes con una baja proporción de demanda.

Por último, se debe destacar que no se presenta una reserva de caudales (artículo 147 bis del Código de Aguas), y en cuanto a los caudales ecológicos, se tiene que la UA de cabecera (40), la UA 31 de zona media y desembocadura (UA 64), son las que presentan los mayores caudales ecológicos, siendo esta última la que recibe finalmente los aportes de aguas arriba alcanzando alrededor de 117 m<sup>3</sup>/s entre junio y noviembre con 93 m<sup>3</sup>/s como promedio anual.



Tabla III.36. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Valdivia, caudal medio mensual (m³/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
42	Río Futa en Tres Chiflones	C-P	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
		NC-P	0,4	0,3	0,3	0,4	1,0	2,5	2,3	1,6	1,0	0,7	0,6	0,4	
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,7	0,7	0,8	0,9	1,9	1,4	1,7	2,4	3,0	1,4	1,1	1,1	1,1
		Q-E	2,5	2,5	2,5	2,5	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	4,2	2,5
25	Río Collileufu en Los Lagos	C-P	3,5	3,3	3,3	3,5	3,7	4,9	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	3,6	
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	
		C-E	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	2,0
		NC-E	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
		Q-E	2,8	2,8	2,8	2,8	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	3,8	2,8	2,8
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	C-P	6,5	6,3	6,3	6,5	20,8	21,4	21,5	20,7	20,0	7,1	6,8	6,6	
		NC-P	717,7	680,1	669,4	695,5	888,1	1.030,6	1.032,0	1.005,5	952,3	948,1	902,2	782,6	
		C-E	1,5	1,4	1,4	1,6	5,5	7,2	7,1	6,1	5,6	14,5	13,2	12,6	
		NC-E	306,7	224,6	208,4	363,7	668,	818,3	690,6	562,6	376,4	325,4	387,1	484,9	
		Q-E	30,3	24,2	24,2	26,1	47,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	39,4
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	C-P	17,7	17,3	17,2	17,4	19,4	19,8	20,0	19,9	19,8	19,6	19,3	18,6	
		NC-P	376,1	274,9	205,0	253,3	494,2	1.330,7	1.501,2	1.324,7	1.262,8	891,3	766,7	563,5	
		C-E	4,8	4,8	4,7	5,4	4,3	4,7	4,7	4,5	4,1	4,2	4,2	4,7	
		NC-E	713,2	450,9	340,5	608,8	1.487,3	1.269,2	1.143,9	1.310,0	978,5	1.375,5	1.133,6	1.320,0	
		Q-E	47,2	37,3	36,6	40,1	72,0	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2	59,9
30	Río Iñaque en Máfil	C-P	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	2,8	3,4	3,3	2,6	2,0	1,6	1,2	
		NC-P	1,6	1,3	1,2	1,6	3,4	4,6	5,2	4,8	3,9	3,6	3,0	2,4	
		C-E	1,7	1,5	1,5	2,0	3,4	3,9	3,7	3,5	2,5	2,6	2,0	1,9	
		NC-E	1,4	1,4	1,4	1,6	0,9	0,8	1,1	1,0	0,7	0,7	0,7	1,0	
		Q-E	2,1	2,1	2,1	2,1	3,6	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	3,5	2,1
64	Desembocadura	C-P	16,2	14,8	14,7	15,4	22,9	24,8	24,8	24,7	24,4	24,0	22,8	21,8	
		NC-P	66,0	64,8	64,0	65,1	78,1	89,8	92,2	90,5	83,7	79,1	72,3	68,4	
		C-E	10,9	11,3	10,1	13,0	7,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,2	6,7	7,4	

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		NC-E	3,4	2,4	2,7	5,5	11,1	5,7	7,1	6,8	7,2	9,7	6,3	5,3
		Q-E	59,8	58,6	58,6	58,6	97,6	117,3	117,3	117,3	117,3	117,3	117,3	81,1
45	Río Cruces en Rucaco	C-P	10,4	9,4	9,3	9,3	14,1	15,0	15,1	15,0	14,9	14,4	13,9	12,4
		NC-P	28,7	25,1	24,7	26,5	40,3	84,4	96,7	95,6	80,6	54,3	43,0	31,7
		C-E	8,7	8,1	7,5	11,0	8,2	7,3	7,1	7,3	7,3	7,5	7,7	8,8
		NC-E	16,7	11,3	10,1	29,3	84,6	78,5	64,4	61,3	49,8	54,9	40,0	36,3
		Q-E	8,2	8,2	8,2	8,2	13,6	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	14,8	9,3

Fuente: Elaboración propia.

### III.5.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

Respecto a la OJ y el CONCAA, para la cuenca del río Valdivia, se presentan en la Tabla III.37, Tabla III.38 y Tabla III.39, los resultados de los caudales asociados a las UA que pertenecen a la cuenca en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas: 85%, 50% y 10%, respectivamente.

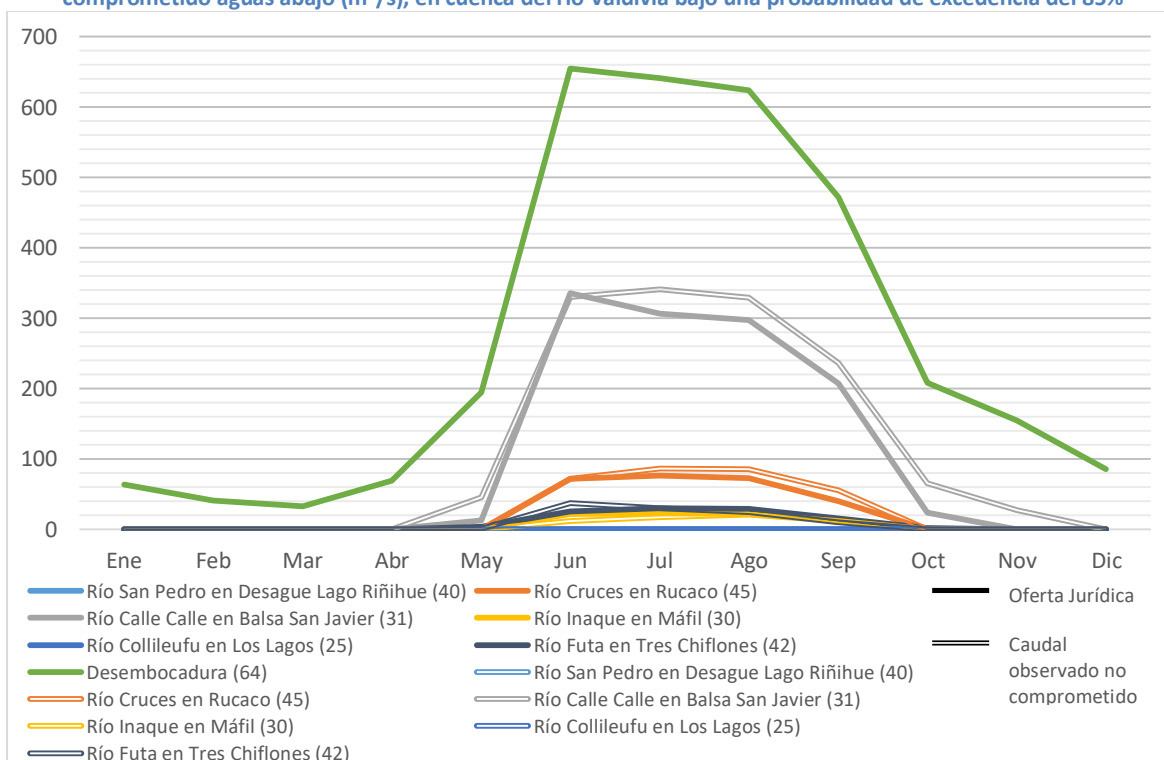
#### i) Probabilidad de excedencia del 85%

En la cuenca del río Valdivia bajo una probabilidad del 85% se presentan solo dos UA con disponibilidad importante: desembocadura (UA 64) y Río Calle-Calle en balsa San Javier (UA 31), con disponibilidades mensuales que llegan a los 335 m<sup>3</sup>/s en el primer caso, y a los 650 m<sup>3</sup>/s en el segundo (Tabla III.37). Estas mayores disponibilidades, se concentran entre los meses de junio y agosto, presentando una alta variabilidad interna. desembocadura es la UA con mayor caudal promedio anual equivalente a 270 m<sup>3</sup>/s y es la única además con OJ todo el año.

Se observa que en las UA 25 y 40 estaría todo el caudal observado comprometido aguas abajo (esto también para las otras probabilidades de excedencia evaluadas). La UA 31 posee mayores CONCAA los cuales son significativos entre junio y septiembre.

Comparativamente (ver Figura III.31), bajo una probabilidad de excedencia del 85%, la OJ en desembocadura es la que resulta más importante en cuanto a su magnitud. Las otras UA de la cuenca presentan caudales de alguna importancia, sin embargo, están acotados al período comprendido entre junio y septiembre.

Figura III.31. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Valdivia bajo una probabilidad de excedencia del 85%



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.37. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Valdivia para un 85% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
25	Río Collileufu en Los Lagos	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	Río Ñaquel en Máfil	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	21,6	22,5	21,3	12,9	0,3	0,0	0,0	6,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	17,1	20,3	11,6	0,0	0,0	0,0	5,0
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	335,1	306,8	297,6	207,6	23,1	0,0	0,0	98,5
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	329,9	341,4	329,3	236,4	64,9	27,0	0,0	114,5
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	Río Futa en Tres Chiflones	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	24,9	30,0	29,2	15,7	1,2	0,0	0,0	8,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	36,8	29,9	24,2	9,8	0,0	0,0	0,0	8,4
45	Río Cruces en Rucaco	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,6	76,4	72,4	39,7	0,0	0,0	0,0	21,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	86,0	85,1	55,6	2,9	0,0	0,0	25,1
64	Desembocadura	OJ	63,3	41,1	32,7	68,7	194,5	655,1	640,9	623,7	471,6	208,0	154,1	85,7	270,0

Fuente: Elaboración propia

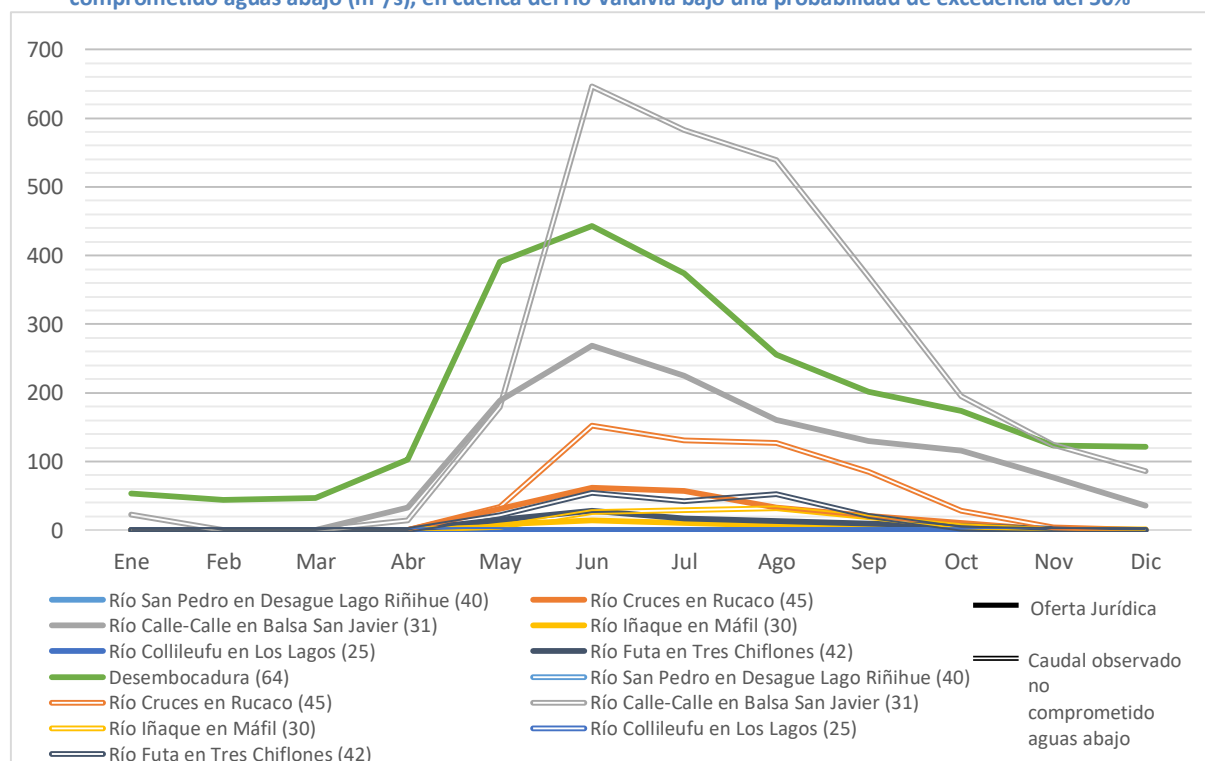
**ii) Probabilidad de excedencia del 50%**

Respecto a la OJ con probabilidad de un 50%, se presentan las mismas UA como las más importantes en términos de disponibilidad y manteniendo una alta dispersión en sus valores mensuales, cuyos valores más altos se concentran entre los meses de mayo y septiembre. La UA 31 alcanza cerca de los 270 m<sup>3</sup>/s en junio y la UA 64 en la desembocadura supera los 440 m<sup>3</sup>/s en el mismo mes (Tabla III.38).

La UA 31 posee mayores CONCAA durante varios meses, con caudales mayores a 100 m<sup>3</sup>/s entre mayo y noviembre, seguida por la UA 45 con 3 meses (entre junio y agosto) con caudales en esta condición.

Observando ambas variables conjuntamente, se tiene que el CONCAA en la UA 31 presenta magnitudes mayores que la OJ en desembocadura (UA 64). Entre los meses de junio y septiembre donde se presenta esta mayor diferencia, con caudales que se acercan a los 600 m<sup>3</sup>/s que pudiese considerarse susceptible de negociación para un trasvase de volúmenes de agua. Por el contrario, entre diciembre y abril, es mayor la OJ en desembocadura (Figura III.32).

**Figura III.32. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Valdivia bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.38. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Valdivia para un 50% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
25	Río Collileufu en Los Lagos	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	Río Ñaquel en Máfil	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	14,3	10,4	6,4	4,3	4,3	0,0	0,0	4,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,1	4,8	26,7	28,9	31,5	19,3	5,5	0,4	1,2	9,9
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	OJ	0,0	0,0	0,0	33,3	188,7	269,0	224,7	160,9	130,0	115,7	77,0	35,9	102,9
		CONCAA	22,4	0,0	0,0	14,7	179,2	646,3	583,2	538,9	369,3	195,4	124,7	86,0	230,0
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	Río Futa en Tres Chiflones	OJ	0,0	0,0	0,0	0,7	15,2	28,3	17,4	13,0	9,2	5,8	2,4	0,0	7,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	53,9	41,9	52,3	20,8	1,8	0,0	0,0	16,0
45	Río Cruces en Rucaco	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	61,5	57,1	33,2	20,7	10,9	0,0	0,0	17,8
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	152,2	130,3	127,2	85,4	27,9	4,3	0,7	46,8
64	Desembocadura	OJ	53,5	43,8	47,2	102,5	391,0	442,9	374,4	256,0	201,8	173,5	122,9	121,0	194,2

Fuente: Elaboración propia

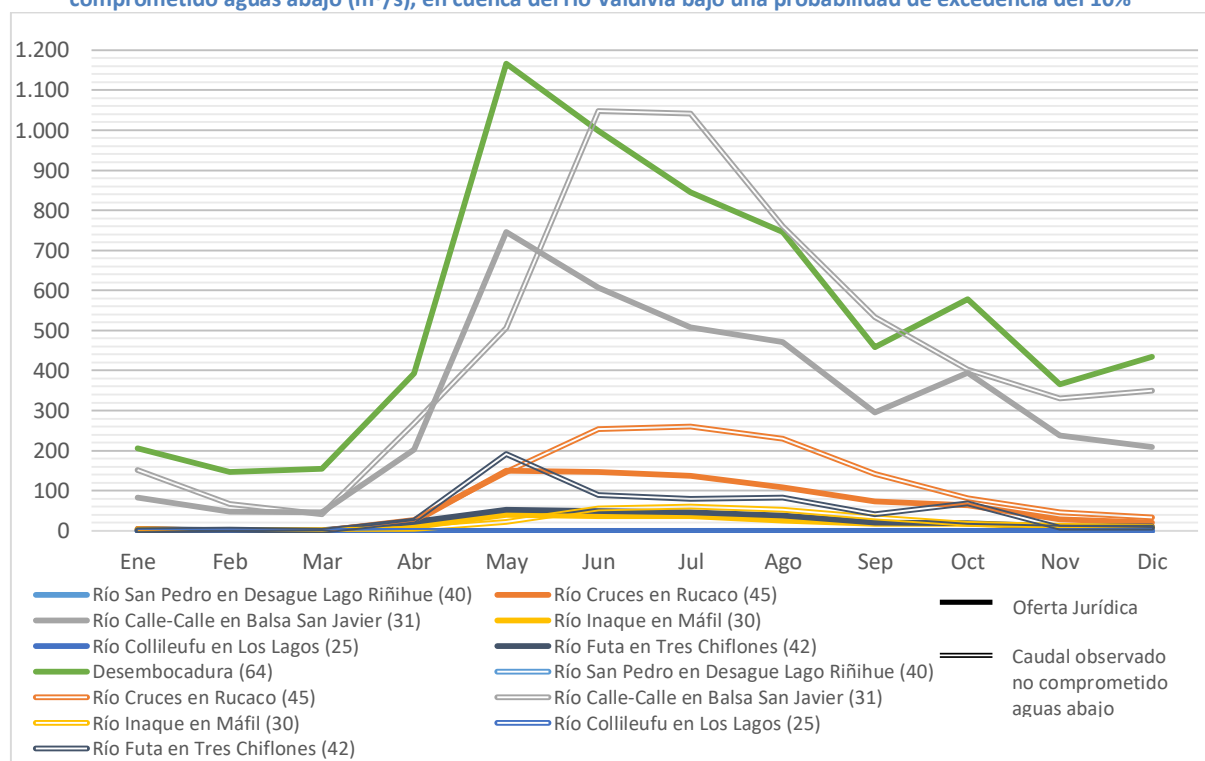
### iii) Probabilidad de excedencia del 10%

La tendencia se mantiene bajo una probabilidad de excedencia del 10%, en que la oferta asciende hasta cerca de los 750 m<sup>3</sup>/s en la UA 31, mientras que en la UA (desembocadura) supera los 1.160 m<sup>3</sup>/s, ambas en el mes de mayo (Tabla III.39). El periodo de mayor concentración ocurre entre este mes y agosto. La desembocadura, así sigue siendo la UA más significativa en términos de disponibilidad del recurso.

La UA 31 posee importantes CONCAA durante todo el año, mientras que la UA 45 le sigue en importancia con caudales concentrados entre los meses de mayo y septiembre. Por último, cabe mencionar que una estación tiene deficiencias importantes de datos (relacionada a la UA 42 con catorce años de datos observados, respectivamente), lo que puede repercutir en los resultados obtenidos.

Si se observan ambas variables, se pueden reconocer magnitudes similares entre la OJ de desembocadura y la UA 31 con el CONCAA (Figura III.33).

**Figura III.33. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Valdivia bajo una probabilidad de excedencia del 10%**



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.39. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Valdivia para un 10% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
25	Río Collileufu en Los Lagos	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	Río Ñaue en Máfil	OJ	2,7	0,0	0,0	8,7	39,3	36,8	36,7	24,8	17,0	16,7	9,1	7,3	16,6
		CONCAA	2,3	1,3	0,5	4,5	22,7	55,9	61,0	52,5	33,7	16,7	12,1	9,6	22,7
31	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	OJ	83,4	47,0	46,2	203,2	746,6	607,4	508,2	470,3	295,8	393,8	237,4	209,7	320,8
		CONCAA	151,2	66,8	41,8	268,1	506,0	1.048,6	1.041,3	759,5	533,6	402,5	330,2	349,7	458,3
40	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	Río Futa en Tres Chiflones	OJ	4,2	0,5	0,8	22,0	53,0	48,6	45,6	37,3	20,6	19,4	10,6	11,2	22,8
		CONCAA	1,3	2,2	0,0	24,8	190,8	89,0	79,2	82,5	41,4	67,8	8,1	6,9	49,5
45	Río Cruces en Rucaco	OJ	0,0	0,0	0,0	22,5	150,5	146,5	136,5	108,9	73,1	64,3	28,5	20,6	62,6
		CONCAA	4,9	0,0	0,0	26,3	147,1	254,2	259,5	229,4	141,2	80,8	46,7	33,9	102,0
64	Desembocadura	OJ	205,2	146,7	154,6	392,5	1.165,9	998,1	844,9	746,4	459,0	577,5	365,4	434,9	540,9

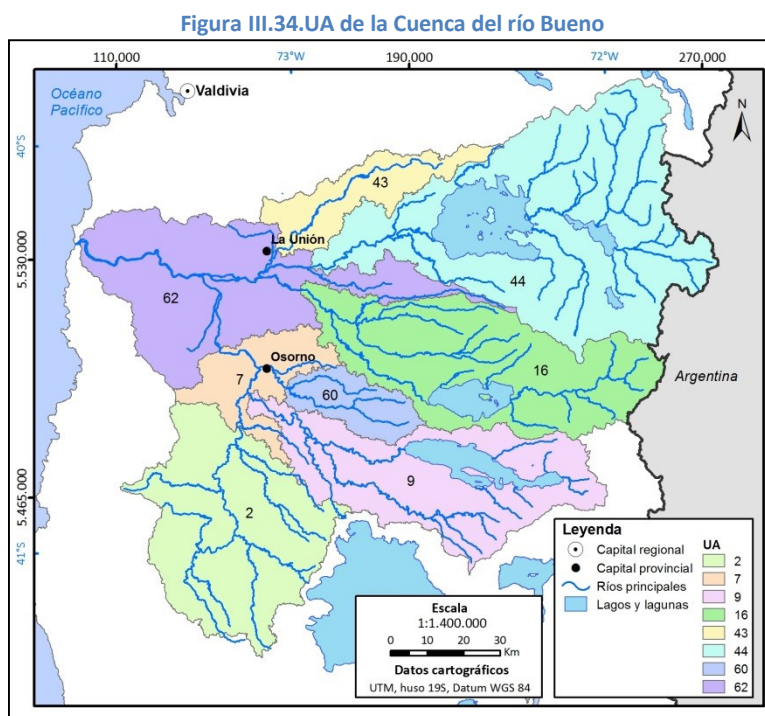
Fuente: Elaboración propia.



## III.6. Cuenca del río Bueno

### III.6.A. Unidades de Análisis de la cuenca del río Bueno

En la cuenca del río Bueno se definieron ocho UA, diferenciadas por colores en la Figura III.34, de las cuales tres comprenden el sector de cabecera de la cuenca (UA 9, 16 y 44), cuatro unidades presentan características de cuenca media (UA 2, 7, 43 y 60) y una unidad presenta características de desembocadura (UA 62).



Fuente: Elaboración propia.

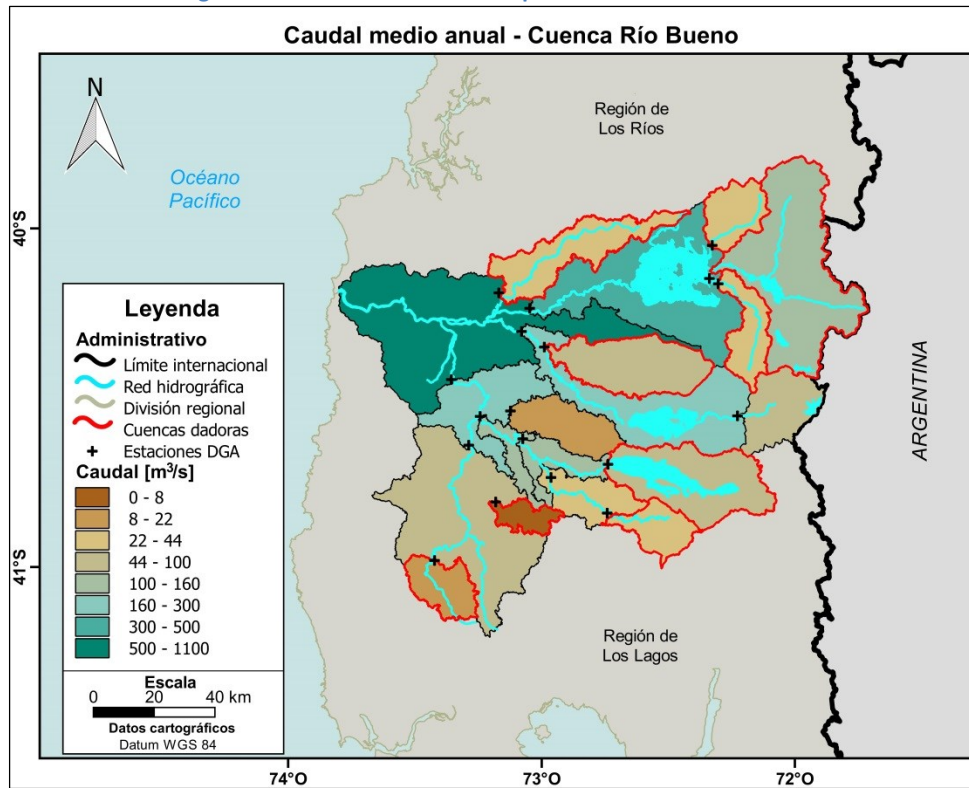
Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.

### III.6.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.35, donde se observa el incremento del aporte de caudal a largo del cauce del río principal. En el río Bueno los mayores afluentes provienen desde el Este y desde el valle de la zona sur.

En la Figura III.35 Las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.35. Oferta Natural anual para la cuenca del río Bueno.



Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las cuencas presentan un caudal 50% natural simulado menor a  $150 m^3/s$  (Figura III.36), encontrándose en torno a la función identidad al ser contrastadas con los caudales medidos, con una tendencia a la subestimación en los caudales mayores. Las cuencas con intervención muestran un caudal cercano al medido por las estaciones fluviométricas. El caudal natural simulado en la estación más cercana a la desembocadura de  $309 m^3/s$  subestima entorno al 12% del caudal medido.

En la Tabla III.40, Tabla III.41 y Tabla III.42 se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10% 50% y 85% respectivamente.

Figura III.36. Comparación entre caudales anuales con 50% de probabilidad de excedencia medidos y simulados.

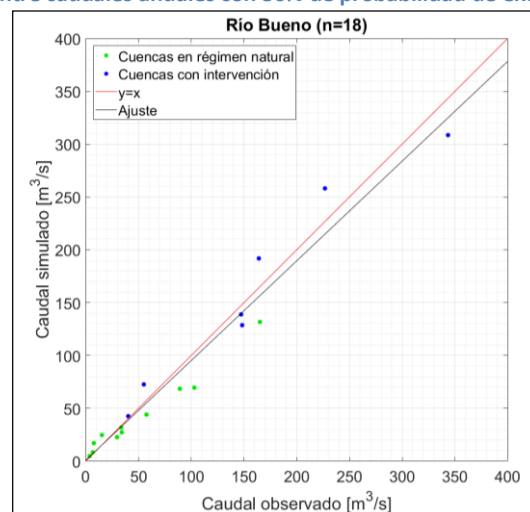


Tabla III.40. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Bueno.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
44	Río Bueno en Bueno	204,1	178,6	180,5	368,6	869,8	908,0	803,7	765,1	526,8	503,1	382,5	361,0
43	Río Llolelhue en La Unión	12,5	8,1	7,2	17,1	55,6	88,1	90,5	78,6	54,4	37,8	26,7	19,0
62	Desembocadura	576,1	473,1	469,1	883,1	1.928,3	2.532,3	2.405,0	2.231,9	1.543,9	1.369,9	1.033,5	948,2
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	123,6	108,7	111,7	214,3	457,8	545,4	489,3	475,8	330,5	310,8	235,2	238,9
2	Río Negro en Chahuilco	40,2	34,7	33,2	72,7	160,0	216,2	215,3	209,1	131,5	95,8	63,2	53,4
9	Río Rahue Antes Junta Río Negro	111,5	93,0	93,6	181,6	295,2	338,5	336,9	314,5	239,7	202,3	171,2	156,7
60	Río Damas en Tacamo	10,1	7,0	6,5	15,1	42,4	52,3	55,0	48,6	32,4	25,9	18,2	14,8
7	Río Rahue en Forrahue	183,2	146,8	151,2	314,8	556,2	688,7	691,4	645,3	459,0	372,9	284,4	247,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.41. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Bueno.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
44	Río Bueno en Bueno	137,73	118,38	115,33	167,09	334,52	638,56	574,63	517,17	401,59	270,71	236,71	189,54
43	Río Llolelhue en La Unión	4,83	3,53	3,14	5,70	19,72	61,85	58,04	52,35	38,91	24,72	16,25	10,41
62	Desembocadura	345,80	296,51	288,08	434,60	1027,40	1857,58	1666,98	1552,95	1190,46	793,76	657,14	501,71
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	76,97	64,51	64,95	105,86	243,88	390,08	357,49	323,97	254,20	164,59	146,34	106,82
2	Río Negro en Chahuilco	27,57	23,38	22,27	28,59	74,53	148,31	155,16	141,56	104,24	62,53	48,15	36,47
9	Río Rahue Antes Junta Río Negro	67,18	57,19	57,62	83,75	165,76	278,29	236,17	218,96	170,60	127,75	109,63	93,02
60	Río Damas en Tacamo	5,62	4,05	3,60	6,03	16,60	38,71	35,67	32,96	24,88	14,69	11,22	8,23
7	Río Rahue en Forrahue	115,63	92,30	95,26	123,76	302,53	534,04	487,07	443,83	325,95	237,39	188,71	152,32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.42. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de la cuenca del río Bueno.

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
44	Río Bueno en Bueno	102,25	86,16	80,47	107,78	167,97	420,66	389,38	384,65	273,85	180,12	165,75	124,43
43	Río Llolelhue en La Unión	2,35	1,70	1,35	2,41	8,22	30,17	40,67	40,23	30,64	15,86	10,67	5,85
62	Desembocadura	242,06	202,15	191,32	256,14	545,90	1042,36	1184,21	1190,10	888,86	548,50	462,93	323,27
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	52,03	40,89	39,98	59,38	129,52	264,42	250,88	242,81	177,96	109,50	101,40	65,05

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2	Río Negro en Chahuilco	20,84	17,34	16,44	22,82	35,16	84,99	106,54	105,45	71,27	44,42	36,53	27,42
9	Río Rahue Antes Junta Río Negro	45,00	38,06	38,41	53,87	96,60	164,45	173,98	167,90	133,68	87,93	78,25	58,96
60	Río Damas en Tacamo	3,20	2,45	2,07	2,82	7,42	19,68	25,35	24,59	18,79	10,49	7,96	5,20
7	Río Rahue en Forrahue	73,61	63,17	63,53	84,57	166,98	307,62	338,47	336,18	254,85	156,15	137,95	101,45

Fuente: Elaboración propia.

### III.6.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La Demanda AAC, considerando DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales y las otras demandas (caudal ecológico y reservas), está expresada en caudal medio mensual y se presenta en la Tabla III.43. Es importante destacar que la zona posee tres grandes lagos: Puyehue, Rupanco y Ranco.

Respecto a las demandas consuntivas, las UA 44, 62 y 9, son las que presentan los mayores compromisos, siendo la UA 62, ubicada en la desembocadura, la que posee un mayor caudal promedio anual demandado. Este caudal, sin embargo, no supera los 28 m<sup>3</sup>/s, valores similares a los que presenta la cuenca del río Valdivia y muy inferiores respecto a las otras cuencas de más al norte.

En cuanto a los caudales consuntivos de ejercicio permanente, tanto en desembocadura (UA 62) como en Río Rahue antes junta Río Negro (UA 9), se presentan caudales medio anuales cercanos a los 15 m<sup>3</sup>/s.

Los meses de mayor demanda permanente se concentran entre mayo y septiembre, destacándose la UA 9 con demandas mensuales cercanas a los 16 m<sup>3</sup>/s

En los caudales eventuales solo desembocadura se destaca con 12,5 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual con fluctuaciones mensuales importantes: 1,8 a 32,5 m<sup>3</sup>/s. La mayor concentración en esta UA se presenta entre los meses de enero y abril en torno a los 32 m<sup>3</sup>/s.

En cuanto a los caudales NC, se destacan las UA 44 y 16, con los mayores caudales medios anuales, con 1.425,2 m<sup>3</sup>/s y 1.070,1 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. El uso no consuntivo se asocia en particular en los ríos Bueno y Pilmaiquén, no solo generando limitaciones locales de disponibilidad de agua, sino que también a nivel de cuenca.

De éstos, los caudales permanentes se destacan en estas mismas UA, seguidas por las UA 62 y 9. Las variaciones mensuales son importantes en cada una de éstas, destacándose mayores requerimientos entre los meses de junio y octubre, en particular en Río Bueno en Bueno (UA 44) con cerca de 1.080 m<sup>3</sup>/s en julio.

Así también, la UA 44 es la que más se destaca en el caso de los caudales NC eventuales, alcanzando un promedio anual de 757 m<sup>3</sup>/s y caudales mensuales cercanos a los 1.080 m<sup>3</sup>/s en el mes de mayo. Luego de esta, la UA 16 le sigue en importancia.

La cuenca del río Bueno se caracteriza por tener un uso predominantemente no consuntivo de derechos, asociado principalmente a las UA 9, 62, 16 y 44, con caudales mensuales superiores a los 250 m<sup>3</sup>/s y que anualmente superan los 4.500 m<sup>3</sup>/s. Las demandas internas por UA son bastante bajas en comparación a las estudiadas más al norte.

Además, están incluidas las tres reservas de caudales que presenta la cuenca (artículo 147 bis del Código de Aguas): en la UA 62 sobre el río Bueno (Decreto 793/2009<sup>58</sup>) por 0,8 m<sup>3</sup>/s de ejercicio permanente y continuo; en la UA 16 sobre el río Pilmaiquén (Decreto 461/2007<sup>59</sup>) por 2,0 m<sup>3</sup>/s de ejercicio permanente y continuo; y en la UA 9 sobre el río Rahue (Decreto 665/2006<sup>60</sup>) por 0,2 m<sup>3</sup>/s de ejercicios permanente y continuo. Como se aprecia, éstas no constituyen caudales significativos respecto a los caudales ecológicos que en la UA 62 (desembocadura) presentan su mayor expresión alcanzando un promedio anual en torno a los 145 m<sup>3</sup>/s, y caudales mensuales superiores a los 175 m<sup>3</sup>/s entre los meses de junio y noviembre.

**Tabla III.43. Componentes de las Demanda AAC de la Cuenca del río Bueno, caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
44	Río Bueno en Bueno	C-P	10,7	10,6	10,7	11,2	12,0	12,1	12,2	12,2	12,1	11,9	11,2	11,3
		NC-P	420,4	329,1	308,8	367,6	674,7	1.001,6	1.083,1	1.018,5	865,6	715,8	675,9	558,2
		C-E	2,2	1,9	2,0	2,5	4,4	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,7	3,7
		NC-E	697,1	593,0	539,9	848,3	1.078,7	973,1	821,8	664,8	583,9	684,6	784,9	812,7
		Q-E	43,1	35,8	32,3	39,3	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7	61,7
43	Río Llolehue en La Unión	C-P	2,1	2,1	2,1	2,2	2,8	3,1	3,1	3,1	2,8	2,5	2,2	2,1
		NC-P	23,6	22,2	22,6	24,3	25,8	31,0	32,6	30,7	28,8	27,2	25,7	24,8
		C-E	1,0	0,9	1,0	1,0	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,9	1,0	1,1
		NC-E	2,5	3,5	2,8	3,7	8,6	3,3	1,8	3,6	5,5	5,6	3,2	3,2
		Q-E	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,1	2,5
62	Desembocadura	C-P	13,8	13,4	13,4	14,4	15,3	15,8	15,9	15,9	15,6	15,2	14,7	14,3
		NC-P	489,0	471,1	470,0	486,5	592,6	785,1	822,2	811,8	748,5	635,1	605,1	542,9
		C-E	31,8	31,7	32,2	32,5	3,7	3,4	3,3	3,1	2,5	1,8	1,9	1,8
		NC-E	283,3	211,4	206,7	337,7	366,9	259,2	221,8	218,1	204,2	279,2	280,7	319,1
		Q-E	103,9	88,4	88,4	103,2	163,7	176,9	176,9	176,9	176,9	176,9	176,9	136,6
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	C-P	6,5	6,4	6,5	6,6	7,0	7,2	5,7	5,6	5,6	6,0	6,5	6,5
		NC-P	535,7	499,5	509,6	547,7	718,1	943,6	987,7	955,6	882,8	714,9	639,5	592,2
		C-E	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	3,3	4,5	4,5	2,2	2,1	2,4	2,1
		NC-E	315,6	223,0	259,6	427,9	464,2	522,5	471,4	405,8	219,1	295,9	316,8	392,3
		Q-E	20,4	19,2	19,2	22,5	38,3	38,3	38,3	38,3	38,3	38,3	38,3	28,4
2	Río Negro en Chahuilco	C-P	5,9	5,0	3,5	7,4	8,2	9,0	9,2	9,2	9,1	8,6	8,0	7,5
		NC-P	8,4	8,1	8,2	9,0	10,2	12,2	12,5	12,3	11,7	10,3	9,6	9,0
		C-E	2,4	3,6	5,4	2,2	2,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,5	1,6
		NC-E	2,2	2,6	3,0	4,2	4,7	3,7	2,4	2,3	2,0	3,4	3,0	3,5
		Q-E	8,9	7,3	7,3	8,6	13,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	11,7
9	Río Rahue Antes Junta Río Negro	C-P	11,6	11,1	11,1	12,5	13,6	14,6	14,4	14,5	13,8	12,5	12,2	12,0
		NC-P	280,6	249,9	256,2	300,5	378,9	558,3	553,8	541,7	492,3	394,8	317,4	335,3
		C-E	1,8	1,9	3,4	2,8	1,8	0,9	1,1	0,8	1,6	2,8	2,7	3,2
		NC-E	220,2	219,0	244,7	285,0	271,7	124,6	98,3	90,5	103,3	209,0	218,9	247,6
		Q-E	17,7	14,7	14,8	18,0	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	21,8

<sup>58</sup> Decreto 793/2009. Deniega en parte Solicitud de Derecho de Aprovechamiento de Aguas Superficiales que indica. Ministerio de Obras Públicas.

<sup>59</sup> Decreto 461/2007. Deniega en parte solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales que indica. Ministerio de Obras Públicas.

<sup>60</sup> Decreto 665/2006. Deniega en parte solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales que indica. Ministerio de Obras Públicas.

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
60	Río Damas en Tacamo	C-P	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7
		NC-P	0,2	0,2	0,1	0,3	0,9	1,5	1,6	1,6	1,5	1,1	0,7	0,6
		C-E	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
		NC-E	0,6	0,4	0,6	1,1	1,1	0,6	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7
		Q-E	1,7	1,7	1,7	1,7	2,6	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,3
7	Río Rahue en Forrahue	C-P	2,6	2,4	2,5	3,0	3,3	3,5	3,6	3,6	3,6	3,4	3,3	3,1
		NC-P	14,0	13,9	13,9	14,1	14,4	15,5	16,3	16,0	15,7	14,7	14,3	14,2
		C-E	0,8	1,0	1,0	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
		NC-E	0,3	0,5	0,8	1,4	2,5	1,5	0,7	0,9	1,3	1,8	0,8	0,6
		Q-E	29,4	25,8	25,8	33,8	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6

Fuente: Elaboración propia

### III.6.D. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo

La OJ y el CONCAA para la cuenca del río Bueno, se sintetiza en la Tabla III.44, Tabla III.45 y Tabla III.46, con los datos de los caudales correspondientes a cada una de las UA que pertenecen a la cuenca en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas: 85%, 50% y 10%.

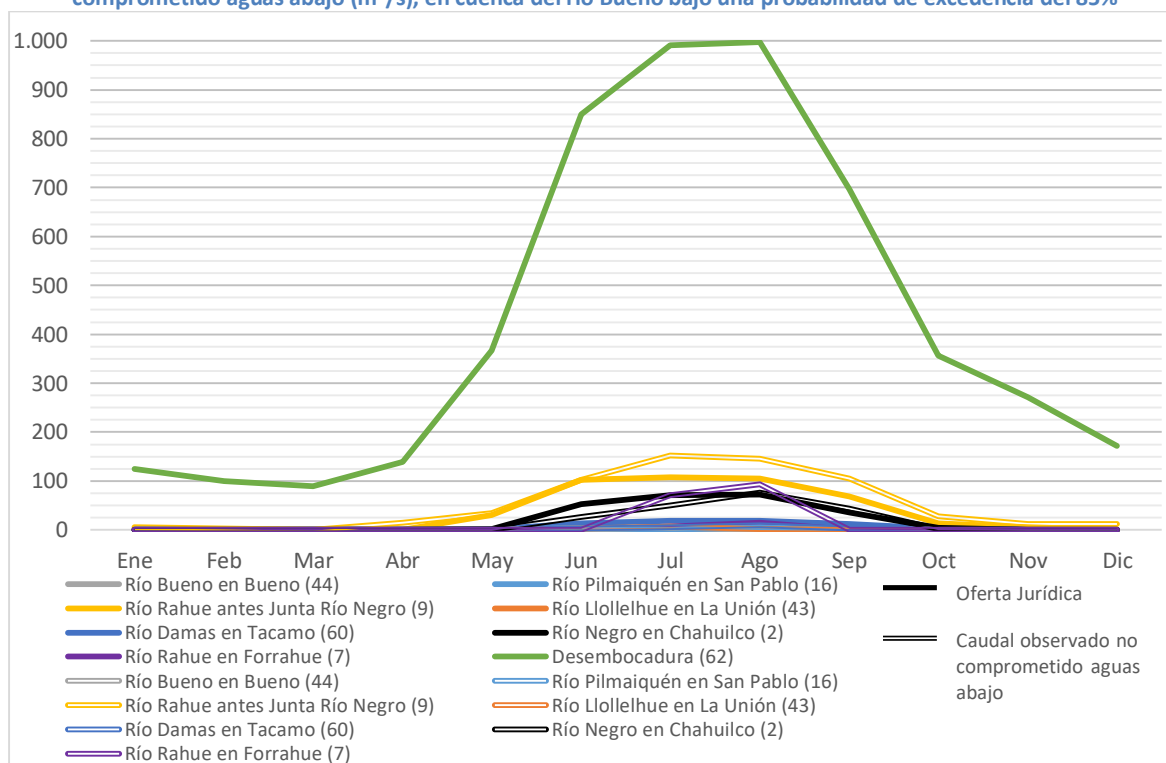
#### i) Probabilidad de excedencia del 85%

Bajo el escenario más probable, la OJ en esta cuenca tiende a ser baja en relación con las otras cuencas descritas con caudales promedio anuales que no superan los 36 m<sup>3</sup>/s, a excepción de desembocadura (UA 62) que presenta cerca de 429 m<sup>3</sup>/s como promedio anual con disponibilidades mensuales que se acercan a los 1.000 m<sup>3</sup>/s (Tabla III.44). Las otras dos UA que presentan una OJ mayor son las UA 2 y 9. En estas 3 UA se observa una mayor oferta entre los meses de junio y agosto. Todas tienen una alta variabilidad interna.

Para ejercicio permanente (probabilidad de excedencia del 85%), es en la UA 9 donde se darían mayores CONCAA, situación que se observa durante todo el año, con caudales mayores a 100 m<sup>3</sup>/s entre los meses de junio y septiembre. Cabe mencionar que la estación vinculada a la UA 9 solo presenta ocho, años de datos observados, lo que puede repercutir en los resultados obtenidos.

Al observar ambas variables, OJ y CONCAA (Figura III.37), se puede apreciar la diferencia significativa entre los caudales estimados como OJ para desembocadura y los asociados a las otras UA.

Figura III.37. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Bueno bajo una probabilidad de excedencia del 85%



Fuente: Elaboración propia

Tabla III.44. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Bueno para un 85% de probabilidad de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
2	Río Negro en Chahuilco	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	52,3	71,6	72,4	36,1	4,4	0,0	0,0	19,8
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	50,2	75,9	43,7	1,8	0,0	0,0
7	Río Rahue en Forrahue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,3	93,1	0,0	0,0	0,0	0,0
9	Río Rahue Antes Junta río Negro	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	29,8	102,6	108,2	105,6	68,0	13,1	5,2	0,0	36,0
		CONCAA	5,7	3,3	0,0	14,5	33,7	102,5	151,7	145,9	105,5	27,8	12,7	11,6	51,2
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
43	Río Llolelhue en La Unión	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	6,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
44	Río Bueno en Bueno	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	Río Damas en Tacamo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	13,2	18,4	18,1	11,8	2,5	0,3	0,0	5,5
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	5,8	9,1	3,3	0,0	0,0	0,0	1,8
62	Desembocadura	OJ	124,4	100,3	89,5	138,6	366,9	849,7	991,4	997,3	696,4	356,4	271,4	172,4	429,5

Fuente: Elaboración propia



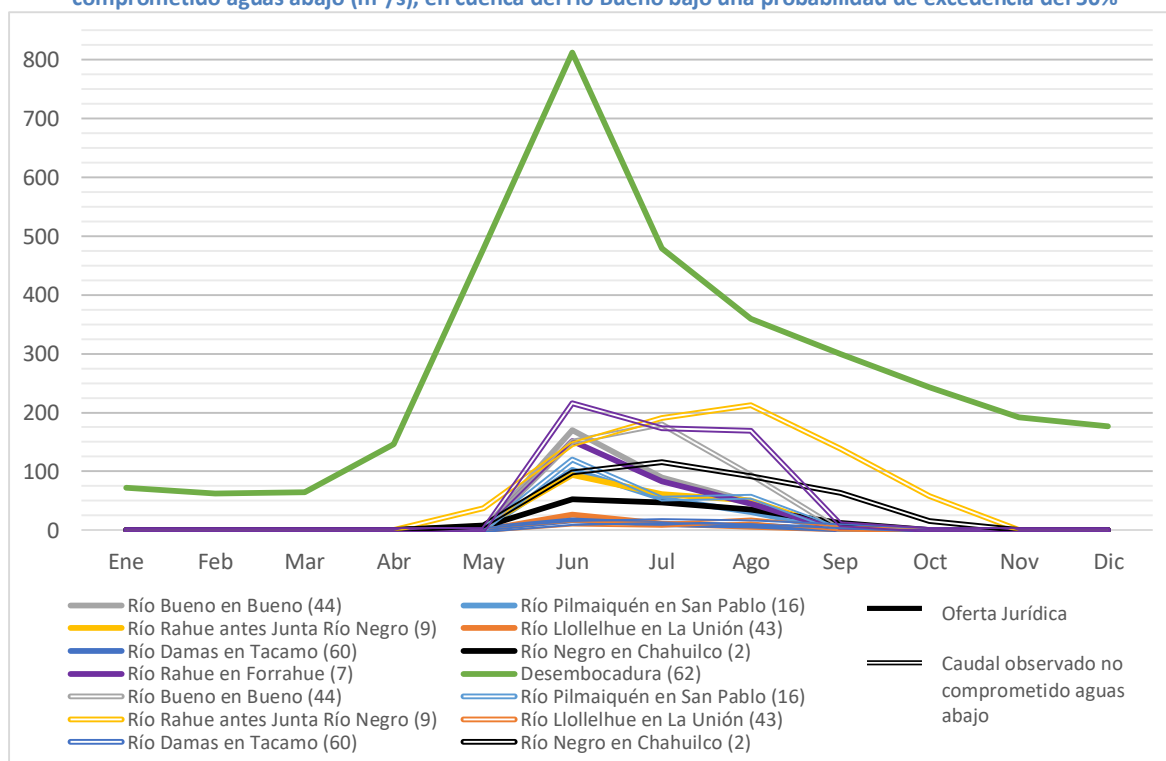
## ii) Probabilidad de excedencia del 50%

Bajo una probabilidad de excedencia del 50% las UA presentan disponibilidades promedio anuales similares, a excepción de las UA 43 y 60 que presentan ofertas menores. La UA 62, correspondiente a la desembocadura, sigue presentando la mayor disponibilidad, con caudales mensuales que llegan a superar los 800 m<sup>3</sup>/s en el mes de junio y un caudal medio anual de 282 m<sup>3</sup>/s. Las disponibilidades siguen concentrándose entre los meses de junio y agosto.

La cuenca del río Bueno posee CONCAA de cierta importancia y están acotados al periodo comprendido entre los meses de junio y septiembre. Esta situación se presenta en las UA 7, 9, 16 y 44 asociadas a los ríos Rahue, Pilmaiquén y Bueno, siendo la UA 9 la que presenta los caudales más relevantes, con valores mayores a los 100 m<sup>3</sup>/s en este periodo.

Comparando ambas variables, se aprecia que la OJ de 50% en desembocadura tiene magnitudes superiores respecto a todas las UA analizadas en la cuenca, ya sea como OJ o CONCAA (Figura III.38).

**Figura III.38. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s), en cuenca del río Bueno bajo una probabilidad de excedencia del 50%**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla III.45. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Bueno para un 50% de probabilidad de excedencia**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2	Río Negro en Chahuilco	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	52,3	47,6	35,1	12,0	0,0	0,0	0,0	12,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	98,3	116,2	91,9	63,0	15,4	0,0	0,0	32,7
7	Río Rahue en Forrahue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,1	83,1	44,8	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,6	173,1	169,1	9,7	0,0	0,0	0,0	47,3

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
9	Río Rahue Antes Junta río Negro	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	93,9	61,1	50,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	145,7	190,3	212,9	138,0	57,5	0,0	0,0	65,1
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,4	54,1	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,5	53,6	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2
43	Río Llolelhue en La Unión	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	11,0	6,0	1,4	0,0	0,0	0,0	3,7
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	9,4	16,5	2,1	0,0	0,0	0,0	3,2
44	Río Bueno en Bueno	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,3	89,4	47,8	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,2	179,8	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	35,3
60	Río Damas en Tacamo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	16,8	10,3	8,4	1,7	0,0	0,0	0,0	3,3
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,5	15,1	13,2	7,0	0,4	0,0	0,0	4,0
62	Desembocadura	OJ	71,9	62,7	64,6	145,9	477,8	811,8	479,4	359,8	299,1	243,5	192,3	176,6	282,1

Fuente: Elaboración propia

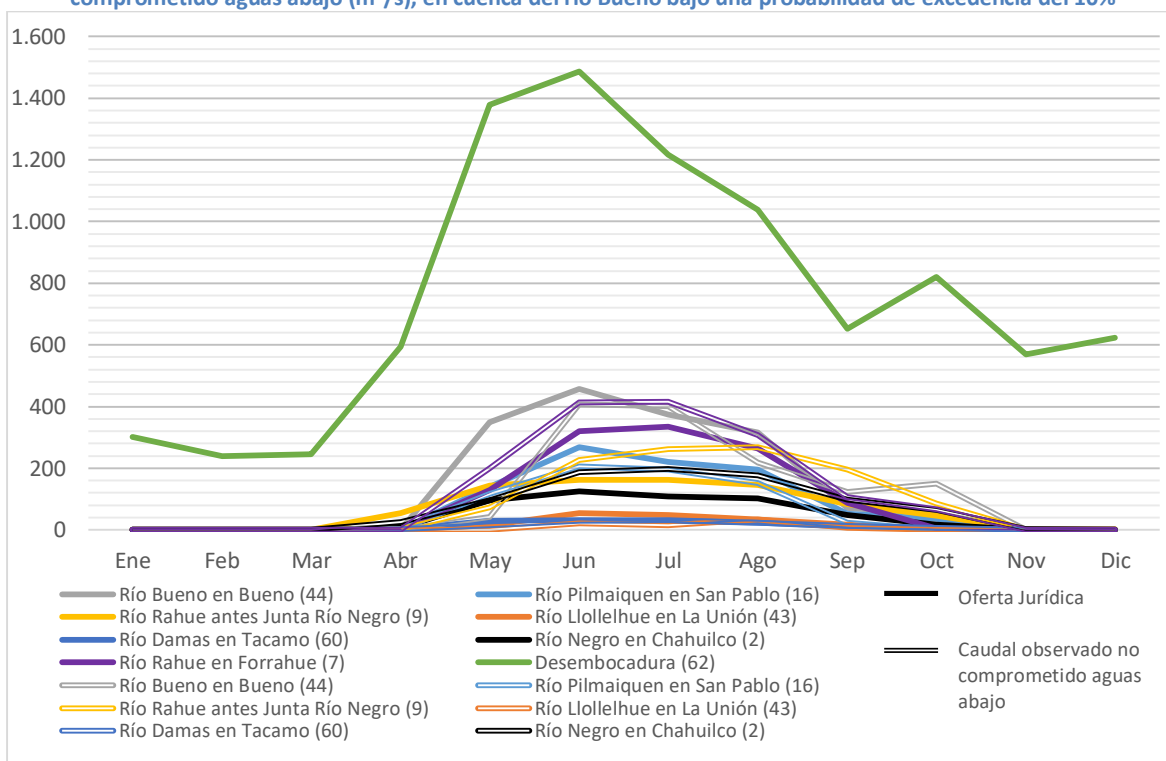
**iii) Probabilidad de excedencia del 10%**

En el caso menos probable (probabilidad de excedencia de un 10%), los caudales disponibles mayores se mantienen en la desembocadura con caudales que superan los 1.000 m<sup>3</sup>/s en los meses entre mayo y agosto (Tabla III.46). Luego, con caudales significativamente inferiores en OJ, se destacan las UA 44 y 7. Todas estas UA presentan una alta variabilidad en sus caudales mensuales.

La cuenca del río Bueno posee CONCAA de cierta importancia entre los meses de mayo y octubre, para probabilidades de excedencia del 10%. Las UA 2, 7, 9, 16 y 44, relacionadas a los ríos Negro, Rahue, Pilmaiquén y Bueno, poseen caudales superiores a los 100 m<sup>3</sup>/s en los meses de invierno alcanzando en algunos casos los 400 m<sup>3</sup>/s.

Al comparar ambas variables (Figura III.39), se mantiene la gran diferencia existente entre la OJ de desembocadura y los caudales asociados a las otras UA, con oferta todo el año, la cual no disminuye de los 200 m<sup>3</sup>/s.

Figura III.39. Variación mensual de caudal medio mensual correspondiente a Oferta Jurídica y a Caudal Observado no comprometido aguas abajo ( $m^3/s$ ), en cuenca del río Bueno bajo una probabilidad de excedencia del 10%



Fuente: Elaboración propia

Es necesario dejar en claro que no todo el CONCAA estaría disponible para ser extraído aguas arriba del punto con control fluviométrico, pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales. Además, al extraer caudal desde un punto en la cuenca los balances cambian, por lo que no es posible extraer simultáneamente todo el caudal susceptible a ser negociado.

Tabla III.46. Oferta Jurídica y Caudal observado no comprometido aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) por Unidad de Análisis de la cuenca del río Bueno para un 10% de probabilidad de excedencia

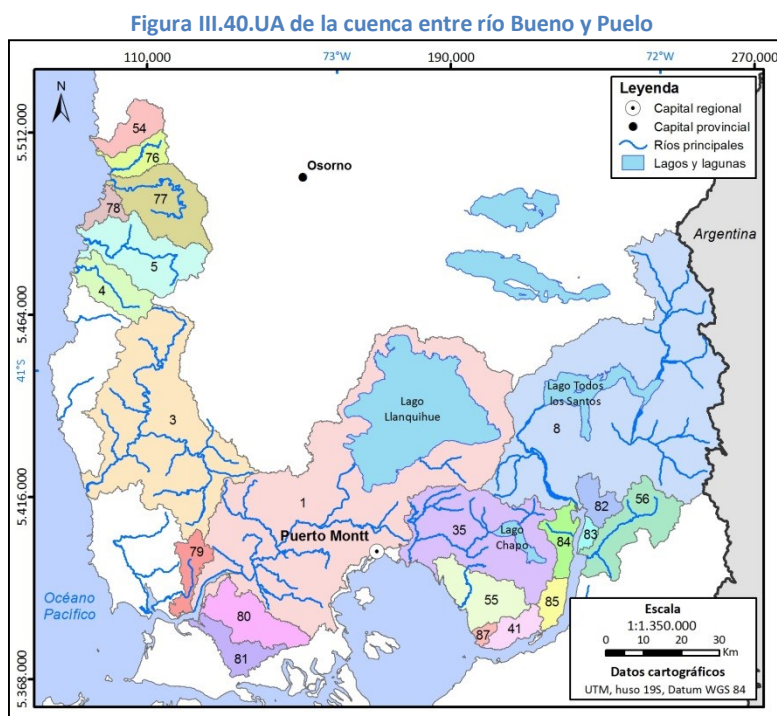
Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
2	Río Negro en Chahuilco	OJ	0,0	0,0	0,0	6,7	95,5	124,3	107,7	102,6	48,5	16,8	0,0	0,0	41,8
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	24,7	95,3	186,8	197,7	176,9	98,8	65,2	2,6	0,0	70,7
7	Río Rahue en Forrahue	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	128,5	320,9	333,9	263,3	86,7	4,2	0,0	0,0	94,8
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	200,2	413,9	415,6	308,6	106,7	67,5	0,0	0,0	126,0
9	Río Rahue Antes Junta río Negro	OJ	0,0	0,0	0,0	53,8	144,1	162,0	161,9	145,8	83,8	47,1	1,6	2,1	66,9
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	2,4	72,4	226,5	262,4	267,3	195,2	86,3	0,0	0,0	92,7
16	Río Pilmaiquén en San Pablo	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	138,5	268,9	220,1	195,1	53,3	35,8	0,0	0,0	76,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	2,4	116,7	206,6	195,5	152,7	22,9	0,0	0,0	0,0	58,1
43	Río Llollelhue en La Unión	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	53,6	47,7	33,8	17,0	0,8	0,0	0,0	14,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,2	15,3	34,6	5,9	0,0	0,0	0,0	6,4
44	Río Bueno en Bueno	OJ	0,0	0,0	0,0	0,0	348,4	457,7	373,8	316,0	71,3	52,2	0,0	0,0	135,0
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	407,3	401,1	217,7	122,1	150,5	0,0	0,0	111,7
60	Río Damas en Tacamo	OJ	0,0	0,0	0,0	1,9	28,8	31,4	29,6	24,0	11,2	7,8	0,0	0,0	11,2
		CONCAA	0,0	0,0	0,0	1,8	14,0	29,6	31,5	22,7	12,1	7,2	0,0	0,0	9,9
62	Desembocadura	OJ	302,3	239,2	245,6	594,5	1.378,8	1.486,6	1.217,5	1.038,7	652,6	819,6	568,7	623,1	763,9

Fuente: Elaboración propia

### III.7. Cuencas entre los ríos Bueno y Puelo

#### III.7.A. Unidades de Análisis de las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo

En las cuencas entre ríos Bueno y Puelo se definieron 21 UA, diferenciadas por colores en la Figura III.40, de las cuales la mayoría corresponden a pequeñas cuencas costeras. Sólo destacan, en términos de tamaño y presencia de mayor complejidad hídrica, tres UA, las que presentan los tres lagos más relevantes de la cuenca (Lago Llanquihue, Lago Todos Los Santos y Lago Chapo, UA 1, 8 y 35, respectivamente).



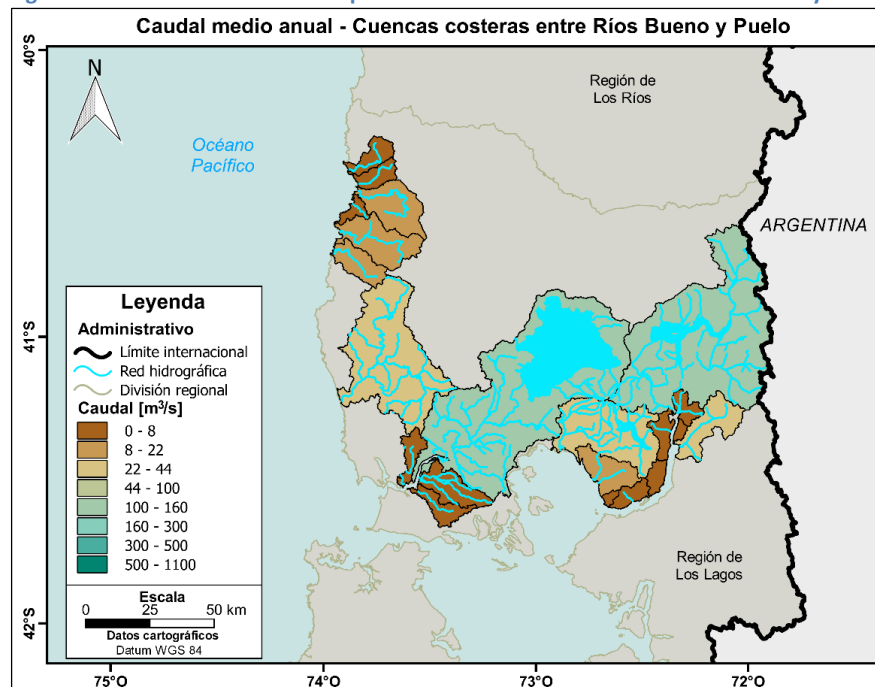
Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.

#### III.7.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.41, donde se observa el incremento del aporte de caudal a lo largo del cauce del río principal y caudales de menor envergadura cerca de la costa. Los mayores afluentes provienen desde el Este. Es importante considerar la presencia de los grandes lagos que amortiguan el caudal de la zona cordillerana, pero que no es considerado por el modelo hidrológico HBV.

En estas cuencas costeras no se cuenta con estaciones fluviométricas, por lo que no es posible establecer una medida de contraste con observaciones, quedando la confiabilidad de estas sujeta a las métricas de error metodológico determinadas en el numeral II.1.D Estimación de errores de la metodología.

Figura III.41. Oferta Natural anual para las cuencas costeras entre los ríos Bueno y Puelo.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla III.47, Tabla III.48 y Tabla III.49 se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

Tabla III.47. Caudal medio mensual (m³/s) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Bueno y Puelo.

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78	1,1	0,9	0,9	2,3	5,2	7,9	7,9	7,3	4,4	3,4	2,2	1,9
5	6,7	4,7	4,8	13,8	32,7	50,4	49,1	46,0	28,8	21,4	13,6	11,4
82	4,5	5,1	4,6	9,1	15,8	17,4	15,1	14,9	10,3	11,2	8,1	11,0
84	4,0	3,2	3,7	11,2	19,2	21,5	19,8	17,5	11,7	10,3	7,9	10,7
83	1,4	1,6	1,7	2,7	4,8	5,1	4,5	4,4	3,0	3,0	2,4	2,7
85	2,2	1,6	2,0	6,5	12,1	14,0	12,0	11,0	6,6	6,5	4,6	4,8
41	4,0	3,2	3,2	7,9	16,0	18,3	16,2	14,8	9,5	9,9	7,4	7,0
87	1,4	1,6	1,7	2,7	4,3	4,3	3,9	4,1	2,6	2,6	2,2	2,2
4	5,2	4,6	4,3	8,9	22,8	34,0	30,0	27,2	17,0	12,6	8,4	8,0
81	0,7	0,6	0,6	2,6	12,1	14,2	11,1	10,4	5,6	3,5	1,5	0,8
1	119,6	103,1	93,3	108,3	175,4	248,5	252,9	244,3	210,1	179,2	161,9	144,6
35	29,1	27,3	25,6	68,5	117,3	127,8	109,0	106,1	67,9	61,9	52,3	63,6
79	0,5	0,4	0,4	1,3	9,1	9,6	8,4	7,8	4,2	2,4	1,0	0,6
77	5,1	3,1	3,6	11,2	28,1	42,2	43,0	40,1	25,1	17,9	10,9	8,9
54	2,7	1,9	2,1	6,0	12,0	19,5	20,3	18,3	11,3	8,6	5,6	4,7
76	1,9	1,3	1,5	4,2	9,9	14,3	14,7	13,6	8,5	6,3	4,1	3,3
8	156,5	109,5	98,4	179,2	254,7	373,7	381,3	342,0	303,6	288,6	257,6	232,7
55	7,8	12,0	11,9	21,9	38,3	40,4	34,9	35,3	22,8	21,5	17,3	20,4
3	27,1	20,0	18,6	41,5	89,5	114,7	110,4	108,4	71,9	54,5	40,8	32,7
56	17,1	15,0	19,9	38,1	66,0	70,5	64,6	60,8	42,5	42,0	28,7	34,9
80	1,2	1,0	1,1	4,8	20,5	22,9	18,8	17,6	9,6	6,0	2,6	1,5

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.48. Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Bueno y Puelo.**

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78	0,37	0,23	0,33	0,49	2,29	4,47	5,06	4,89	3,17	1,72	1,24	0,65
5	1,91	1,39	1,85	3,01	15,20	28,76	31,51	33,10	20,27	10,96	7,65	4,36
82	1,04	0,82	1,50	4,24	10,38	12,54	10,66	9,60	6,90	4,34	3,67	2,73
84	0,75	0,68	0,90	3,55	12,88	15,91	12,92	11,16	6,88	4,82	3,32	1,62
83	0,31	0,23	0,48	1,28	3,07	3,67	3,19	2,85	2,08	1,42	1,06	0,94
85	0,45	0,42	0,50	1,92	8,04	10,08	7,93	6,89	4,43	3,00	2,23	1,42
41	0,72	0,62	0,95	3,65	10,88	12,82	10,59	9,48	6,24	3,75	2,98	2,20
87	0,29	0,26	0,50	1,35	2,94	3,13	2,78	2,69	1,85	1,27	1,02	0,68
4	3,33	2,55	2,60	3,87	12,14	20,21	21,65	19,94	12,42	7,21	5,65	4,21
81	0,53	0,50	0,46	0,46	3,69	8,14	7,76	6,24	3,57	1,01	0,67	0,60
1	92,51	79,87	72,26	75,75	100,02	166,89	188,14	177,80	162,60	139,65	122,09	106,30
35	5,61	5,00	8,19	21,50	71,74	92,13	78,17	68,07	46,01	28,91	18,86	10,93
79	0,40	0,37	0,34	0,32	2,28	5,97	5,79	4,59	2,49	0,68	0,51	0,44
77	1,45	0,92	1,26	2,36	12,38	24,52	26,56	26,61	17,47	8,96	6,00	3,27
54	0,76	0,59	0,78	1,35	5,96	11,15	12,44	13,07	8,12	4,38	3,10	1,71
76	0,54	0,40	0,52	0,91	4,24	8,20	9,31	9,73	5,92	3,16	2,26	1,14
8	80,17	56,85	58,68	84,39	152,22	255,31	270,03	255,76	235,05	173,72	157,84	124,24
55	2,10	1,77	2,96	10,23	24,68	29,01	25,11	22,90	15,93	10,20	7,37	6,13
3	16,07	12,37	11,42	14,65	42,42	78,33	80,79	73,97	54,95	34,63	27,20	21,32
56	3,18	4,51	6,17	18,19	45,32	52,34	41,76	39,19	25,29	16,88	14,56	12,90
80	0,92	0,87	0,80	0,82	5,87	15,99	13,13	10,53	5,98	1,77	1,18	1,05

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.49. Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Bueno y Puelo.**

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
78	0,15	0,09	0,16	0,32	0,77	2,67	3,53	3,61	2,16	1,01	0,73	0,24
5	0,81	0,39	0,92	1,93	5,00	17,10	22,10	22,65	13,34	6,50	4,46	1,48
82	0,54	0,53	0,62	1,66	3,98	7,97	7,11	6,80	3,86	1,92	1,71	0,79
84	0,57	0,57	0,52	1,22	4,79	10,70	8,99	7,79	4,33	1,89	1,54	0,71
83	0,16	0,16	0,16	0,50	1,17	2,39	2,15	2,03	1,13	0,58	0,49	0,19
85	0,38	0,35	0,35	0,62	2,69	6,67	5,45	4,71	2,63	1,14	0,96	0,43
41	0,52	0,51	0,47	1,36	3,97	8,83	7,33	6,62	3,31	1,67	1,33	0,81
87	0,15	0,14	0,15	0,60	1,28	2,20	1,90	1,93	1,02	0,56	0,49	0,23
4	2,25	1,65	1,67	2,24	6,42	14,90	14,38	14,09	8,74	5,22	4,18	2,96
81	0,44	0,40	0,38	0,36	0,47	4,88	5,07	4,03	1,84	0,60	0,53	0,48
1	70,59	61,09	55,23	58,38	68,61	99,84	115,73	142,25	137,19	115,19	100,83	85,83
35	4,29	4,28	3,90	8,65	25,83	62,66	53,21	47,76	25,36	11,28	7,89	5,12
79	0,32	0,30	0,27	0,26	0,30	3,02	3,64	2,88	1,30	0,43	0,40	0,36
77	0,61	0,26	0,64	1,49	3,93	12,98	16,92	19,21	10,48	5,18	3,38	1,05
54	0,35	0,22	0,35	0,77	2,71	6,26	8,00	8,84	4,63	2,53	1,75	0,55
76	0,25	0,11	0,25	0,55	1,39	4,34	6,41	6,56	3,58	1,83	1,28	0,39
8	39,43	28,69	26,58	45,74	69,35	123,94	145,71	186,00	179,61	112,32	104,52	66,28
55	1,38	1,39	1,37	4,01	9,59	19,82	17,16	16,25	8,75	4,15	3,40	1,53
3	10,53	8,29	7,58	11,14	21,97	48,94	56,82	55,58	41,24	26,65	20,82	15,23
56	1,81	1,89	1,81	7,55	17,34	30,80	27,92	27,67	16,09	7,45	6,97	2,05
80	0,77	0,70	0,66	0,63	0,79	7,23	8,52	6,77	3,12	1,05	0,93	0,85

Fuente: Elaboración propia.

### III.7.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La Demanda AAC, considerando DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales, caudal ecológico y reservas, expresados en caudal medio mensual se presenta en la Tabla III.50.

Se generaron 21 UA en las cuencas costeras entre los ríos Bueno y Puelo, destacando en cuanto a tamaño y demanda la UA 1 asociada al Lago Llanquihue y el río Maullín, la UA 8 relacionada Lago de Todos Los Santos, la UA 3 con el río Llico y la UA 35 con el Lago Chapo y el río Chamiza.

Esta cuenca con numerosas UA, se caracteriza por tener muy bajos caudales consuntivos comprometidos, a excepción de la UA 8 que presenta un alto caudal comprometido de carácter eventual, que alcanza más de 2 mil m<sup>3</sup>/s en los meses de junio y julio, y aunque tiene una gran variabilidad mensual, presenta un caudal medio anual cercano a 1.149 m<sup>3</sup>/s. Las otras dos UA con demandas consuntivas mayores -pero muy lejanas a la UA 8-, son la UA 35 y la UA 56, siendo en el primer caso más bien demandas de carácter permanente y en el segundo, caudales de tipo eventual. La gran diferencia presentada en la UA 8 se debería a la adición de una reserva ambiental, como se detalla posteriormente.

En el caso de los caudales NC, son las UA 1, 8 y 35, las más importantes, siendo la UA 1 la que presenta mayores demandas permanentes llegando cerca de los 290 m<sup>3</sup>/s en los meses de julio y agosto, y mostrando en forma global en caudales NC un promedio anual en torno a 308 m<sup>3</sup>/s. Luego, la UA 8 da cuenta de importantes caudales NC entre los meses de mayo y julio especialmente, los cuales son de carácter eventual. En la UA 35 se obtienen valores mucho menores, los que se distribuyen tanto en caudales permanentes como eventuales. Todas las UA poseen un río con desembocadura, por lo que la demanda no consuntiva solo genera limitaciones locales de disponibilidad de aguas.

En las cuencas costeras no se observan reservas de caudales extractivas (artículo 147 bis del Código de Aguas), mientras que se presentan dos reservas de caudales del tipo ambiental: la primera, en el río Petrohué (UA 8) con un caudal promedio anual de 1.148,5 m<sup>3</sup>/s reservados, mientras que la segunda se encuentra en el río Cochamó (UA 56), con un caudal promedio anual de 48,2 m<sup>3</sup>/s reservados. Los caudales ecológicos son mayores en las cuencas de mayor tamaño, asociadas a la UA 1 y UA 8, con un caudal promedio anual cercano a los 24 m<sup>3</sup>/s, pero que en la UA 1 se traduce en una menor dispersión en sus datos mensuales.



Tabla III.50. Componentes de las Demanda AAC de las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	-	C-P	9,3	9,2	9,4	11,6	13,3	13,9	13,8	13,1	12,6	11,7	11,2	10,0
		NC-P	204,3	188,3	182,2	191,0	218,0	263,3	284,8	288,0	278,8	253,8	241,7	226,3
		C-E	4,9	4,9	5,7	3,6	2,9	2,5	2,2	2,7	3,0	3,8	3,5	4,6
		NC-E	86,0	80,0	77,6	83,6	112,7	88,3	61,5	33,2	26,8	68,8	75,1	88,6
		Q-E	24,7	24,7	22,6	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7
3	-	C-P	3,0	3,0	3,0	3,6	3,9	4,1	4,1	4,1	3,9	3,7	3,7	3,5
		NC-P	13,0	14,3	19,0	24,6	31,7	36,6	35,8	35,3	30,3	22,1	20,4	16,3
		C-E	1,0	1,0	1,1	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8
		NC-E	23,7	21,4	20,9	22,1	22,2	20,0	18,8	16,9	17,0	24,3	22,5	25,8
		Q-E	4,2	3,9	3,9	4,4	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
4	-	C-P	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2
		NC-P	4,7	5,0	5,9	9,1	16,3	17,6	17,5	15,6	10,0	6,7	6,2	5,4
		C-E	0,5	0,4	0,5	0,6	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6
		NC-E	9,9	9,1	9,2	10,1	10,7	10,1	8,5	8,8	9,4	10,1	9,3	10,5
		Q-E	1,0	1,0	1,0	1,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
5	-	C-P	0,9	1,0	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	1,0
		NC-P	7,5	6,5	7,6	13,0	20,6	28,6	28,0	27,2	23,4	15,0	12,9	10,7
		C-E	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7
		NC-E	7,9	8,5	9,5	13,1	14,9	11,1	10,6	10,0	10,6	13,6	10,8	12,9
		Q-E	1,3	1,3	1,3	1,3	1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,4	1,5
8	-	C-P	4,2	4,2	4,3	4,5	4,5	4,7	4,6	4,6	4,4	4,4	4,4	4,3
		NC-P	23,4	20,3	21,3	23,6	28,1	30,9	30,1	29,0	25,5	24,2	27,4	27,3
		C-E	754,0	493,4	535,2	1.013,0	156,8	2.371,6	2.088,1	1.518,2	1.219,9	1.251,2	1.247,5	1.136,9
		NC-E	86,9	55,2	67,0	149,6	208,4	239,5	212,2	103,1	83,6	122,3	120,7	120,1
		Q-E	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7
35	-	C-P	52,0	52,0	52,1	52,2	52,4	52,6	52,6	52,4	52,3	52,2	52,1	52,1
		NC-P	19,6	18,9	20,5	25,9	45,2	53,5	55,9	50,0	38,6	28,2	25,0	22,9
		C-E	0,7	0,6	0,5	1,1	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	0,9	1,1
		NC-E	33,8	30,1	27,9	40,8	48,9	51,5	44,2	42,2	34,6	37,3	34,8	39,1
		Q-E	3,8	3,8	3,8	3,8	6,2	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	3,8	3,8
41	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
54	-	Q-E	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5	0,5
		C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	1,1	0,9	1,6	2,8	3,0	5,1	4,1	4,9	2,2	2,0	1,7	1,4
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	5,6	5,1	5,4	6,4	10,7	10,2	8,2	5,4	5,4	6,6	5,3	6,5
55	-	Q-E	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,6	0,5
		C-P	5,8	5,7	5,9	6,6	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,4
		NC-P	12,4	11,2	13,6	16,2	38,8	39,5	40,0	37,7	35,2	21,3	18,5	16,0
		C-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
		NC-E	25,2	24,7	20,8	24,2	6,5	5,9	5,1	7,1	7,8	21,0	22,0	24,3
56	-	Q-E	1,3	1,3	1,3	1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	1,3	1,3	1,3
		C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	3,6	3,1	2,8	2,8	4,7	4,7	4,9	4,4	3,9	3,5	3,8	3,8
		C-E	33,3	25,0	15,1	38,5	63,0	63,7	63,9	73,8	55,7	53,8	52,3	43,0
		NC-E	8,6	8,7	7,0	11,6	10,4	10,1	9,3	11,0	8,5	9,3	8,4	9,9
76	-	Q-E	2,3	2,3	2,3	2,3	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	2,3	2,3	2,3
		C-P	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
77	-	Q-E	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,4
		C-P	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7
		NC-P	3,3	2,2	4,2	8,4	13,9	33,4	31,3	33,8	17,9	9,4	7,7	5,0
		C-E	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
		NC-E	18,6	17,6	18,7	34,9	41,9	24,2	24,1	21,2	27,6	43,1	30,8	26,6
78	-	Q-E	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	1,9	1,1	1,1
		C-P	1,8	1,8	1,8	1,8	2,3	2,4	2,3	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8
		NC-P	1,3	1,1	1,4	1,8	2,2	2,3	2,2	2,2	1,9	1,5	1,4	1,4
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
		NC-E	0,5	0,5	0,4	0,6	0,2	0,0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,5
79	-	Q-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
		C-P	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
		C-E	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
		Q-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
80	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
		NC-P	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6	1,6	2,3	2,0	1,7	0,7	0,4	0,3	
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,4	0,5	0,8	1,3	3,6	2,7	2,0	2,2	1,5	1,8	0,9	0,7	
		Q-E	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	
81	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
		NC-P	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
		Q-E	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3
82	-	C-P	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
		NC-P	4,7	4,2	5,2	6,7	9,3	10,8	11,0	10,1	8,8	6,6	6,3	4,9	
		C-E	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
		NC-E	7,0	6,7	5,8	7,0	7,0	6,6	6,8	6,0	5,3	7,2	6,3	8,3	
		Q-E	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	
83	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
84	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,6	0,6	0,6
85	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4
87	-	C-P	0,5	0,2	0,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
		NC-P	2,4	2,9	3,0	3,4	5,3	5,8	6,1	5,4	4,7	3,7	3,4	2,9	
		C-E	18,9	19,2	18,9	18,1	18,1	18,0	18,1	18,0	18,1	18,1	18,2	18,2	
		NC-E	3,5	2,9	2,8	3,9	5,4	5,7	4,4	3,9	3,0	3,5	3,2	3,6	
		Q-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

Fuente: Elaboración propia

### III.7.D. Oferta Jurídica

Respecto a la OJ para las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, se presentan en la Tabla III.51 los resultados de los caudales para cada una de las UA en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas (10%, 50% y 85%).

Respecto a la OJ bajo un 85% de probabilidad de excedencia, se tiene que las UA más grandes son las que presentan una mayor disponibilidad de caudal. Así, las UA 8 y 1, poseen caudales medios anuales de 65 y 56 m<sup>3</sup>/s, con caudales mensuales disponibles concentrados entre los meses de junio y noviembre, destacándose los cerca de 150 m<sup>3</sup>/s de la UA 8 en los meses de agosto y septiembre. Luego en términos de disponibilidad, se tiene la UA 3 con solo 17 m<sup>3</sup>/s como caudal promedio anual.

Para una probabilidad de excedencia del 50%, la OJ disminuye, presentándose la UA 1 con un caudal promedio anual cercano a 27 m<sup>3</sup>/s y con caudales mensuales que alcanzan los 70 m<sup>3</sup>/s en el mes de julio, seguida por la UA 3 con caudales mensuales menores, que no superan los 30 m<sup>3</sup>/s

En un escenario de 10% de probabilidad de excedencia es la UA 1 la que mayor oferta presenta, con cerca de 74 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual, con caudales que alcanzan máximos cercanos a 146 m<sup>3</sup>/s en el mes de junio. Así también se destacan con un menor caudal las UA 3 y 35, con caudales mensuales que llegan aproximadamente a los 65 m<sup>3</sup>/s.

Tabla III.51. Oferta Jurídica (m³/s) por Unidad de Análisis de las cuencas costeras entre ríos Bueno y Puelo para distintas probabilidades de excedencia.

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
1	-	OJ 85%	36,6	27,2	23,2	22,0	30,6	61,2	77,2	104,5	99,8	78,7	64,8	51,1	56,4
		OJ 50%	17,0	13,8	11,4	13,7	28,6	64,5	70,2	32,8	22,5	20,7	17,8	15,8	27,4
		OJ 10%	44,1	37,1	32,4	46,2	103,9	146,2	134,9	99,3	70,0	60,3	57,6	54,1	73,9
3	-	OJ 85%	3,3	1,4	0,6	3,2	10,3	37,0	44,9	43,7	29,5	15,1	9,4	5,5	17,0
		OJ 50%	4,6	3,1	2,8	2,8	20,0	29,1	23,7	18,1	13,3	7,4	5,8	5,3	11,3
		OJ 10%	15,6	10,7	10,0	29,6	67,0	65,4	53,3	52,5	30,2	27,2	19,4	16,7	33,1
4	-	OJ 85%	1,1	0,5	0,5	1,0	4,2	12,4	12,0	11,7	6,5	3,0	2,2	1,6	4,7
		OJ 50%	0,6	0,5	0,4	1,1	4,8	4,4	6,6	5,4	3,2	1,4	1,0	0,7	2,5
		OJ 10%	2,4	2,5	2,2	6,1	15,5	18,2	14,9	12,6	7,8	6,8	3,8	4,4	8,1
5	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	12,9	17,9	18,5	9,3	2,8	1,8	0,0	5,4
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	11,2	9,0	10,2	6,6	4,0	2,7	1,3	4,6
		OJ 10%	3,7	1,8	1,8	10,7	27,2	32,8	26,6	23,1	15,2	14,4	8,7	8,4	14,5
8	-	OJ 85%	19,3	8,6	6,4	25,4	49,0	87,5	109,3	149,6	143,5	76,2	68,4	42,0	65,4
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		OJ 10%	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
35	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	28,2	16,7	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
		OJ 10%	0,0	0,0	0,0	11,4	57,4	63,8	47,6	44,7	6,8	4,6	0,0	6,7	20,3
41	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,8	3,0	7,7	6,2	5,5	2,2	1,1	0,8	0,3	2,3
		OJ 50%	0,2	0,1	0,4	2,3	6,9	4,0	3,3	2,9	2,9	2,1	1,6	1,4	2,3
		OJ 10%	3,5	2,7	2,6	6,6	12,1	9,4	8,9	8,2	6,2	8,2	6,0	6,2	6,7
54	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	5,1	6,8	7,7	3,5	1,5	1,1	0,0	2,3
		OJ 50%	0,2	0,0	0,2	0,6	3,2	4,9	4,4	4,2	3,5	1,8	1,3	1,1	2,1
		OJ 10%	2,1	1,3	1,5	5,2	9,3	13,3	12,3	9,4	6,7	6,1	3,9	4,1	6,3
55	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	7,5	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	2,2	14,9	9,0	7,8	6,5	6,2	1,8	0,0	0,0	4,0
		OJ 10%	0,4	4,9	4,5	13,8	28,5	20,4	17,6	18,9	13,1	13,1	8,9	12,4	13,1
56	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	5,1	12,5	26,0	23,1	22,9	11,3	5,0	4,5	0,0	9,2
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		OJ 10%	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
76	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,4	5,4	5,6	2,6	1,0	0,7	0,0	1,6
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,3	2,8	3,9	2,9	3,2	2,3	1,3	1,0	0,5	1,5
		OJ 10%	1,3	0,7	0,9	3,6	8,5	10,0	8,3	7,1	4,9	4,4	2,8	2,8	4,6

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
77	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	9,8	13,8	16,1	7,4	2,4	1,4	0,0	4,4
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,3	8,3	11,4	9,5	7,3	6,8	3,6	2,5	1,2	4,2
		OJ 10%	3,1	1,0	1,5	9,1	24,0	29,1	25,9	20,8	14,4	12,6	7,4	6,8	13,0
78	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,5	1,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,4
		OJ 10%	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5	5,1	4,3	3,5	2,0	1,1	0,1	0,0	1,6
79	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	3,0	2,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,7
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,9	2,1	1,7	1,2	0,2	0,0	0,0	0,8
		OJ 10%	0,0	0,0	0,0	0,8	8,6	6,6	4,8	4,9	2,9	1,9	0,5	0,1	2,6
80	-	OJ 85%	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	6,1	7,4	5,6	1,9	0,4	0,3	0,2	1,9
		OJ 50%	0,1	0,1	0,1	0,1	5,1	8,8	4,6	3,8	2,9	0,7	0,2	0,2	2,2
		OJ 10%	0,4	0,3	0,4	4,1	19,7	15,6	10,3	10,8	6,5	5,0	1,7	0,6	6,3
81	-	OJ 85%	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	4,3	4,5	3,4	1,2	0,3	0,2	0,2	1,2
		OJ 50%	0,1	0,1	0,1	0,1	3,2	3,3	2,7	2,2	1,7	0,4	0,1	0,1	1,2
		OJ 10%	0,2	0,2	0,2	2,3	11,6	9,3	6,0	6,3	3,8	2,8	0,9	0,3	3,7
82	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,5	2,4	6,2	5,4	5,0	2,1	0,8	0,6	0,0	1,9
		OJ 50%	0,0	0,0	0,3	2,5	6,4	4,5	3,5	2,8	3,0	2,4	1,9	1,5	2,4
		OJ 10%	3,4	4,0	3,4	7,4	11,8	9,4	7,9	8,0	6,4	9,2	6,3	9,8	7,2
83	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	2,0	1,8	1,7	0,8	0,4	0,3	0,0	0,7
		OJ 50%	0,1	0,1	0,3	0,8	1,9	1,3	1,0	0,8	1,0	0,8	0,6	0,8	0,8
		OJ 10%	1,2	1,5	1,6	2,2	3,6	2,7	2,3	2,3	1,9	2,4	1,9	2,5	2,2
84	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,6	3,7	9,4	7,7	6,5	3,1	1,3	0,9	0,1	2,8
		OJ 50%	0,1	0,0	0,3	2,3	8,1	5,2	3,9	3,4	2,6	2,9	1,8	0,9	2,6
		OJ 10%	3,4	2,6	3,1	10,0	14,5	10,8	10,9	9,7	7,3	8,4	6,3	10,0	8,1
85	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	5,9	4,6	3,9	1,8	0,7	0,5	0,0	1,7
		OJ 50%	0,0	0,0	0,1	1,3	5,3	3,4	2,5	2,2	1,8	1,9	1,3	1,0	1,7
		OJ 10%	1,8	1,2	1,6	5,9	9,4	7,3	6,5	6,3	4,0	5,3	3,6	4,3	4,8
87	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		OJ 10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

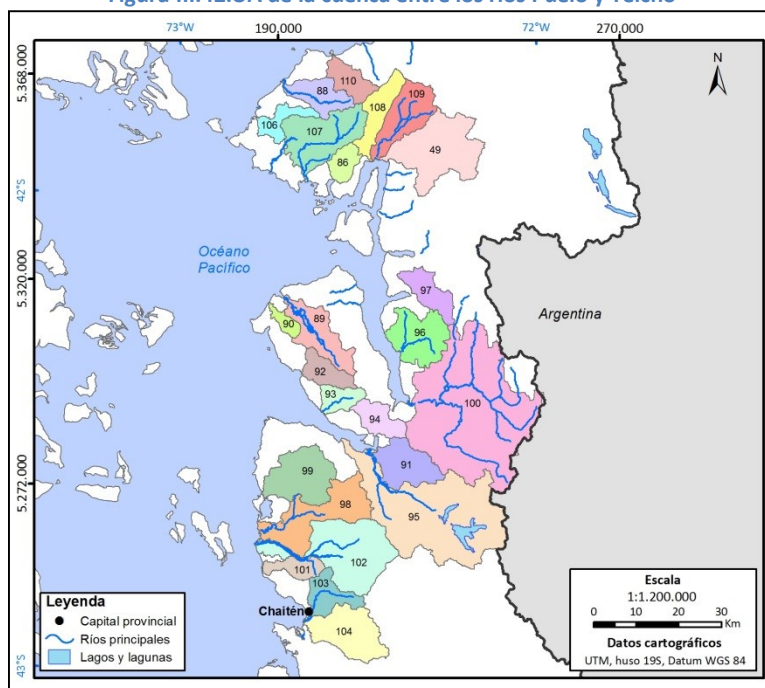
### III.8. Cuencas Costeras entre los ríos Puelo y Yelcho

#### III.8.A. Unidades de Análisis de las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho

En las cuencas costeras entre ríos Puelo y Yelcho se definieron 24 UA, diferenciadas por colores en la Figura III.42, todas ellas corresponden a pequeñas cuencas costeras.

Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.

Figura III.42.UA de la cuenca entre los ríos Puelo y Yelcho



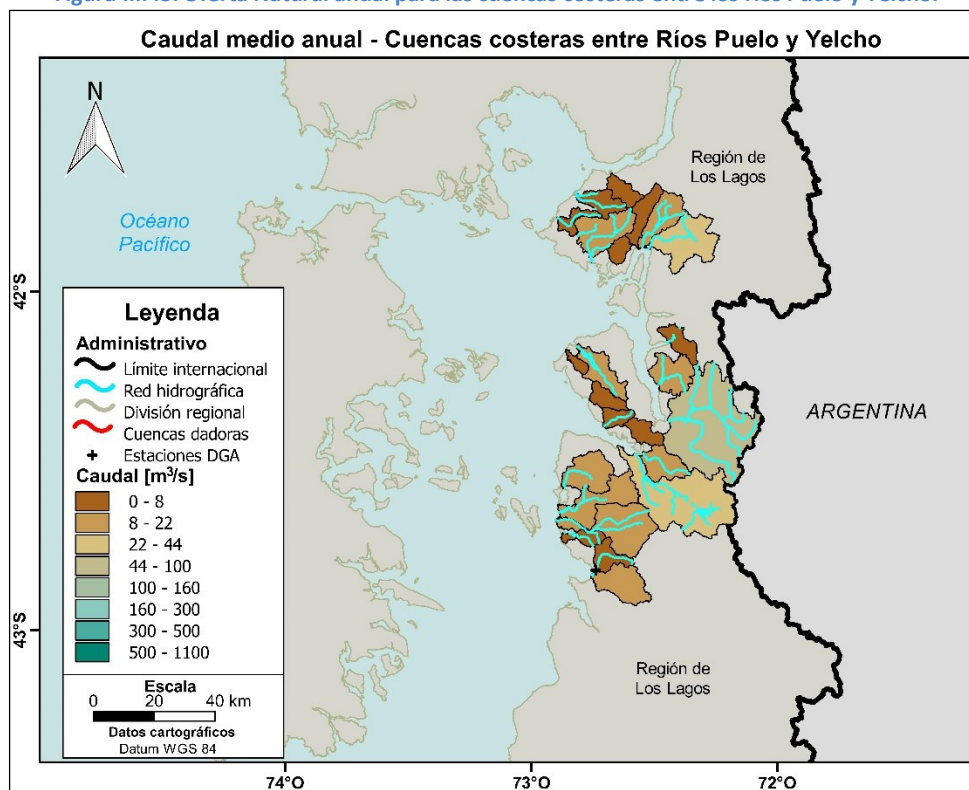
Fuente: Elaboración propia.

#### III.8.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio se presenta en la Figura III.43, donde se observa que la mayoría son caudales menores a  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  cercanos a las costas. Al igual que en las cuencas anteriores, no existen estaciones fluviométricas para contrastar la calidad de la estimación, por lo que el error de estas está sujeto al estimado en los errores asociados a la transferencia de parámetros.

En la Figura III.43 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.43. Oferta Natural anual para las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla III.52, Tabla III.53 y Tabla III.54 se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

Tabla III.52. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Puelo y Yelcho.

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
109	9,6	8,2	7,7	12,8	19,0	21,9	22,7	22,8	18,4	18,8	15,7	15,8
96	13,2	12,3	10,2	10,5	13,7	16,3	16,5	16,2	15,9	15,0	14,7	13,6
98	20,9	18,7	16,8	17,2	21,9	26,4	25,9	25,8	25,8	23,7	22,8	21,3
49	49,1	33,5	29,8	33,7	41,8	39,0	36,7	39,8	37,8	43,7	52,3	61,2
89	11,5	10,2	9,1	9,3	12,0	14,2	15,4	15,2	14,9	13,9	13,2	12,0
107	12,7	10,1	9,1	14,3	21,7	26,9	28,0	27,2	23,4	21,4	17,6	16,6
90	2,3	2,1	1,9	1,9	2,5	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	2,7	2,4
100	62,8	65,2	50,6	51,0	64,9	69,2	69,0	70,9	66,2	62,4	64,0	61,3
99	16,6	14,9	13,5	13,7	17,6	21,6	21,2	21,7	21,2	19,5	18,9	17,1
91	11,4	10,0	8,8	8,7	10,8	13,5	14,1	13,7	14,3	13,2	13,0	12,7
108	5,6	4,7	4,1	7,1	11,4	14,2	13,5	14,7	12,4	11,9	9,9	8,7
86	2,4	2,1	1,8	2,5	4,8	6,1	5,9	5,9	4,8	4,5	3,8	3,1
106	2,9	2,6	2,3	3,4	5,2	5,8	6,1	6,1	5,2	4,8	4,1	3,9
88	4,8	4,6	3,9	5,9	9,2	10,2	11,0	10,7	8,9	8,3	6,9	6,7
110	4,7	4,0	3,4	5,7	8,2	10,0	9,7	10,4	8,7	8,6	6,3	6,4
97	7,0	7,0	5,7	5,8	7,0	8,6	8,8	8,4	8,4	8,1	7,8	7,3
95	46,4	46,5	36,6	36,3	42,6	48,6	48,6	49,4	49,7	46,6	49,4	49,1



id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
102	26,9	24,3	21,9	22,0	27,3	31,3	31,5	31,4	31,8	29,8	28,5	28,4
104	13,7	12,1	10,5	11,0	13,1	15,9	16,6	16,6	16,8	16,2	15,7	15,4
92	6,8	6,1	5,5	5,8	7,4	9,0	8,8	8,5	8,3	7,8	7,6	6,9
93	5,5	5,0	4,5	4,8	6,0	7,4	7,0	6,8	6,6	6,2	6,3	5,6
94	6,5	5,7	4,9	5,0	6,7	8,8	8,9	8,8	8,7	8,1	7,6	7,2
101	4,5	4,0	3,5	3,5	4,3	5,4	5,7	6,0	5,8	5,5	5,1	4,8
103	7,4	6,4	5,8	5,7	7,0	9,1	9,0	9,4	9,3	8,7	8,4	7,8

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.53. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Puelo y Yelcho.**

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
109	6,25	5,65	5,29	6,06	10,98	16,78	14,74	16,40	14,10	10,83	10,76	8,53
96	8,92	8,18	6,73	7,70	9,48	12,00	12,45	12,64	12,75	12,08	11,06	10,60
98	14,55	12,77	11,49	13,01	15,94	19,02	20,14	20,82	20,69	18,95	17,64	16,97
49	33,25	19,76	15,31	20,27	24,71	22,80	19,19	22,31	23,38	29,29	37,90	42,88
89	8,05	6,93	6,14	7,06	8,53	11,04	11,86	12,83	12,43	11,30	10,21	9,55
107	8,22	7,38	6,91	7,44	12,78	20,25	18,48	19,30	16,59	12,36	11,55	9,94
90	1,62	1,40	1,25	1,44	1,75	2,18	2,46	2,56	2,53	2,26	2,05	1,92
100	40,74	37,40	32,08	37,36	44,83	51,32	48,15	47,93	48,14	48,01	46,18	46,60
99	11,74	10,28	9,26	10,55	12,82	15,67	17,28	18,00	17,51	15,95	14,30	13,74
91	7,86	6,74	5,92	6,55	8,37	10,20	10,78	11,20	11,30	10,78	9,87	9,33
108	3,89	3,50	3,27	3,57	6,56	10,55	9,78	9,69	8,53	6,89	6,37	5,03
86	1,80	1,58	1,44	1,52	2,45	4,52	4,37	4,00	3,44	2,68	2,51	2,21
106	2,10	1,90	1,78	1,89	2,64	4,26	4,47	4,23	3,80	2,94	2,78	2,53
88	3,53	3,18	2,98	3,14	4,83	7,87	8,10	7,61	6,95	5,05	4,71	4,26
110	2,90	2,60	2,53	2,67	4,80	7,19	6,80	7,25	6,70	4,75	4,35	3,55
97	5,03	4,43	3,68	4,24	5,42	6,38	6,34	6,52	6,55	5,98	5,72	5,59
95	30,49	28,38	23,61	26,72	32,97	36,10	37,31	36,10	36,27	36,91	34,80	34,88
102	18,58	16,42	14,83	16,77	19,88	22,83	25,40	25,09	25,16	23,43	22,19	21,75
104	9,48	8,14	7,13	7,47	9,36	12,40	13,35	13,75	14,04	12,70	11,76	11,30
92	4,69	4,11	3,73	4,35	5,32	6,34	6,65	6,85	6,71	6,31	5,62	5,47
93	3,82	3,36	3,06	3,51	4,37	5,14	5,36	5,29	5,46	5,01	4,44	4,44
94	4,56	3,86	3,34	3,60	4,70	6,16	6,71	6,98	6,99	6,32	5,86	5,30
101	3,15	2,73	2,43	2,66	3,35	4,26	4,67	5,03	4,88	4,39	4,00	3,62
103	5,10	4,64	3,95	4,36	5,53	6,54	7,01	7,36	7,36	6,76	6,21	5,80

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.54. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre ríos Puelo y Yelcho.**

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
109	6,25	5,65	5,29	6,06	10,98	16,78	14,74	16,40	14,10	10,83	10,76	8,53
96	8,92	8,18	6,73	7,70	9,48	12,00	12,45	12,64	12,75	12,08	11,06	10,60
98	14,55	12,77	11,49	13,01	15,94	19,02	20,14	20,82	20,69	18,95	17,64	16,97
49	33,25	19,76	15,31	20,27	24,71	22,80	19,19	22,31	23,38	29,29	37,90	42,88
89	8,05	6,93	6,14	7,06	8,53	11,04	11,86	12,83	12,43	11,30	10,21	9,55

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
107	8,22	7,38	6,91	7,44	12,78	20,25	18,48	19,30	16,59	12,36	11,55	9,94
90	1,62	1,40	1,25	1,44	1,75	2,18	2,46	2,56	2,53	2,26	2,05	1,92
100	40,74	37,40	32,08	37,36	44,83	51,32	48,15	47,93	48,14	48,01	46,18	46,60
99	11,74	10,28	9,26	10,55	12,82	15,67	17,28	18,00	17,51	15,95	14,30	13,74
91	7,86	6,74	5,92	6,55	8,37	10,20	10,78	11,20	11,30	10,78	9,87	9,33
108	3,89	3,50	3,27	3,57	6,56	10,55	9,78	9,69	8,53	6,89	6,37	5,03
86	1,80	1,58	1,44	1,52	2,45	4,52	4,37	4,00	3,44	2,68	2,51	2,21
106	2,10	1,90	1,78	1,89	2,64	4,26	4,47	4,23	3,80	2,94	2,78	2,53
88	3,53	3,18	2,98	3,14	4,83	7,87	8,10	7,61	6,95	5,05	4,71	4,26
110	2,90	2,60	2,53	2,67	4,80	7,19	6,80	7,25	6,70	4,75	4,35	3,55
97	5,03	4,43	3,68	4,24	5,42	6,38	6,34	6,52	6,55	5,98	5,72	5,59
95	30,49	28,38	23,61	26,72	32,97	36,10	37,31	36,10	36,27	36,91	34,80	34,88
102	18,58	16,42	14,83	16,77	19,88	22,83	25,40	25,09	25,16	23,43	22,19	21,75
104	9,48	8,14	7,13	7,47	9,36	12,40	13,35	13,75	14,04	12,70	11,76	11,30
92	4,69	4,11	3,73	4,35	5,32	6,34	6,65	6,85	6,71	6,31	5,62	5,47
93	3,82	3,36	3,06	3,51	4,37	5,14	5,36	5,29	5,46	5,01	4,44	4,44
94	4,56	3,86	3,34	3,60	4,70	6,16	6,71	6,98	6,99	6,32	5,86	5,30
101	3,15	2,73	2,43	2,66	3,35	4,26	4,67	5,03	4,88	4,39	4,00	3,62
103	5,10	4,64	3,95	4,36	5,53	6,54	7,01	7,36	7,36	6,76	6,21	5,80

Fuente: Elaboración propia.

### III.8.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

La Demanda AAC, considerando DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales y las otras demandas (caudal ecológico y reservas), está expresada en caudal medio mensual y se presenta en la Tabla III.55.

Se generaron 24 UA en las cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho, cuya demanda consuntiva es despreciable, no superándose los 2,1 m<sup>3</sup>/s como promedio anual, ni como caudales mensuales (UA 110).

En cuanto a la demanda no consuntiva, ésta tampoco es significativa en relación con las cuencas de más al norte descritas anteriormente. La UA 102 se destaca con la mayor demanda NC, con cerca de 130 m<sup>3</sup>/s como promedio anual, además, en la misma UA se obtuvo la mayor demanda NC eventual de la cuenca con caudales que superan los 100 m<sup>3</sup>/s en el mes de mayo. En términos NC, luego le siguen en importancia la UA 100 y 88. Todas las UA poseen un río en desembocadura, por lo que la demanda no consuntiva solo genera limitaciones locales de disponibilidad de aguas.

Del análisis, resultaron además 11 UA sin demanda consuntiva, y 10 UA sin presencia de DAA no consuntivos. Esto se puede relacionar a la difícil geografía de esta zona.

El caudal ecológico es muy estable en cada una de las UA y no supera los 9 m<sup>3</sup>/s.

En las cuencas costeras no se presentan reservas de caudales extractivas (artículo 147 bis del Código de Aguas). Los caudales ecológicos son reducidos y oscilan levemente entre UA, teniendo un rango entre los 0,4 m<sup>3</sup>/s y los 6 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla III.55. Componentes de las Demanda AAC de las cuencas entre los ríos Puelo y Yelcho, caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
49	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	46,1	40,0	35,9	24,1	17,1	12,8	8,7	8,3	8,0	14,2	23,3	38,4
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	22,9	19,0	30,3	28,5	25,8	19,7	17,5	21,6	15,7	16,4	20,7	21,3
		Q-E	5,2	4,5	4,7	4,9	5,2	5,1	4,5	4,4	5,2	5,2	5,2	5,2
86	-	C-P	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	1,0	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3
		NC-P	0,4	0,3	0,4	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,6	0,5
		C-E	0,8	0,7	0,6	0,8	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,9
		NC-E	0,6	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,5
		Q-E	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
88	-	C-P	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
		NC-P	22,4	17,1	13,8	13,5	36,2	42,7	47,1	44,8	43,0	46,3	46,9	38,6
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	46,0	31,1	23,0	40,6	55,7	52,5	45,4	44,3	42,9	41,4	40,5	48,2
		Q-E	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
89	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	5,7	4,2	6,7	8,1	8,7	10,8	10,2	10,1	8,1	7,6	7,5	5,3
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	6,1	6,8	5,1	4,7	6,9	4,7	4,7	4,8	4,9	5,9	5,7	7,2
		Q-E	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
90	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
91	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
92	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
93	-	C-P	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		NC-P	5,1	3,6	5,8	8,1	10,8	17,3	15,8	14,1	9,9	7,3	6,7	5,2
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	16,7	14,2	16,2	21,2	33,3	25,3	22,2	19,6	17,2	23,5	16,9	22,5
		Q-E	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
94	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	1,1	1,1	1,1	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
95	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,4	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
96	-	C-P	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	2,1	2,1	2,0	1,8	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
97	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
98	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
99	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
100	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	53,5	44,9	42,8	33,6	31,7	40,5	33,0	30,8	24,3	27,4	37,0	46,9
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	48,4	41,3	58,1	61,3	79,8	62,8	54,7	50,3	42,7	50,9	50,1	52,9
		Q-E	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
101	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		Q-E	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
102	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	47,6	38,5	48,5	52,4	49,8	78,0	63,9	61,2	35,3	38,7	46,0	39,8
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	70,6	57,2	71,8	79,0	107,4	77,5	81,5	86,1	77,0	87,7	80,4	81,8
		Q-E	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
103	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
		Q-E	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
104	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	2,0	1,7	1,6	1,9	3,5	5,6	6,0	5,5	4,4	3,0	2,9	2,5
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		NC-E	4,8	3,9	3,7	6,6	7,0	5,5	5,0	5,2	4,8	5,7	5,8	6,0
		Q-E	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
106	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
107	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
		NC-P	23,1	20,5	19,0	16,2	27,6	28,2	28,2	26,2	24,4	22,4	24,1	24,8
		C-E	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-E	14,7	15,9	12,4	22,4	18,7	17,8	17,0	18,1	15,8	17,5	13,8	17,7
		Q-E	2,5	2,5	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
108	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	44,0	42,1	44,3	44,9	45,3	45,6	45,3	45,2	45,3	44,6	44,5	43,8
		C-E	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-E	10,0	13,6	9,3	8,2	7,5	7,2	7,5	7,8	7,7	9,1	9,2	10,5
		Q-E	1,3	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
109	-	C-P	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		NC-P	13,5	11,8	13,6	15,4	17,5	18,6	16,9	15,7	15,8	15,0	14,9	13,7
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	5,7	7,1	5,1	7,6	6,0	4,9	6,6	7,8	7,1	7,9	3,5	9,7
		Q-E	2,1	2,1	1,9	1,8	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
110	-	C-P	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
		NC-P	0,7	0,6	0,8	1,5	8,7	9,5	10,2	9,0	7,0	2,9	1,8	1,3
		C-E	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	8,7	7,7	6,0	8,7	5,2	6,7	5,6	5,2	4,8	7,9	8,6	9,0
		Q-E	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Fuente: Elaboración propia

#### III.8.D. Oferta Jurídica

La OJ para la Cuencas entre los ríos Puelo y Yelcho, se presentan en la Tabla III.56 con los datos de los caudales para cada una de las UA que pertenecen a estas cuencas en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas (10%, 50% y 85%).

En cuanto a la OJ, estas cuencas presentan una disponibilidad aún menor a la que presentan las cuencas entre el río Bueno y Puelo.

Bajo un 85% de probabilidad de excedencia, se destaca la UA 100 y luego la 95 con 22,8 y 17,5 m<sup>3</sup>/s como caudales medio anuales, no superando en el primer caso los 28 m<sup>3</sup>/s como caudal mensual.

Bajo una probabilidad de excedencia del 50%, siguen destacándose las mismas UA, sumándose la UA 49. Los caudales siguen siendo bajos, no superándose los 15,5 m<sup>3</sup>/s mensuales (UA 100, mes de febrero)

Las mismas 3 UA aumentan su disponibilidad bajo el escenario de un 10% de probabilidad de excedencia, y presentan una menor dispersión. Así, la UA 100 se destaca con 31,4 m<sup>3</sup>/s como caudal medio anual.

Tabla III.56. Oferta Jurídica (m³/s) por Unidad de Análisis de la cuenca costeras entre ríos Puelo y Yelcho para distintas probabilidades de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
49	-	OJ 85%	15,2	7,9	6,1	8,2	10,4	9,0	7,0	8,6	10,5	16,4	25,0	27,9	12,7
		OJ 50%	12,8	7,4	4,5	7,2	9,1	8,6	7,8	9,4	7,7	7,7	7,7	9,8	8,3
		OJ 10%	28,7	21,1	19,0	20,6	26,2	24,8	25,3	26,9	22,2	22,1	22,2	28,1	23,9
86	-	OJ 85%	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	1,3	1,0	1,7	1,6	1,1	1,1	0,9	0,9
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,5	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
		OJ 10%	0,2	0,2	0,0	0,4	3,0	3,0	2,9	2,4	1,5	1,7	1,1	0,5	1,4
88	-	OJ 85%	0,9	0,6	0,5	0,6	1,1	2,7	3,1	3,9	3,5	2,0	1,7	1,3	1,8
		OJ 50%	0,6	0,6	0,6	0,6	1,8	3,2	3,0	1,8	1,5	1,1	1,0	1,0	1,4
		OJ 10%	2,0	2,1	1,4	3,4	6,1	5,5	5,9	4,9	3,5	4,4	3,2	3,4	3,8
89	-	OJ 85%	4,2	3,2	2,6	3,2	4,6	6,5	7,3	7,9	7,8	7,5	6,6	5,6	5,6
		OJ 50%	1,9	1,7	1,6	2,1	1,9	2,6	2,6	2,9	2,6	1,7	1,6	2,0	2,1
		OJ 10%	5,3	5,0	4,5	4,3	5,4	5,7	6,1	5,3	5,1	4,4	4,5	4,4	5,0
90	-	OJ 85%	0,8	0,7	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	1,1
		OJ 50%	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
		OJ 10%	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0
91	-	OJ 85%	4,1	3,2	2,6	3,0	4,6	5,9	6,5	6,9	7,1	7,0	6,4	5,1	5,2
		OJ 50%	1,9	1,8	1,5	1,8	1,9	2,5	2,4	2,5	2,4	2,0	1,7	2,4	2,1
		OJ 10%	5,5	5,0	4,4	3,9	4,3	5,8	5,7	5,1	5,3	4,5	4,8	5,8	5,0
92	-	OJ 85%	2,5	2,0	1,7	2,0	3,1	3,8	3,7	4,2	4,2	4,0	3,6	3,2	3,2
		OJ 50%	1,1	1,1	1,0	1,2	1,1	1,4	1,9	1,6	1,4	1,2	0,9	1,2	1,3
		OJ 10%	3,2	3,0	2,8	2,7	3,1	4,1	4,0	3,3	3,0	2,6	2,9	2,6	3,1
93	-	OJ 85%	0,3	0,0	0,0	0,0	0,9	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4	1,1	0,9	0,9
		OJ 50%	0,9	0,8	0,5	0,9	0,9	1,2	1,3	1,4	1,3	1,0	0,7	0,9	1,0
		OJ 10%	2,6	2,4	1,9	2,2	2,6	3,5	2,9	2,9	2,5	2,2	2,5	2,1	2,5
94	-	OJ 85%	2,4	1,8	1,4	1,8	2,6	3,6	4,1	4,6	4,5	4,3	3,8	3,2	3,2
		OJ 50%	1,1	1,0	0,8	0,9	1,1	1,5	1,5	1,3	1,4	1,0	0,9	1,0	1,1
		OJ 10%	3,0	2,8	2,4	2,3	3,1	4,1	3,7	3,2	3,1	2,7	2,7	2,9	3,0
95	-	OJ 85%	15,4	10,7	10,1	12,4	18,2	19,2	20,0	20,8	20,0	22,5	21,9	18,8	17,5
		OJ 50%	8,1	10,7	6,5	7,4	7,8	10,0	10,3	8,3	9,3	7,4	5,9	9,1	8,4

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
		OJ 10%	24,0	28,8	19,5	16,9	17,3	22,5	21,6	21,6	22,8	17,0	20,5	23,4	21,3
96	-	OJ 85%	4,2	2,6	2,7	3,5	4,9	5,9	6,3	7,5	7,2	7,3	6,6	5,7	5,3
		OJ 50%	2,1	3,0	1,7	2,0	2,0	3,5	3,6	2,6	3,0	2,2	1,9	2,4	2,5
		OJ 10%	6,4	7,1	5,1	4,8	6,2	7,9	7,6	6,1	6,1	5,2	5,6	5,4	6,1
97	-	OJ 85%	2,3	1,5	1,5	2,0	2,9	3,2	3,4	3,7	3,4	3,7	3,4	3,0	2,8
		OJ 50%	1,6	1,8	1,1	1,1	1,3	2,0	1,8	1,6	1,9	1,1	1,1	1,4	1,5
		OJ 10%	3,5	4,4	3,0	2,6	2,9	4,1	4,3	3,5	3,7	3,2	3,1	3,0	3,5
98	-	OJ 85%	7,8	6,2	5,3	6,4	9,4	11,7	12,2	12,9	12,8	12,7	11,5	10,1	9,9
		OJ 50%	3,4	3,2	2,8	3,2	3,2	3,9	4,6	4,5	4,5	2,9	2,7	3,5	3,5
		OJ 10%	9,7	9,1	8,1	7,4	9,1	11,3	10,3	9,5	9,6	7,7	7,9	7,9	9,0
99	-	OJ 85%	6,3	5,0	4,2	5,0	7,4	9,7	11,3	11,6	11,5	10,9	9,5	8,3	8,4
		OJ 50%	2,6	2,5	2,2	2,8	2,6	3,2	3,2	3,6	3,3	2,3	2,0	2,7	2,7
		OJ 10%	7,5	7,1	6,4	5,9	7,4	9,1	7,2	7,3	6,9	5,8	6,6	6,0	6,9
100	-	OJ 85%	20,1	13,1	13,3	17,4	25,3	28,0	24,2	27,0	24,7	27,5	27,8	25,9	22,8
		OJ 50%	11,8	15,4	9,9	11,1	10,7	14,5	15,1	12,1	14,6	11,7	9,5	11,9	12,3
		OJ 10%	33,8	43,2	28,4	24,7	30,7	32,4	35,9	35,1	32,6	26,1	27,3	26,6	31,4
101	-	OJ 85%	1,7	1,3	1,1	1,2	1,8	2,6	3,1	3,5	3,4	3,1	2,7	2,2	2,3
		OJ 50%	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7
		OJ 10%	2,0	1,9	1,7	1,5	1,7	2,1	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,8	1,8
102	-	OJ 85%	9,9	8,0	6,8	8,3	11,6	14,0	14,7	15,6	15,6	15,8	14,6	12,4	12,3
		OJ 50%	4,4	4,2	3,8	4,2	4,0	4,5	6,5	5,2	5,3	3,4	3,4	5,1	4,5
		OJ 10%	12,8	12,1	10,9	9,4	11,5	13,1	12,6	11,5	11,9	9,8	9,7	11,8	11,4
103	-	OJ 85%	2,6	2,0	1,7	2,0	3,0	3,9	4,3	4,8	4,7	4,4	3,9	3,4	3,4
		OJ 50%	1,2	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0	1,1	1,2
		OJ 10%	3,5	3,1	2,8	2,5	2,7	4,0	3,5	3,4	3,3	3,0	3,2	3,1	3,2
104	-	OJ 85%	5,0	3,8	3,1	3,4	5,7	7,3	8,1	8,9	8,9	8,6	7,6	6,4	6,4
		OJ 50%	2,3	2,1	1,8	1,9	1,4	2,9	3,0	2,6	2,9	1,9	1,9	2,7	2,3
		OJ 10%	6,6	6,0	5,2	5,4	5,1	6,4	6,3	5,4	5,6	5,4	5,9	6,8	5,8
106	-	OJ 85%	1,1	0,9	0,8	0,9	1,2	1,9	2,4	2,7	2,4	1,7	1,6	1,3	1,6
		OJ 50%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	1,8	1,5	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
		OJ 10%	1,2	1,1	0,9	1,9	3,5	3,3	3,1	2,8	2,2	2,5	1,9	2,0	2,2
107	-	OJ 85%	3,8	3,3	3,0	3,4	5,3	9,2	10,6	11,6	10,2	6,6	6,2	4,8	6,5
		OJ 50%	1,6	1,4	1,3	1,4	4,6	8,3	5,0	4,9	3,6	3,0	2,6	2,3	3,3
		OJ 10%	6,1	4,1	3,5	8,2	13,5	14,9	14,6	12,8	10,4	12,1	8,7	9,0	9,8
108	-	OJ 85%	1,9	1,5	1,5	1,7	2,5	4,8	5,3	5,6	5,1	3,7	3,4	2,4	3,3
		OJ 50%	0,6	0,6	0,5	0,7	2,6	4,3	3,0	2,6	2,0	1,8	1,6	1,2	1,8
		OJ 10%	2,3	1,7	1,4	4,2	7,5	8,0	6,7	7,6	5,8	6,8	5,1	4,9	5,2
109	-	OJ 85%	2,9	2,4	2,2	2,9	4,5	7,4	8,3	9,1	8,4	5,5	5,9	4,1	5,3
		OJ 50%	1,2	1,0	1,1	1,3	4,3	7,2	4,2	5,2	3,5	3,1	2,6	2,2	3,1
		OJ 10%	4,5	3,6	3,5	8,0	12,3	12,3	12,1	11,5	7,8	11,0	7,6	9,5	8,6
110	-	OJ 85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	2,1	2,1	0,4	0,3	0,0	0,7
		OJ 50%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,0	2,0	2,1	1,7	1,3	1,0	0,6	1,1
		OJ 10%	1,7	1,0	0,6	2,8	5,2	5,8	4,9	5,3	3,7	5,2	3,0	3,4	3,5

Fuente: Elaboración propia

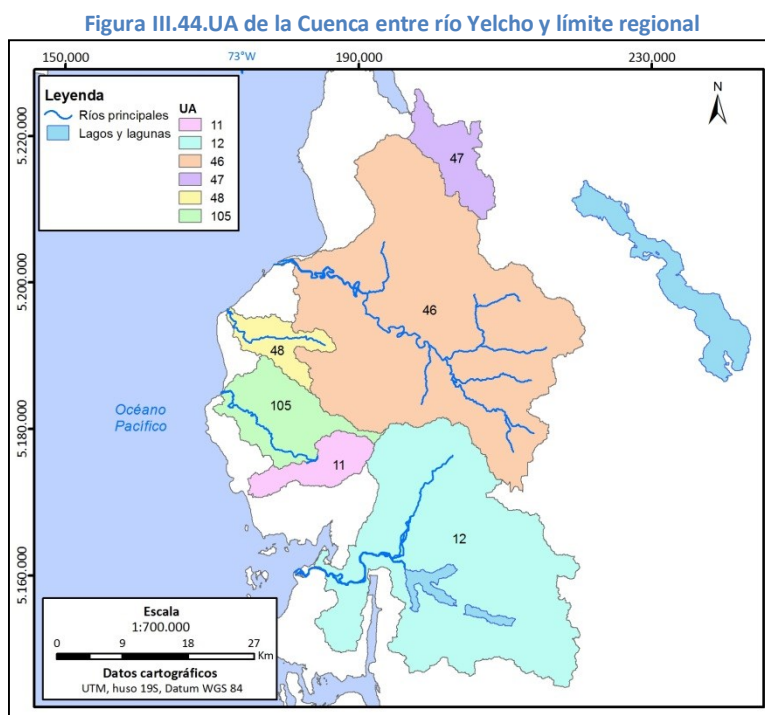


### III.9. Cuencas entre los ríos Yelcho y límite regional

#### III.9.A. Unidades de Análisis de las cuencas costeras entre los ríos Yelcho y límite regional

En las cuencas costeras entre el río Yelcho y Límite Regional se definieron seis UA, diferenciadas por colores en la Figura III.44, todas ellas corresponden a pequeñas cuencas costeras.

Como se mencionó en la metodología, en la medida de lo posible se consideraron en la definición de UA aspectos de gestión de recurso hídrico. En este caso particular, no existen JV aprobadas o de hecho.



Fuente: Elaboración propia.

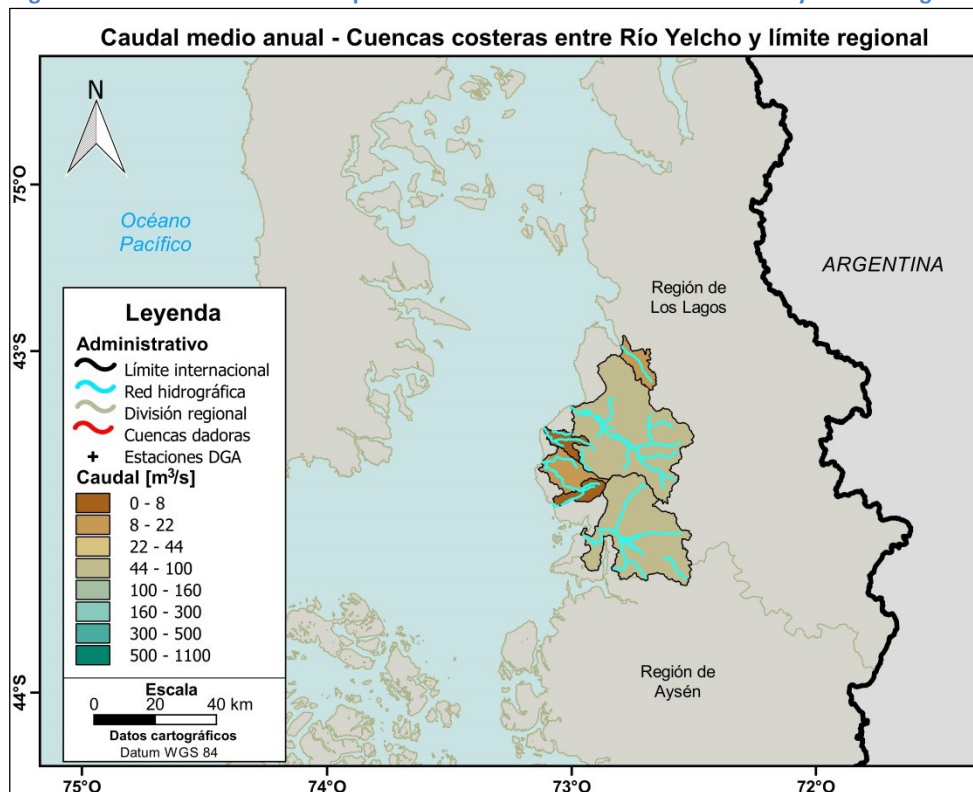
#### III.9.B. Oferta Natural

El caudal de 50% de probabilidad de excedencia anual por cada unidad de estudio de la zona costera entre el río Yelcho y el límite regional se presenta en la Figura III.45, donde los caudales simulados son menores a 8 m<sup>3</sup>/s cercanos a la costa y menores a 100 m<sup>3</sup>/s en las áreas mayores. Del mismo modo anterior, no existen caudales observados para contrastar con las estimaciones realizadas para estos sistemas hidrológicos, de modo que todas estas estimaciones están sujetas a mayor incertidumbre.

En la Tabla III.57, Tabla III.58 y Tabla III.59, se presentan los caudales medios mensuales de las UA para probabilidades de excedencia del 10%, 50% y 85% respectivamente.

En la Figura III.45 las delimitaciones corresponden a cuencas CAMELS-CL donde se tienen estaciones fluviométricas de la DGA. Se muestra en límite de contorno rojo aquellas cuencas que fueron calibradas y por ende presentan menos incertidumbre en la estimación de la oferta natural.

Figura III.45. Oferta Natural anual para las cuencas costeras entre el río Yelcho y el límite regional.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.57. Caudal medio mensual ( $m^3/s$ ) con 10% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre río Yelcho y Límite Regional.

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
46	90,5	76,3	80,5	128,1	221,1	215,4	213,0	214,8	148,2	145,3	121,2	120,1
47	8,4	7,6	7,8	11,6	21,9	19,6	19,0	18,6	13,3	13,3	10,8	11,2
48	5,1	4,6	5,4	6,9	9,9	10,8	10,2	10,0	7,5	7,5	6,5	6,3
105	12,9	11,8	13,9	16,5	24,4	26,2	25,2	25,6	17,8	17,7	15,6	15,5
11	6,8	6,4	7,7	8,8	13,4	13,9	13,2	14,4	10,0	10,1	8,6	8,4
12	81,5	74,8	77,5	120,9	186,8	178,9	171,2	169,9	122,3	135,4	111,4	107,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.58. Caudal medio mensual simulado ( $m^3/s$ ) con 50% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre río Yelcho y Límite Regional.

id UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
46	46,11	37,57	41,94	72,58	128,04	177,79	159,41	147,42	100,87	74,51	70,78	63,98
47	4,69	3,80	4,36	7,61	12,66	15,86	14,33	13,96	9,43	7,15	6,92	6,11
48	2,87	2,36	2,68	3,99	6,56	8,41	7,73	7,61	5,43	4,18	4,01	3,53
105	7,23	6,07	6,88	10,99	16,35	20,38	19,14	17,88	12,93	9,96	9,64	8,74
11	3,88	3,31	3,79	5,90	9,00	10,94	10,10	10,00	7,06	5,72	5,41	4,74
12	46,20	37,75	43,95	69,67	109,48	142,73	128,52	126,57	83,74	67,39	65,83	58,67

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla III.59. Caudal medio mensual simulado (m<sup>3</sup>/s) con 85% de probabilidad de excedencia por UA de las cuencas entre río Yelcho y Límite Regional.**

id UA	Estación de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
46	YL_1	24,93	16,89	23,45	42,89	78,29	118,56	116,04	111,41	60,66	47,85	49,70	33,99
47	YL_2	2,69	1,77	2,54	4,36	6,68	11,00	10,54	10,24	5,41	4,60	4,85	3,40
48	YL_3	1,70	1,14	1,87	2,43	3,87	5,96	5,70	5,65	3,33	2,76	2,88	2,03
105	YL_4	4,31	3,00	4,60	6,54	9,87	14,25	14,28	13,75	7,82	6,64	6,99	5,12
11	YL_5	2,35	1,65	2,46	3,53	5,42	7,72	7,59	7,65	4,32	3,81	3,93	2,81
12	YL_6	27,31	17,97	26,02	42,29	68,15	97,16	93,98	91,51	49,27	45,01	47,53	27,70

Fuente: Elaboración propia.

### III.9.C. Caudales considerados en la Demanda AAC

Se presentan en la Tabla III.60 los caudales considerados en la Demanda AAC (DAA consuntivos y no consuntivos, tanto permanentes como eventuales, tanto otorgados como en proceso de regularización, así como también de caudal ecológico) expresados en caudal medio mensual.

Se definieron 6 UA en las cuencas entre el río Yelcho y límite regional, con solo la UA 46 con demanda consuntiva que presenta un muy bajo requerimiento de caudal consuntivo tanto permanente como eventual, que en conjunto no supera los 8 m<sup>3</sup>/s. Como caudal permanente, el promedio anual de esta UA solo alcanza los 2,3 m<sup>3</sup>/s. Esto se puede relacionar a la difícil geografía de esta zona. En términos de caudal no consuntivo, se destaca esta misma UA con los mayores requerimientos, que en el caso de los caudales permanentes se acercan a los 38 m<sup>3</sup>/s como promedio anual, y los eventuales en torno a los 26 m<sup>3</sup>/s. En ambos casos la menor demanda se concentra entre los meses de marzo y julio, mientras que los mayores requerimientos se dan en el mes de noviembre. En las otras cuatro UA se obtuvo una OJ nula. Todas las UA poseen un río de desembocadura, por lo que la demanda no consuntiva solo genera limitaciones locales de disponibilidad de aguas.

En las cuencas costeras no se presentan reservas de caudales extractivas (artículo 147 bis del Código de Aguas). Los caudales ecológicos son reducidos a excepción de las UA 46 y 12 que son además las UA de mayor tamaño, alcanzando los 18,7 m<sup>3</sup>/s y 16,3 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, entre los meses de mayo y noviembre

**Tabla III.60. Componentes de las Demanda AAC de las cuencas entre río Yelcho y límite regional, caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s) por UA: DAA Consuntivos y Permanentes (C-P), DAA No Consuntivos y Permanentes (NC-P), DAA Consuntivos y Eventuales (C-E), DAA No Consuntivos y Eventuales (NC-E) y el caudal ecológico (Q-E)**

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
11	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,9	0,7	0,8	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
12	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	9,4	8,2	8,9	14,9	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
46	-	C-P	1,3	1,0	1,6	2,0	2,4	4,3	4,1	3,8	2,2	1,8	1,7	1,3
		NC-P	45,3	47,2	30,7	17,9	21,7	28,6	35,9	40,8	41,2	43,6	48,3	53,2

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Tipo, Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		C-E	3,7	3,3	3,3	3,6	5,4	3,3	2,9	3,2	3,4	4,2	3,9	4,1
		NC-E	27,1	31,9	25,2	19,0	24,0	25,5	23,2	22,6	23,7	28,8	33,4	27,4
		Q-E	9,3	9,3	9,3	14,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7
		C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
47	-	C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,9	0,9	0,9	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
48	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Q-E	0,6	0,5	0,5	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
105	-	C-P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-P	0,7	0,0	1,0	2,9	5,0	5,0	5,0	3,5	3,9	1,5	1,4	0,3
		C-E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		NC-E	4,3	5,0	4,0	2,2	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2	3,5	3,6	4,7
		Q-E	1,6	1,2	1,5	2,0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Fuente: Elaboración propia

### III.9.D. Oferta Jurídica

Respecto a la OJ para la Cuencas entre río Yelcho y Límite Regional, se presentan en la Tabla III.61 los resultados de los caudales asociados a cada una de las UA que pertenecen a la cuenca en las distintas probabilidades de excedencia comprometidas (10%, 50% y 85%).

La disponibilidad de caudales en estas cuencas se concentra, principalmente, en 2 UA con caudales medio anuales cercanos a los 40 m<sup>3</sup>/s. Son los meses de junio y julio los que presentan las mayores disponibilidades, llegando a 95,5 m<sup>3</sup>/s la UA 46 y a 80,8 m<sup>3</sup>/s la UA 12 en el mes de junio.

Estas mismas UA se destacan bajo una probabilidad de excedencia del 50%, pero con caudales menores, llegando a promedios anuales cercanos a los 30 m<sup>3</sup>/s y concentrando su mayor disponibilidad entre los meses de mayo y septiembre.

En el escenario menos probable, se mantienen estas UA como las importantes, con caudales que incluso superan los 100 m<sup>3</sup>/s en algunos meses. Es el mes de mayo el de mayor disponibilidad, periodo que se extiende al menos hasta agosto. Sus caudales promedio anuales alcanzan los 75,4 para las UA 12 y los 83,8 m<sup>3</sup>/s para la UA 46.

Tabla III.61. Oferta Jurídica (m³/s) por Unidad de Análisis de las cuencas entre río Yelcho y Límite Regional para distintas probabilidades de excedencia

Id UA	Estación fluviométrica de referencia	Prob. Excedencia OJ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
11	-	OJ 85%	1,5	1,0	1,6	2,5	4,1	6,4	6,3	6,3	3,0	2,5	2,6	1,8	3,3
		OJ 50%	1,5	1,7	1,3	2,4	3,6	3,2	2,5	2,3	2,7	1,9	1,5	1,9	2,2
		OJ 10%	4,4	4,8	5,2	5,3	8,0	6,2	5,6	6,7	5,7	6,3	4,7	5,6	5,7
12	-	OJ 85%	17,9	9,8	17,1	27,4	51,8	80,8	77,6	75,2	32,9	28,7	31,2	17,8	39,0
		OJ 50%	18,9	19,8	17,9	27,4	41,3	45,6	34,5	35,1	34,5	22,4	18,3	31,0	28,9
		OJ 10%	54,2	56,8	51,5	78,6	118,7	81,8	77,3	78,4	73,0	90,4	63,9	80,2	75,4
46	-	OJ 85%	14,3	6,6	12,5	26,1	57,2	95,5	93,2	88,9	39,8	27,4	29,3	22,5	42,8
		OJ 50%	17,5	17,4	15,2	26,1	44,4	55,9	40,5	32,8	36,8	22,5	17,2	25,9	29,3
		OJ 10%	61,9	56,0	53,8	81,6	137,4	93,6	94,1	100,1	84,2	93,3	67,6	82,0	83,8
47	-	OJ 85%	1,8	0,9	1,7	3,1	4,9	9,2	8,8	8,5	3,6	2,8	3,1	2,3	4,2
		OJ 50%	2,0	2,0	1,8	3,2	6,0	4,9	3,8	3,7	4,0	2,5	2,1	2,7	3,2
		OJ 10%	5,7	5,8	5,2	7,3	15,2	8,6	8,5	8,3	7,9	8,7	6,0	7,8	7,9
48	-	OJ 85%	1,1	0,6	1,3	1,6	2,9	5,0	4,7	4,7	2,3	1,8	1,9	1,4	2,4
		OJ 50%	1,2	1,2	0,8	1,6	2,7	2,5	2,0	2,0	2,1	1,4	1,1	1,5	1,7
		OJ 10%	3,4	3,5	3,6	4,5	6,0	4,8	4,5	4,4	4,2	4,7	3,7	4,3	4,3
105	-	OJ 85%	2,7	1,8	3,1	4,6	7,4	11,8	11,8	11,3	5,4	4,2	4,6	3,4	6,0
		OJ 50%	2,9	3,1	2,3	4,4	6,5	6,1	4,9	4,1	5,1	3,3	2,7	3,6	4,1
		OJ 10%	8,5	8,8	9,3	9,9	14,5	11,9	10,9	11,9	10,0	11,0	8,6	10,4	10,5

Fuente: Elaboración propia

## IV. NODOS DE CAPTACIÓN

### IV.1. Criterios de ubicación de Nodos de Captación

Los nodos de captación corresponden a puntos en los cuales existiría un caudal excedente y donde se propone eventualmente captar el recurso hídrico desde las cuencas excedentarias para ser transportado a las cuencas del norte del país. Los nodos de captación se ubicaron en los cauces naturales de las cuencas excedentarias, dada la inexistencia de un trazado *a priori* de un proyecto de carretera hídrica.

En específico, los nodos de captación son puntos en los cuales se obtendrían caudales mediante la obtención de DAA y/o su compra, o bien, mediante algún tipo de acuerdo institucional o privado de transferencias de caudales. Los puntos de captación, en algunos casos, coinciden con la ubicación de las estaciones fluviométricas que dieron lugar a las cuencas CAMELS-CL utilizadas en la definición de UA.

Los nodos de captación, para las cuencas excedentarias entre río Maule y Bueno inclusive, corresponden a las estaciones fluviométricas ubicadas en la desembocadura de las UA, es decir, las estaciones utilizadas para delimitar la cuenca CAMELS-CL. En el caso de las UA correspondientes a la desembocadura de las cuencas se digitalizó el nodo de captación, de manera referencial, en la desembocadura de la cuenca, basado en la cobertura de la hidrografía de la DGA.

En el caso de las cuencas entre río Bueno y Puelo, costeras entre Puelo y Yelcho y costeras entre Yelcho y el límite Regional, dada la inexistencia de cuencas CAMELS-CL y de estaciones fluviométricas, los nodos de captación corresponden a los puntos de desembocadura de las cuencas costeras definidas como UA.

En resumen, los criterios utilizados para definir los nodos de captación son:

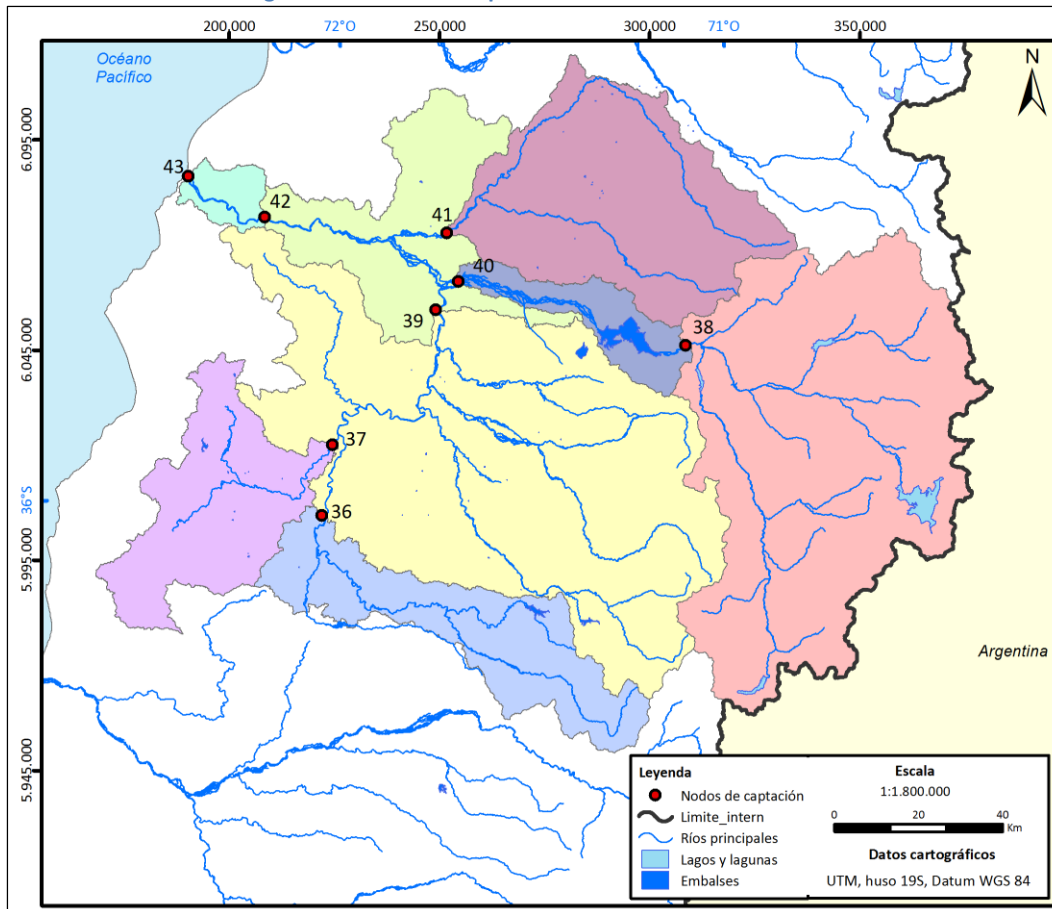
- Captación en red de drenaje de la cuenca
- Límites de UA
- Ubicación de componente de regulación, y captación y restitución de DAA

### IV.2. Definición de Nodos de Captación

En las Figura IV.1, Figura IV.2 y Figura IV.3, se pueden observar los nodos de captación de las cuencas excedentarias en estudio.

Los nodos de captación en las Figura IV.1 y Figura IV.2 (cuencas entre Maule y Bueno inclusive) corresponden a las estaciones fluviométricas que dieron lugar a las cuencas CAMELS-CL y posteriormente a las UA. Por tanto, cada nodo se nombra por un número correlativo de sur a norte.

Figura IV.1. Nodos de captación de la cuenca del río Maule



Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.2. Nodos de captación de las cuencas de los ríos Biobío, Imperial, Toltén, Valdivia y Bueno



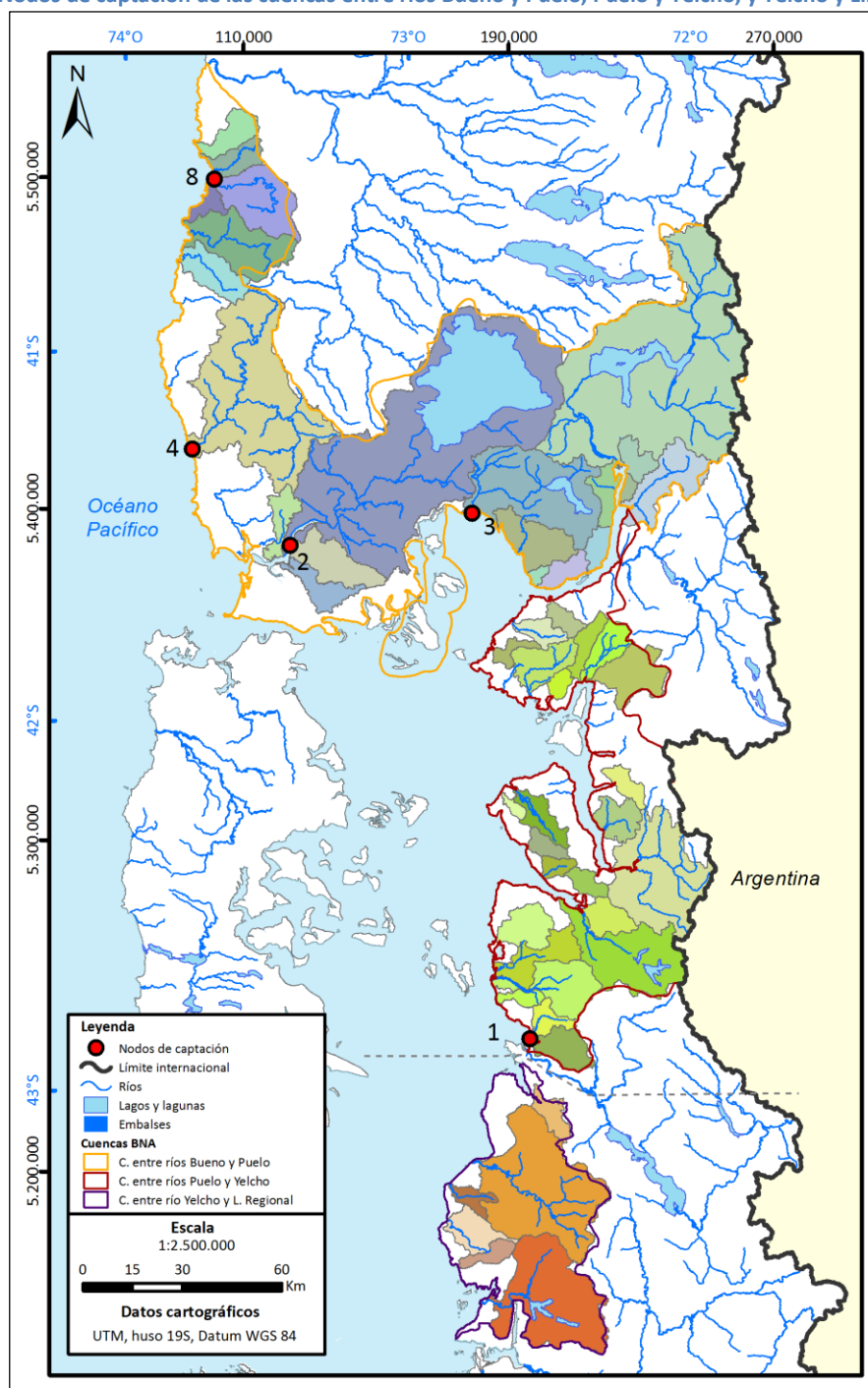
Fuente: Elaboración propia.

Los nodos de captación para las cuencas entre río Bueno y Puelo, costeras entre río Puelo y Yelcho y costeras entre río Yelcho y Límite Regional, se definieron de manera referencial sólo en aquellas cuencas en donde existiera al menos una estación fluviométrica vigente y utilizada en la modelación de Oferta Natural, aunque no estuviera en el punto de salida de la respectiva UA. Los nodos de captación del resto de las



cuencas costeras no pudieron ser definidos, debido a que estas cuencas no presentan estaciones fluviométricas, la confiabilidad de los resultados está sujeta sólo a las métricas del error metodológico pues no se cuenta con valores de caudales observados para contrastar los resultados obtenidos. Dada la incertidumbre asociada a las estimaciones de Oferta Natural se decide excluir estas cuencas del análisis. No obstante, estas UA se incluyen, en términos referenciales, en el análisis de OJ de agua (III. Resultados por cuencas).

Figura IV.3. Nodos de captación de las cuencas entre ríos Bueno y Puelo, Puelo y Yelcho, y Yelcho y Límite Regional.



Fuente: Elaboración propia.

## V. RECOMENDACIONES GENERALES PARA ACUERDOS ENTRE PRIVADOS EN CUENCAS EXCEDENTARIAS

El desarrollo de recomendaciones para el acuerdo entre privados o “bases de acuerdo” para este estudio ha tenido como fin el presentar alternativas que permitan disponer de agua para un proyecto de trasvase, en situaciones en que no existiese disponibilidad de caudales para ser solicitados como derechos de aprovechamiento.

Teniendo en cuenta que estas alternativas deben ser acordes a la normativa existente, estas se reducen principalmente a: i) la adquisición de DAA en el mercado, o ii) el arriendo temporal de caudales a los titulares actuales (compra de volúmenes de agua) en lo que se conoce también como un mercado spot. Puesto que un proyecto de trasvase -independiente del uso que se le dé al agua en la cuenca de destino- nunca restituye caudales en la fuente original, se consideró también que el tipo de derechos involucrados en este análisis deben estar restringidos a aquellos de naturaleza consuntiva, ya sean estos de ejercicio permanente o eventual.

En función de lo expuesto anteriormente, las recomendaciones generales para acuerdos entre privados corresponden a distintas opciones que serían posible adoptar para permitir que usuarios titulares de aguas superficiales ubicados en el área de estudio puedan ceder derechos o transferir temporalmente caudales para un potencial proyecto de trasvase. En el presente estudio, el análisis de estas bases de acuerdo entre privados comprendió dos elementos. El primer elemento tiene relación con los principios que se proponen seguir en la eventual activación de acuerdos entre privados para trasladar agua desde las cuencas excedentarias a las cuencas deficitarias<sup>61</sup>. El segundo elemento, comprende aspectos técnicos vinculados tanto a transacciones de DAA como a transferencias temporales de caudal, haciéndose referencia a aspectos como el caudal y un precio referencial.

Cabe destacar que el análisis que se presenta en este informe corresponde a un enfoque más bien teórico que, si bien permite reconocer los aspectos esenciales de estos acuerdos, no necesariamente están validados territorialmente en los espacios comprendidos en el estudio.

### V.1. Aspectos conceptuales y principios

La posible activación de transacciones de DAA ya sea en arriendo o ventas y/o el arriendo de caudales mediante la activación de un mercado *spot*, para el traslado del recurso hídrico fuera de la cuenca, requiere de la existencia de componentes y la adscripción de principios que resguarden de la mejor manera posible los intereses de los distintos actores involucrados en la negociación, de manera de reducir el riesgo de externalidades negativas en las cuencas excedentarias y la emergencia de potenciales conflictos. Por lo tanto, es esencial que el proceso sea participativo y que las bases de los acuerdos sean validadas a nivel local.

Si bien los privados titulares de DAA tienen la posibilidad de suscribir contratos de arrendamiento o compra ventas sin involucrar a otros actores de la cuenca, se propone -dada la potencial conflictividad y oposición de algunos usuarios y actores de la cuenca- un proceso dialogado enmarcado en una Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

---

<sup>61</sup> Este análisis puede ser complementado además por las Consideraciones Territoriales emanadas de las entrevistas a OU de las cuencas excedentarias.

Los principios propuestos para un potencial sistema de transacciones y traslado de aguas -ya sea mediante venta o arriendo de DAA y/o arriendo de caudales mediante mercado *spot*- fuera de la cuenca son los siguientes (Fuster et al., 2015):

- **Transparencia de información:** asegura la confianza de los usuarios en el sistema e influye en la disminución de conflictos.
- **Sustentabilidad:** busca garantizar la cantidad y calidad de los recursos hídricos de la cuenca excedentaria, a través del fomento de transacciones con bajos o nulos impactos potenciales, tanto económicos como sociales y ambientales.
- **Gradualidad:** proceso paulatino y dinámico dada la incertidumbre respecto a impactos en la cuenca, que permita ir generando mejoras a lo largo de su implementación y funcionamiento.

Respecto a los componentes, se plantea como beneficioso, la existencia de un ente imparcial que soporte y supervise las transacciones de tal manera de dar cumplimiento a los principios planteados a nivel local. Este ente actuaría como intermediario entre oferentes y demandantes (Fuster et al., 2015), por tanto, debe ser respetado por los diferentes actores de la cuenca y por los potenciales demandantes de agua, estos últimos pudiendo ser los gerentes de un potencial proyecto de carretera hídrica o bien los actores demandantes de las cuencas receptoras del recurso, dependiendo del sistema organizacional. Este ente puede tomar una de cuatro formas: organización pública, organización privada sin fines de lucro, corporación privada con fines de lucro o una colaboración público-privada (O'Donnell & Colby, 2010), siendo el más idóneo una OU (o un grupo de ellas) que abarquen toda la unidad territorial receptora de los caudales trasvasados.

Adicionalmente, esta entidad tendría como función fomentar la sustentabilidad del sistema, dado los principios planteados. Este fomento puede darse a través de diferentes herramientas como por ejemplo el establecimiento de reglas "sociales" respecto a qué DAA se pueden transar, pudiendo limitarse a DAA que estén efectivamente en uso o fracciones de caudal de aquellos DAA que no estén siendo usados en determinadas épocas del año. Estas herramientas se deben evaluar en profundidad para evitar instrumentos que potencien conductas no deseadas o impactos no previstos en el territorio<sup>62</sup>.

Es relevante destacar que las reglas del juego o arreglos institucionales tomados a nivel de cuenca serían voluntarios y que no poseen obligatoriedad para los usuarios en términos legales. No obstante, y en base al objetivo transversal de un desarrollo sustentable y racional de los recursos hídricos, es que se espera que estos arreglos institucionales se puedan construir de manera participativa e implementar en las cuencas excedentarias, dada su relevancia en el funcionamiento de mercados y bancos de agua (Bauer, 2005). El respeto de este tipo de acuerdos requiere de garantías como las expuestas en los principios, especialmente respecto a la transparencia de la información, lo cual refuerza los niveles de confianza hacia las gestiones que se realizan en la cuenca y los usuarios.

Un segundo componente que considerar corresponde al sistema de monitoreo de caudales asociados a las transacciones, tanto para el oferente como el demandante. Este sistema contribuye a la transparencia del sistema e influye en la confianza de los usuarios y en la incidencia de conflictos. El monitoreo se facilita cuando existe una OU que administra el recurso y que se asegura que los caudales transados no sean ejercidos por sus oferentes y que se entreguen los caudales correctos al demandante.

---

<sup>62</sup> Algunas de las problemáticas territoriales o precauciones que debiera presentar un proyecto de este tipo se describen en la sección VI.2. Externalidades a nivel de Organizaciones de Usuarios, las que emergieron a partir de un trabajo de terreno en las potenciales cuencas excedentarias.

El tercer componente es la confianza, como ya se ha mencionado, es esencial que los actores de la cuenca, ya sea involucrados directa o indirectamente con los traslados de agua a otra cuenca, confíen en la entidad responsable.

Si bien la construcción del modelo conceptual que sustentará operacionalmente el sistema de transacciones y traslados es una tarea de los actores de la cuenca, es relevante destacar algunos aspectos que deben considerarse en el proceso, estos se detallan a continuación:

- **¿Qué DAA se transarán?** Es importante definir si se restringirá sólo a los que están actualmente en uso en algún periodo del año o si se podrán transar todos los DAA independiente de su estado en términos de uso. Si bien el marco normativo permite transacciones, independiente del uso, es recomendable actuar con precaución respecto a la transacción de DAA que en la actualidad no están en uso, debido a los impactos que podría tener la activación de grandes caudales. Esta precaución, incorporando por ejemplo un proceso gradual de transferencias, se podría mantener hasta que exista una evaluación de impactos de traslados de grandes magnitudes, en términos de calidad del agua, ecosistemas, acuíferos, usuarios de agua, organizaciones de agua potable rural, entre otros.
- **¿Cómo se abordarán los cambios de puntos de captación en caso de arrendamiento?** El potencial proyecto de traslado de agua definirá nodos de captación, por lo cual los titulares que deseen arrendar por el periodo de invierno, por ejemplo, deberán buscar alternativas legales para que en el periodo de verano se mantenga el punto de captación original y en el periodo de invierno se modifique ajustándose a los nodos de captación del proyecto. En algunos casos y bajo la administración de una JV es posible llegar a cambios temporales siempre y cuando no se afecte a terceros. En aquellos territorios sin JV no se recomienda la realización de cambios temporales ya que no existe un ente imparcial que determine la no afectación de terceros ni que supervigile que las acciones se estén realizando en regla.
- **¿Quiénes pueden participar? ¿Qué requisitos deben poseer los oferentes y los demandantes?** Todos los usuarios tienen la misma posibilidad de participar en este sistema de transacciones, sin embargo, es relevante mencionar que los titulares con caudales mayores pudiesen ser más atractivos para el demandante debido a que se logra extraer de un único punto un caudal sin mayores tramitaciones, aunque en términos prácticos, al menos se requeriría una solicitud de cambio de punto de captación. Esta situación podría influir en la localización de nodos de captación de un potencial proyecto de traslado.
- **¿Cómo se fijan los precios de las transacciones?** En el caso del Banco de aguas de la Sequía de California, implementado los años 1991, 1992 y 1994, el gobierno fijaba los precios (Bauer, 2005). En el caso de nuestro país los precios se han fijado entre privados sin intervención del Estado. Este contexto, se visualiza como una oportunidad, existiendo la posibilidad de instaurar un mercado y banco de aguas transparente en donde, si bien no se fijan los precios, sí existan valores referenciales históricos de fácil acceso que permitan, tanto al oferente como al demandante, una mejor negociación.
- En términos de infraestructura **¿cómo se manejarán las modificaciones de infraestructuras por disminuciones de caudales de la cuenca oferente? ¿Quién debiese costear esas modificaciones?** Es necesario que estos costos estén claramente determinados. A modo de ejemplo, el reglamento para traslado de ejercicio del DAA de la AC Digua Perquillauquén expone "Todos los gastos de modificación de la infraestructura de riego que sean necesarios para una

correcta conducción y distribución de las aguas serán de cargo de los usuarios que trasladan los derechos".

Todos los aspectos mencionados deben ser discutidos y resueltos por los actores de la cuenca involucrada. Estos debiesen conformar un documento validado por los actores, y, por ende, debiesen suscribirse acuerdos de compromiso que lo respeten. Este documento será la base de un sistema operacional del mercado y banco de aguas de la cuenca.

## V.2. Aspectos técnicos de la transacción de DAA

Como se ha señalado, en primera instancia la posibilidad de realizar transacciones de DAA se daría en aquellas UA donde no exista disponibilidad de caudales para ser otorgados como DAA consuntivo entendiendo que en las que existe esta disponibilidad sería preferible solicitar derechos antes de obtenerlos vía mercado. Sin embargo, según las características del mercado y banco de aguas en nuestro país, no hay nada que restrinja la transacción de DAA entre privados en lugares en los que no exista la posibilidad de solicitar nuevos DAA. En este sentido, todos los titulares tienen igual oportunidad de participar, por lo que se estimaron precios referenciales de transferencias, más caudales y coordenadas de todas las UA que presentan un nodo de captación<sup>63</sup>.

### *i) Precio referencial de transacción de DAA*

El precio referencial se obtuvo en base a información regional de transacciones disponibles al 9 de mayo de 2018 en la DGA. El análisis se realizó con aquellos registros que permitieran diferenciar: 1) tipo de DAA, 2) ejercicio del DAA (en específico, si es Permanente o Eventual), 3) caudal y su respectiva unidad (volumen por unidad de tiempo o sistema proporcional), 4) fecha de inscripción en CBR, 5) naturaleza, 6) precio y su unidad. En el análisis sólo se utilizaron las transacciones del tipo compra venta, y derechos consuntivos y superficiales, en las comunas del área de estudio, con información de precios (mayores a 0) y unidad respectiva. Adicionalmente, se descartaron del análisis aquellas transacciones que contuvieran más de un bien, es decir, que comprendieran más de un DAA o incluyeran un bien adicional de otro tipo.

Los precios expresados en Dólar y Unidad de Fomento se llevaron a pesos en base a los coeficientes de conversión asociados a la fecha de inscripción del DAA en el CBR (SII).

Los precios de las transacciones (valor real) fueron deflactados según una tasa de descuento para obtener el valor presente (Ecuación V.1.) (Field, 1995). La tasa de descuento es una medida financiera que permite comparar costos y beneficios que se dan en distintos puntos de una serie histórica; en este caso, se aproximó a la tasa de descuento por medio de la tasa de inflación promedio, que corresponde al promedio de la variación interanual porcentual del Índice de Precio al Consumidor (IPC) (Rodríguez, 2014). De este modo, se actualizaron los precios originados del funcionamiento de la economía, a partir del promedio de la tasa de inflación en el tiempo, tomado desde 1992 hasta 2016, considerando la recomendación de Rodríguez (2014) de no tomar años anteriores a 1992 por las fuertes variaciones interanuales de la tasa de inflación. Se utilizó una tasa de descuento del 4,71%.

#### Ecuación V.1.

$$VP = VA \times (1 + r)^t$$

<sup>63</sup> Revisar apartado IV.Nodos de Captación

Donde,

- VP : valor presente
- VA : valor real
- r : tasa de descuento (tasa de inflación promedio).
- t : cantidad de años involucrados

Posteriormente, y con la finalidad hacer los precios comparables, se calculó el valor de 1 litro por segundo de agua superficial transada, por medio de la Ecuación V.2.

#### Ecuación V.2.

$$P = \frac{P_t}{Q}$$

Donde,

- P : Precio de 1 L/s de agua superficial transada
- $P_t$  : Precio total de la transacción según el caudal otorgado (\$)
- Q : Caudal total otorgado en cada transacción (L/s)

Finalmente, se realizó el análisis de los datos, utilizando estadística descriptiva. El análisis se realizó por región y por comuna, y se utilizaron las medidas de tendencia central mediana y promedio con su incerteza (promedio  $\pm$  su desviación estándar) y la medida de dispersión adimensional coeficiente de variación. El análisis se realizó por región, debido a que la información de transacciones se encontraba a nivel comunal, por lo cual se decidió agruparlo a nivel regional y asignarlo a las UA con Nodos de captación en base a la ubicación de estos. En los casos en que las UA se ubicaran en más de una región se asignaron los valores de la región con mayor territorio en la UA.

Los valores del litro por segundo, considerando tipo de transacción compraventa, correspondieron a 1.684 registros, con la distribución regional expuesta en la Tabla V.1. Se evaluaron las medidas de tendencia central y dispersión antes comentadas, arrojando una gran dispersión de datos (Tabla V.1), por lo que se optó por la eliminación de los valores atípicos u *outliers*. Para lo cual se procedió a identificar los límites y cuartiles necesarios para el análisis de dispersión a través del diagrama de caja. Por tanto, se calcularon los límites inferiores ( $L_i$ ; Ecuación V.3) y superiores ( $L_s$ ; Ecuación V.4) de este diagrama. La finalidad de este procedimiento es identificar los valores que quedan fuera de este rango (*outliers*) y descartarlos, para disminuir la dispersión y responder a los productos del presente proyecto.

#### Ecuación V.3.

$$L_i = Q_1 - 1,5 \times (Q_3 - Q_1)$$

Donde,

- $L_i$ : Límite inferior del rango de datos
- $Q_1$ : Primer cuartil
- $Q_3$ : Tercer cuartil

#### Ecuación V.4.

$$L_s = Q_3 + 1,5 \times (Q_3 - Q_1)$$

Donde,

- $L_s$ : Límite superior del rango de datos

En el procedimiento de depuración de datos se descartaron 222 registros de los 1.684 en análisis. Sin embargo, la muestra sigue siendo dispersa, encontrándose el coeficiente de variación en un rango de 73 a 153%, lo cual demuestra la heterogeneidad de la variable en estudio, el valor del litro por segundo. En este contexto, y dada las características de los datos es que se reconoce que el presente análisis posee grandes limitaciones. Aun así y pese a lo ya mencionado, se opta por la consideración de la mediana como **medida referencial** del valor del litro por segundo en cada una de las regiones.

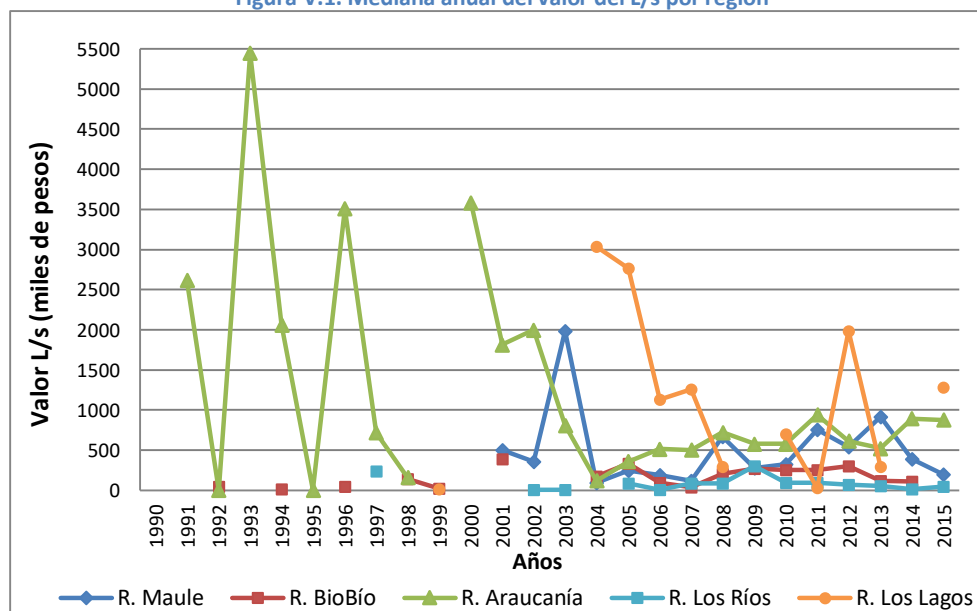
Tabla V.1. Medidas de tendencia central, posición y dispersión por región

Región		<i>n</i>	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	CV	Precios Mínimo por L/s	Precio Máximo por L/s
Región del Maule	Datos seleccionados	360	\$ 4.255.905	\$ 655.909	572%	\$1.269	\$395.185.813
	Datos post limpieza	316	\$ 812.632	<b>\$ 500.579</b>	100%	\$ 1.269	\$ 3.851.446
Región del Biobío	Datos seleccionados	413	\$ 848.450	\$ 256.924	509,6%	\$ 2.004	\$ 68.719.176
	Datos post limpieza	366	\$ 265.120	<b>\$ 244.359</b>	73%	\$ 2.004	\$ 893.574
Región de La Araucanía	Datos seleccionados	777	\$ 25.311.485	\$ 949.769	631%	\$ 0,57	\$3.021.645.022
	Datos post limpieza	663	\$ 2.097.285	<b>\$ 658.643</b>	153%	\$0,57	\$ 14.440.208
Región de Los Ríos	Datos seleccionados	108	\$ 8.112.703	\$ 86.872	687%	\$ 132	\$ 457.799.956
	Datos post limpieza	94	\$159.318	<b>\$55.121</b>	150,7%	\$ 132	\$ 1.050.534
Región de Los Lagos	Datos seleccionados	26	\$ 3.401.619	\$ 749.437	197%	\$ 189	\$ 26.551.183
	Datos post limpieza	23	\$ 1.121.425	<b>\$ 573.865</b>	112,4%	\$ 189	\$ 3.965.525

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGA (2018d)

Adicional al análisis ya planteado, se evaluó la tendencia de los datos a través de los años a nivel regional, no existiendo una tendencia clara. A continuación, se exponen un gráfico que expone esta situación:

Figura V.1. Mediana anual del valor del L/s por región



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se presenta el precio referencial del litro por segundo de las UA que poseen nodos de captación:

Tabla V.2. Información referencial de precio de transferencias de derecho (L/s) en UA con nodos de captación.

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Precio referencial del L/s (mediana)
39	19	Río Maule	\$ 500.579
36	20	Río Maule	\$ 500.579
42	21	Río Maule	\$ 500.579
38	36	Río Maule	\$ 500.579
37	37	Río Maule	\$ 500.579
43	66	Río Maule	\$ 500.579
40	111	Río Maule	\$ 500.579
41	112	Río Maule	\$ 500.579
31	22	Río Biobío	\$ 658.643
30	23	Río Biobío	\$ 658.643
33	28	Río Biobío	\$ 244.359
34	29	Río Biobío	\$ 244.359
32	57	Río Biobío	\$ 244.359
35	71	Río Biobío	\$ 244.359
28	0	Río Imperial	\$ 244.359
29	24	Río Imperial	\$ 244.359
27	65	Río Imperial	\$ 244.359
25	10	Río Toltén	\$ 244.359
26	26	Río Toltén	\$ 244.359
24	27	Río Toltén	\$ 244.359
23	38	Río Toltén	\$ 244.359
22	61	Río Toltén	\$ 244.359
21	75	Río Toltén	\$ 244.359
16	25	Río Valdivia	\$ 55.121
19	30	Río Valdivia	\$ 55.121
17	31	Río Valdivia	\$ 55.121
18	40	Río Valdivia	\$ 55.121
14	42	Río Valdivia	\$ 55.121
20	45	Río Valdivia	\$ 55.121
15	64	Río Valdivia	\$ 55.121
5	2	Río Bueno	\$ 573.865
9	7	Río Bueno	\$ 573.865
6	9	Río Bueno	\$ 573.865
10	16	Río Bueno	\$ 55.121
12	43	Río Bueno	\$ 55.121
11	44	Río Bueno	\$ 55.121
7	60	Río Bueno	\$ 573.865
13	62	Río Bueno	\$ 573.865
2	1	entre ríos Bueno y Puelo	\$ 573.865
4	3	entre ríos Bueno y Puelo	\$ 573.865
3	35	entre ríos Bueno y Puelo	\$ 573.865
8	77	entre ríos Bueno y Puelo	\$ 573.865
1	103	entre ríos Puelo y Yelcho	\$ 573.865

Fuente: Elaboración propia

### V.2.B. Coordenadas

A continuación, se exponen los nodos de captación de las UA con las cuales se pueden materializar arreglos institucionales o acuerdos privados para transacciones de derechos. No se considera adecuado definir puntos de captación dentro de las UA debido a que no existe certeza de cuáles titulares de DAA tendrían la intención de transar derechos.



Tabla V.3. Coordenadas de nodos primarios de las UA (UTM Datum WGS84 19S)

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Coordenada norte	Coordenada este
36	20	Río Maule	6.005.731,2	222.037,9
37	37	Río Maule	6.022.470,4	224.522,0
38	36	Río Maule	6.046.212,8	308.553,6
39	19	Río Maule	6.054.633,3	249.105,7
40	111	Río Maule	6.061.384,1	254.465,5
41	112	Río Maule	6.072.965,7	251.719,5
42	21	Río Maule	6.076.722,1	208.430,9
43	66	Río Maule	6.086.342,0	190.189,3
30	23	Río Biobío	5.812.971,1	262.160,7
31	22	Río Biobío	5.817.238,8	181.059,4
32	57	Río Biobío	5.837.645,7	182.605,3
33	28	Río Biobío	5.868.693,9	170.194,4
34	29	Río Biobío	5.914.949,9	137.526,4
35	71	Río Biobío	5.917.857,2	130.033,7
27	65	Río Imperial	5.698.577,9	116.687,1
28	0	Río Imperial	5.699.860,8	156.903,8
29	24	Río Imperial	5.719.317,4	164.718,5
21	75	Río Toltén	5.647.899,2	135.921,6
22	61	Río Toltén	5.665.293,0	181.250,8
23	38	Río Toltén	5.666.235,7	159.542,8
24	27	Río Toltén	5.666.303,7	207.203,0
25	10	Río Toltén	5.673.311,7	146.265,2
26	26	Río Toltén	5.679.728,2	219.717,9
14	42	Río Valdivia	5.566.776,2	145.609,5
15	64	Río Valdivia	5.575.963,8	124.240,8
16	25	Río Valdivia	5.580.590,6	172.573,6
17	31	Río Valdivia	5.589.250,8	158.612,0
18	40	Río Valdivia	5.591.992,9	202.127,8
19	30	Río Valdivia	5.601.313,8	160.941,1
20	45	Río Valdivia	5.614.547,5	164.665,3
5	2	Río Bueno	5.484.061,2	142.645,8
6	9	Río Bueno	5.493.546,6	146.381,5
7	60	Río Bueno	5.495.344,7	156.378,7
9	7	Río Bueno	5.505.704,1	136.885,4
10	16	Río Bueno	5.521.537,7	160.040,5
11	44	Río Bueno	5.529.169,6	162.723,4
12	43	Río Bueno	5.534.270,5	152.550,3
13	62	Río Bueno	5.535.321,7	100.402,0
1	103	entre ríos Puelo y Yelcho	5.239.938,9	196.393,9
2	1	entre ríos Bueno y Puelo	5.388.967,5	124.094,7
3	35	entre ríos Bueno y Puelo	5.398.678,3	179.076,4
4	3	entre ríos Bueno y Puelo	5.417.910,2	94.481,0
8	77	entre ríos Bueno y Puelo	5.499.512,4	101.204,0

Fuente: Elaboración propia

### V.2.C. Caudal

El caudal por el cual se podrían suscribir contratos de compra venta es relativo y depende del interés de cada titular. Dado que todos los titulares tienen igual oportunidad de participar, bajo este escenario, no es posible indicar un valor de caudal por UA categorizada con nula OJ.

En este contexto, y al depender exclusivamente de las intenciones de titulares de transar sus DAA, es que las opciones de criterios de determinación de caudales a transar son numerosas. Se recomienda, en términos de disminución de procesos administrativos, que los DAA transados estén asociados a caudales mayores. Esto permitiría satisfacer la demanda con pocas transacciones, aumentando las facilidades del demandante o de los administradores de un potencial proyecto de trasvase. Es por esta razón que el caudal a informar corresponderá al caudal mayor asociado a un DAA.

Es relevante mencionar que el caudal máximo a transar con motivos del potencial proyecto de trasvase entre cuencas debe ser determinado a través de estudios profundos que permitan identificar las externalidades negativas y positivas.

A continuación, se expone para las UA con nodo de captación, el caudal medio anual de DAA con mayor caudal otorgado ( $m^3/s$ ), el caudal medio anual del DAA con menor caudal otorgado ( $m^3/s$ ) y la suma de los caudales medios anuales de todos los DAA otorgados ( $m^3/s$ ) en dicha UA.

**Tabla V.4. Información de caudales por UA**

<b>Id UA</b>	<b>Cuenca</b>	<b>DAA con mayor Q (L/s)</b>	<b>DAA con menor Q (L/s)</b>	<b>Total DAA permanentes consuntivos (L/s)</b>
19	Río Maule	5.000	0,0022	85.600
20	Río Maule	11.390	0,0001	59.500
21	Río Maule	7.900	0,0000	281.900
36	Río Maule	1.200	0,1000	18.400
37	Río Maule	4.121	0,0000	4.600
66	Río Maule	20.000	0,3171	45.800
22	Río Biobío	800	0,0340	10.500
23	Río Biobío	1.800	0,0080	5.400
28	Río Biobío	43.333	0,3425	106.400
29	Río Biobío	3.278	0,0000	54.100
57	Río Biobío	38.865	0,0030	76.400
71	Río Biobío	9.750	0,0417	63.200
0	Río Imperial	21.142	0,0100	67.800
24	Río Imperial	3.667	0,0000	58.200
65	Río Imperial	95.129	0,0300	216.700
10	Río Toltén	7.400	0,0300	29.100
26	Río Toltén	1.000	0,0230	19.800
27	Río Toltén	3.000	0,0167	22.800
38	Río Toltén	1.050	0,2000	3.100
61	Río Toltén	455	0,0333	3.700
75	Río Toltén	30.000	0,0292	40.300
25	Río Valdivia	799	0,1042	4.200
30	Río Valdivia	655	0,0667	1.700
31	Río Valdivia	5.000	0,0092	18.500
40	Río Valdivia	750	0,0083	11.300
42	Río Valdivia	50	0,0750	200
45	Río Valdivia	1.500	0,0042	12.000
64	Río Valdivia	2.500	0,0116	19.900
2	Río Bueno	203	0,0042	7.300
7	Río Bueno	500	0,0067	3.100
9	Río Bueno	5.000	0,0050	14.700
16	Río Bueno	500	0,5000	3.700
43	Río Bueno	500	0,0278	2.200
44	Río Bueno	1.250	0,0000	10.900

Id UA	Cuenca	DAA con mayor Q (L/s)	DAA con menor Q (L/s)	Total DAA permanentes consuntivos (L/s)
60	Río Bueno	76	0,0030	800
62	Río Bueno	3.000	0,0020	14.700
1	entre ríos Bueno y Puelo	526	0,0013	11.300
3	entre ríos Bueno y Puelo	160	0,0067	3.600
35	entre ríos Bueno y Puelo	44.710	0,0100	52.200
77	entre ríos Bueno y Puelo	49	0,0058	800
103	entre ríos Puelo y Yelcho	100	100,0000	100

Fuente: Elaboración propia

### V.3. Aspectos técnicos de la transferencia temporal de caudales

Paralelo a la opción de obtener agua para un eventual proyecto de trasvase por medio de adquisición de derechos vía mercado, se propone una modalidad de arriendo temporal de caudales a los titulares actuales, lo que se conoce también como un mercado spot. Los caudales transables bajo esta modalidad tendrían su origen en dos fuentes posibles. La primera de ellas corresponde a la existencia de caudales excedentes por distintos motivos, pero fundamentalmente por los mayores caudales invernales que coinciden con las menores demandas por agua para riego. En cuencas no reguladas, es decir aquellas que no pueden almacenar estos excedentes estacionales, sería posible transferir estos excedentes en modalidad spot. La segunda fuente posible correspondería a regantes que decidieran traspasar en esta modalidad parte o la totalidad de los caudales que utilizan en riego durante la época estival, ya sea, porque les resulte conveniente una salida temporal del negocio agrícola o porque han generado excedentes producto de una mejora en su eficiencia de riego.

Aunque esta modalidad de transacción aparece como una posibilidad interesante por cuanto permite a los titulares de DAA participar de un mercado de aguas sin que esto signifique deshacerse de sus derechos o incluso servir como un incentivo a la mejora en la eficiencia de riego, no resulta sencillo aproximarse a conocer los potenciales precios de este mercado. Lo anterior se debe a que a pesar de que este tipo de mercados existen en nuestro país, la experiencia es muy limitada y se verifican en condiciones muy diferentes. Por consiguiente, la determinación de precios referenciales en este estudio debe entenderse como una aproximación exploratoria de los factores que podrían incidir en su valor.

Al respecto, puesto que se trataría de un mercado que apuntaría principalmente al agua como insumo que los oferentes están en condiciones de utilizar en sus procesos productivos -principalmente como riego agrícola- es posible establecer que la disposición a transar en este mercado a un precio dado dependerá fundamentalmente del costo de oportunidad en el uso del recurso, es decir la rentabilidad que se dejaría de percibir por participar en este mercado en vez de realizar el proceso productivo con el insumo de que se dispone.

Entendiendo que cualquier titular podría formar parte de un acuerdo, se presentará información de precios referenciales, caudales y coordenadas de todas las UA que presentan un nodo de captación y una estación fluviométrica en su punto de salida<sup>64</sup>.

#### V.3.A. Precio referencial de transacciones de volúmenes

Dependiendo del origen de los caudales que se desean transar, un oferente puede estar en una situación en que su agua puede o no tener costo de oportunidad. En el primer caso se encuentran, por ejemplo,

<sup>64</sup> Dado que para aproximarse a caudales a transar se requirió contar con observaciones de caudal en estaciones fluviométricas.

aquellos caudales excedentarios invernales, ya que si no se tiene la posibilidad de almacenarlos no tienen un uso potencial. En el segundo caso se encontrarían los caudales provenientes del retiro temporal del negocio o de la mejora en la eficiencia de riego, cuando el agricultor dispone de tierras de secano que puede elegir regar con sus excedentes.

Cuando no existe un costo de oportunidad evidente, probablemente el precio de mercado estará dado por la capacidad de negociación de las partes, de manera que no es posible anticiparlo con la información disponible actualmente. Sin embargo, es posible inferir que la disposición a transar sería relativamente alta a precios menores de los que se esperarían en la época estival.

Cuando el costo de oportunidad existe, la disposición a transar estaría dada por si el precio es igual o superior a la rentabilidad que ofrece el uso del insumo en el propio proceso productivo. En este caso es posible aproximarse a un valor de mercado utilizando un indicador basado en el costo de oportunidad. Para efectos de esta estimación, se realizó el cálculo del valor actual neto (VAN) de un proyecto agrícola para un cultivo tipo<sup>65</sup> a nivel regional a un horizonte temporal de 20 años.

Para esto se utilizó la información contenida en las fichas técnicas y económicas de ODEPA y la información documentada por la Comisión Nacional de Riego (CNR), de modo de desarrollar un flujo de caja simple para el cultivo seleccionado. Al respecto se considera que:

- El proyecto agrícola solo se desarrolla si el agricultor tiene agua disponible para cumplir con los requerimientos del cultivo. Por lo tanto, el agricultor (suponiendo que posee DAA que le permiten **solamente** desarrollar su proyecto agrícola) -si el proyecto agrícola es rentable- sólo tendería a arrendar el agua si logra obtener una utilidad igual o mayor a la obtenida por el proyecto agrícola durante el periodo de tiempo considerado para el cálculo del VAN.
- El agricultor arrienda la totalidad del agua para todo el periodo (20 años) y, por ende, no desarrolla su proyecto agrícola.
- La estimación calculada bajo esta alternativa no sería aplicable en casos en que un agricultor arrienda el agua que no está utilizando en los meses en que no riega.

En concordancia con lo declarado en los párrafos anteriores, el valor del m<sup>3</sup> se calculó como:

Asumiendo que:

$$\text{Valor agua} \left( \frac{\$}{\text{ha} \times 20 \text{ años}} \right) \geq \text{VAN} \left( \frac{\$}{\text{ha} \times 20 \text{ años}} \right)$$

Entonces:

$$\text{Valor agua} \left( \frac{\$}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{VAN} \left( \frac{\$}{\text{ha} \times 20 \text{ años}} \right)}{\text{demanda agua cultivo} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{ha} \times 20 \text{ años}} \right)}$$

### V.3.B. Precios referenciales por región

En la Tabla V.5 se presenta el costo oportunidad del agua por región bajo el escenario de que un agente económico completamente racional y bien informado decida arrendar su agua en lugar de desarrollar su proyecto agrícola.

<sup>65</sup> Se consideró un cultivo frutícola con rentabilidad media. Para el caso de toda la zona de estudio (delimitada entre las regiones del Maule y Los Lagos) se consideró al manzano como cultivo tipo.

Tabla V.5. Costo de oportunidad estimado del agua (\$/m<sup>3</sup>) por región.

Región	Costo de oportunidad (\$/m <sup>3</sup> )
Región del Maule	\$29
Región del Biobío	\$55
Región de la Araucanía	\$67
Región de los Ríos y de Los Lagos	\$97

Fuente: Elaboración propia

Un aspecto fácil de observar en la Tabla V.5 es el progresivo aumento del valor del agua a medida que se avanza hacia el sur. Al respecto, podría ser contradictorio el hecho de que el m<sup>3</sup> de agua tuviese el valor más alto en las regiones en las cual el recurso hídrico, en teoría, es más abundante. Sin embargo, debe tenerse en consideración de que este valor es calculado independiente de la abundancia del recurso y la eficiencia de aplicación de éste por el proyecto agrícola. Al respecto, el valor económico estimado deriva de la rentabilidad del proyecto agrícola y considera que el mero arriendo de un m<sup>3</sup> de agua pondría en riesgo su desarrollo. Por tanto, como fue declarado, el agricultor tenderá a arrendar el agua siempre y cuando el beneficio económico obtenido sea igual o mayor a la rentabilidad obtenida por el proyecto agrícola. Este beneficio se obtendría siempre y cuando se cobre el valor del agua señalados en la Tabla V.5.

### V.3.C. Coordenadas

Similar al caso de las transacciones de derechos, se exponen los nodos de captación de las UA seleccionadas con potencialidad de transferencias temporales a través de los arreglos institucionales a implementar pero que además tuvieran una estación fluviométrica en la salida de la UA. No se considera adecuado definir puntos de captación dentro de las UA debido a que no existe certeza de cuáles titulares de DAA tendrían la intención de transar agua y en qué lugar.

Tabla V.6. Coordenadas de nodos de captación de las UA (UTM Datum WGS84 19S)

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Coordenada norte	Coordenada este
36	20	Río Maule	6.005.731,2	222.037,9
37	37	Río Maule	6.022.470,4	224.522,0
38	36	Río Maule	6.046.212,8	308.553,6
39	19	Río Maule	6.054.633,3	249.105,7
40	111	Río Maule	6.061.384,1	254.465,5
41	112	Río Maule	6.072.965,7	251.719,5
42	21	Río Maule	6.076.722,1	208.430,9
43	66	Río Maule	6.086.342,0	190.189,3
30	23	Río Biobío	5.812.971,1	262.160,7
31	22	Río Biobío	5.817.238,8	181.059,4
32	57	Río Biobío	5.837.645,7	182.605,3
33	28	Río Biobío	5.868.693,9	170.194,4
34	29	Río Biobío	5.914.949,9	137.526,4
35	71	Río Biobío	5.917.857,2	130.033,7
27	65	Río Imperial	5.698.577,9	116.687,1
28	0	Río Imperial	5.699.860,8	156.903,8
29	24	Río Imperial	5.719.317,4	164.718,5
21	75	Río Toltén	5.647.899,2	135.921,6
22	61	Río Toltén	5.665.293,0	181.250,8
23	38	Río Toltén	5.666.235,7	159.542,8

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Coordenada norte	Coordenada este
24	27	Río Toltén	5.666.303,7	207.203,0
25	10	Río Toltén	5.673.311,7	146.265,2
26	26	Río Toltén	5.679.728,2	219.717,9
14	42	Río Valdivia	5.566.776,2	145.609,5
15	64	Río Valdivia	5.575.963,8	124.240,8
16	25	Río Valdivia	5.580.590,6	172.573,6
17	31	Río Valdivia	5.589.250,8	158.612,0
18	40	Río Valdivia	5.591.992,9	202.127,8
19	30	Río Valdivia	5.601.313,8	160.941,1
20	45	Río Valdivia	5.614.547,5	164.665,3
5	2	Río Bueno	5.484.061,2	142.645,8
6	9	Río Bueno	5.493.546,6	146.381,5
7	60	Río Bueno	5.495.344,7	156.378,7
9	7	Río Bueno	5.505.704,1	136.885,4
10	16	Río Bueno	5.521.537,7	160.040,5
11	44	Río Bueno	5.529.169,6	162.723,4
12	43	Río Bueno	5.534.270,5	152.550,3
13	62	Río Bueno	5.535.321,7	100.402,0
1	103	entre ríos Puelo y Yelcho	5.239.938,9	196.393,9
2	1	entre ríos Bueno y Puelo	5.388.967,5	124.094,7
3	35	entre ríos Bueno y Puelo	5.398.678,3	179.076,4
4	3	entre ríos Bueno y Puelo	5.417.910,2	94.481,0
8	77	entre ríos Bueno y Puelo	5.499.512,4	101.204,0

Fuente: Elaboración propia

### V.3.D. Caudal

Cómo ya se mencionó, dada la falta de información de precios se prefirió aproximar a precios de volúmenes de agua. Lo más probable en este tipo de mercado es transar volúmenes con el soporte de infraestructura de almacenamiento de agua, de modo de comercializar agua en rangos temporales controlados. Sin embargo, para aproximarse al agua disponible para transar, se prefirió aproximarse por medio de caudales que podrían ser objetos de negociaciones privadas.

El caudal por el cual se podrían suscribir contratos de arrendamiento es relativo y depende del interés de cada titular. Según las características del mercado y banco de aguas en nuestro país, todos los titulares tienen igual oportunidad de participar, bajo este escenario, no es posible limitar a entregar valores de caudal por UA categorizadas con nula OJ.

En el caso de los caudales que podrían ser objeto de negociación para transferencias temporales, se siguió la metodología empleada en el apartado I.5. Estimación del Caudal observado no comprometido aguas abajo, en donde la disponibilidad para el arriendo se relacionó con la estimación de CONCAA. En la Tabla V.7 se presentan estos caudales bajo una probabilidad del 85% y en la Tabla V.8 para caudales con probabilidad de excedencia del 50%, siendo ambas para aquellas UA que tuvieran nodo de captación y, además, tuvieran una estación fluviométrica en la salida de la UA, dado que solo en esas UA se contaron con datos de caudales observados.

Tabla V.7. Caudales observados no comprometidos aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) con probabilidad de excedencia del 85% para el área de estudio.

Id Nudo	Id UA	Cuenca	Estación fluviométrica de referencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	19	Maule	Río Loncomilla en las Brisas	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	43,6	171,6	99,3	62,5	10,5	0,0	0,0
36	20	Maule	Río Perquilauquén en Quella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	21	Maule	Río Maule en Forel	30,9	22,7	46,8	98,6	162,8	208,6	240,8	167,9	233,4	149,5	100,9	62,2
38	36	Maule	Río Maule en Armerillo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	37	Maule	Río Cauquenes en desembocadura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	111	Maule	Río Maule en Longitudinal	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	15,6	22,8	9,4	12,6	0,0	0,0	0,0
41	112	Maule	Río Claro en Rauquén	6,7	5,7	6,3	16,1	21,8	32,8	43,0	21,9	33,3	29,6	24,1	20,4
31	22	Biobío	Río Vergara en Tijeral	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	23	Biobío	Río Biobío en la Culebra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
33	28	Biobío	Río Laja en San Rosendo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	29	Biobío	Río Biobío en desembocadura	67,7	50,3	81,5	115,8	240,2	693,1	838,3	824,7	795,1	555,2	335,6	171,2
32	57	Biobío	Río Biobío en Coihue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0	Imperial	Río Cautín en Almagro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	83,8	81,8	40,2	0,0	0,0	0,0
29	24	Imperial	Río Cholchol en Cholchol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	68,1	66,7	30,0	0,0	0,0	0,0
25	10	Toltén	Río Toltén en Teodoro Schmidt	166,5	154,6	150,2	167,1	178,1	559,9	633,7	623,6	553,3	399,5	290,5	201,9
26	26	Toltén	Río Allipén en Los Laureles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	27	Toltén	Río Toltén en Coipué	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	38	Toltén	Río Mahuidanche en Santa Ana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	61	Toltén	Río Donguil en Gorbea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	25	Valdivia	Río Collileufu en Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	30	Valdivia	Río Iñaque en Máfil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	17,1	20,3	11,6	0,0	0,0	0,0
17	31	Valdivia	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	329,9	341,4	329,3	236,4	64,9	27,0	0,0
18	40	Valdivia	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	42	Valdivia	Río Futa en Tres Chiflones	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	36,8	29,9	24,2	9,8	0,0	0,0	0,0
20	45	Valdivia	Río Cruces en Rucaco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	86,0	85,1	55,6	2,9	0,0	0,0
5	2	Bueno	Río Negro en Chahuilco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	50,2	75,9	43,7	1,8	0,0	0,0

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Estación fluviométrica de referencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
9	7	Bueno	Río Rahue en Forrahue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,3	93,1	0,0	0,0	0,0	0,0
6	9	Bueno	Río Rahue Antes Junta Río Negro	5,7	3,3	0,0	14,5	33,7	102,5	151,7	145,9	105,5	27,8	12,7	11,6
10	16	Bueno	Río Pilmaiquén en San Pablo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
12	43	Bueno	Río Llolelhue en La Unión	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	6,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
11	44	Bueno	Río Bueno en Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	60	Bueno	Río Damas en Tacamo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	5,8	9,1	3,3	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla V.8. Caudales observados no comprometidos aguas abajo (m<sup>3</sup>/s) con probabilidad de excedencia del 50% para el área de estudio.

Id Nodo	Id UA	Cuenca	Estación fluviométrica de referencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	19	Maule	Río Loncomilla en Las Brisas	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5	339,4	457,3	343,4	222,6	37,8	17,2	0,0
36	20	Maule	Río Perquilauquén en Quella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42	21	Maule	Río Maule en Forel	110,7	67,2	14,9	159,3	294,5	452,9	680,6	515,3	474,0	312,4	248,9	181,5
38	36	Maule	Río Maule en Armerillo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37	37	Maule	Río Cauquenes en desembocadura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
40	111	Maule	Río Maule en Longitudinal	0,0	0,0	0,0	8,2	70,8	94,3	146,9	115,3	84,0	71,0	85,1	45,5
41	112	Maule	Río Claro en Rauquén	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	83,0	76,4	77,9	63,1	37,9	32,4	17,1
31	22	Biobío	Río Vergara en Tijeral	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	23	Biobío	Río Biobío en la Culebra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
33	28	Biobío	Río Laja en San Rosendo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34	29	Biobío	Río Biobío en desembocadura	166,4	134,9	115,2	275,1	658,8	1.349,7	1.412,4	1.410,7	1.225,3	925,1	596,5	326,9
32	57	Biobío	Río Biobío en Coihue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0	Imperial	Río Cautín en Almagro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	202,1	284,1	207,1	108,4	23,6	0,0	0,0
29	24	Imperial	Río Cholchol en Cholchol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	169,0	153,3	68,6	3,3	0,0	0,0
25	26	Toltén	Río Allipén en los Laureles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	27	Toltén	Río Toltén en Coipué	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8	187,8	31,0	44,6	0,0	0,0	0,0



Id Nodo	Id UA	Cuenca	Estación fluviométrica de referencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
24	38	Toltén	Río Mahuidanche en Santa Ana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	61	Toltén	Río Donguil en Gorbea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	40,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
22	10	Toltén	Río Toltén en Teodoro Schmidt	258,0	216,0	197,8	228,9	323,4	1.011,7	1.060,9	859,9	790,5	588,4	468,4	355,0
16	25	Valdivia	Río Collileufu en Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	30	Valdivia	Río Iñaque en Máfil	0,0	0,0	0,0	0,1	4,8	26,7	28,9	31,5	19,3	5,5	0,4	1,2
17	31	Valdivia	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	22,4	0,0	0,0	14,7	179,2	646,3	583,2	538,9	369,3	195,4	124,7	86,0
18	40	Valdivia	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	42	Valdivia	Río Futa en Tres Chiflones	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	53,9	41,9	52,3	20,8	1,8	0,0	0,0
20	45	Valdivia	Río Cruces en Rucaco	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	152,2	130,3	127,2	85,4	27,9	4,3	0,7
5	2	Bueno	Río Negro en Chahuilco	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	98,3	116,2	91,9	63,0	15,4	0,0	0,0
9	7	Bueno	Río Rahue en Forrahue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,6	173,1	169,1	9,7	0,0	0,0	0,0
6	9	Bueno	Río Rahue Antes Junta Río Negro	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	145,7	190,3	212,9	138,0	57,5	0,0	0,0
10	16	Bueno	Río Pilmaiquén en San Pablo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,5	53,6	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	43	Bueno	Río Llollehue en La Unión	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	9,4	16,5	2,1	0,0	0,0	0,0
11	44	Bueno	Río Bueno en Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,2	179,8	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0
7	60	Bueno	Río Damas en Tacamo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,5	15,1	13,2	7,0	0,4	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

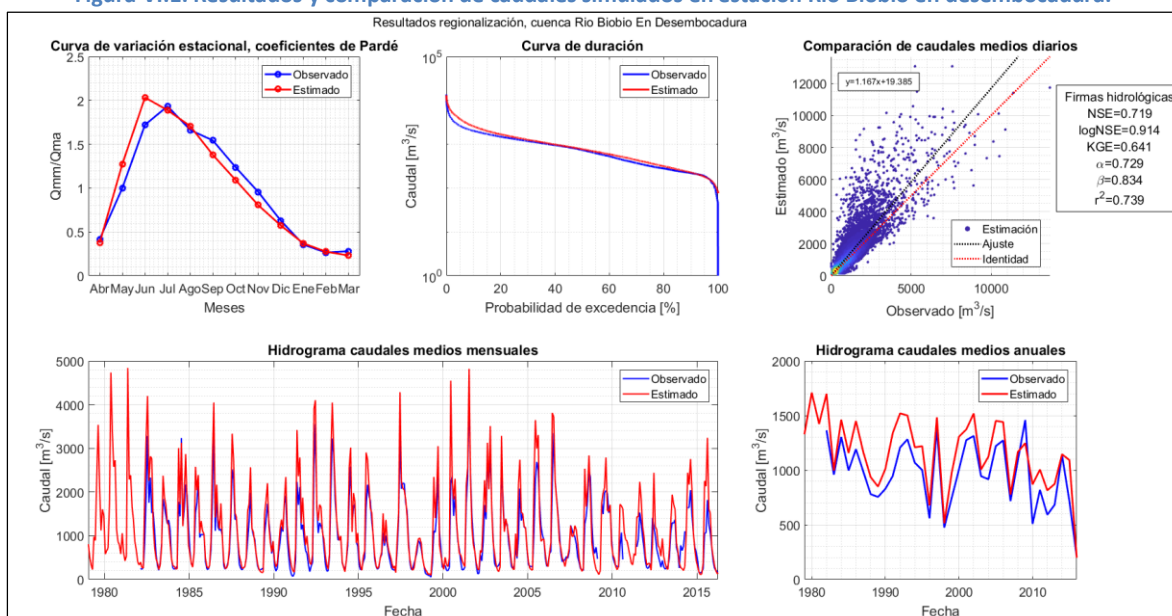
## VI. CONSIDERACIONES ADICIONALES

### VI.1. Análisis general de la Oferta Natural

Con relación a la modelación hidrológica llevada a cabo, es necesario enfatizar sobre la interacción entre la modelación propiamente tal y los usos de agua en las cuencas estudiadas. El modelo hidrológico utilizado no considera extracciones puntuales de agua, por lo tanto, se han calibrado únicamente las cuencas en régimen natural. Para lograr modelar las cuencas con intervención, se ha implementado una metodología de estimación de caudales en cuencas no controladas, transfiriendo parámetros desde cuencas en régimen natural hacia las cuencas intervenidas. Para analizar el desempeño de la metodología en estas cuencas, se han comparado las simulaciones con observaciones en estaciones fluviométricas, sin embargo, estas mediciones se encuentran afectadas por los usos y extracciones de agua presentes aguas arriba en las cuencas, por lo tanto, no se está contrastando con la Oferta Natural de la cuenca, si no con la diferencia entre la Oferta Natural y los usos. Debido a esto la modelación tiende a sobreestimar el caudal con respecto a las observaciones, ya que la Oferta Natural incluye los volúmenes utilizados por los derechos que se ejercen en las cuencas.

La Figura VI.1 muestra, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos del proceso de regionalización en la estación más cercana a la desembocadura de la cuenca del río Biobío. El panel de firmas hidrológicas muestra la eficiencia de Nash-Sutcliffe de los caudales medios mensuales y el logaritmo de los caudales (NSE y logNSE), la eficiencia de Kling-Gupta (KGE), la razón entre la desviación estándar observada y simulada ( $\alpha$ ), la razón entre los volúmenes observados y simulados ( $\beta$ ) y el coeficiente de correlación lineal ( $r^2$ ). El gráfico de dispersión de “comparación de caudales medios diarios” muestra con puntos amarillos las zonas de mayor densidad de datos mientras que en azul se muestran las zonas con menor densidad probabilística respecto a todo el conjunto.

Figura VI.1. Resultados y comparación de caudales simulados en estación Río Biobío en desembocadura.



En la curva de variación estacional, la simulación reproduce la estacionalidad de los caudales observados en la cuenca, sin embargo, existe una sobreestimación de volúmenes (16%), tal como se aprecia en la curva de duración de caudales medios diarios. En la correlación y en los caudales medios anuales, los valores estimados están sistemáticamente por sobre de los observados, lo que es consistente con lo esperado pues, tal como se dijo anteriormente, no se están modelando los usos.

En relación con el desempeño de la metodología y a los errores obtenidos, se han presentado errores absolutos y porcentuales a nivel mensual para cada cuenca. Los errores absolutos obtenidos se centran en cero y sus dispersiones tienden a ser inferiores a  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , además las simulaciones presentan menos errores en los meses de invierno, que para cuencas pluviales como las estudiadas, corresponden a los meses de mayor Oferta Natural, en desmedro de un peor desempeño en los meses de verano, que corresponden a la temporada de riego, por ende, de mayor demanda.

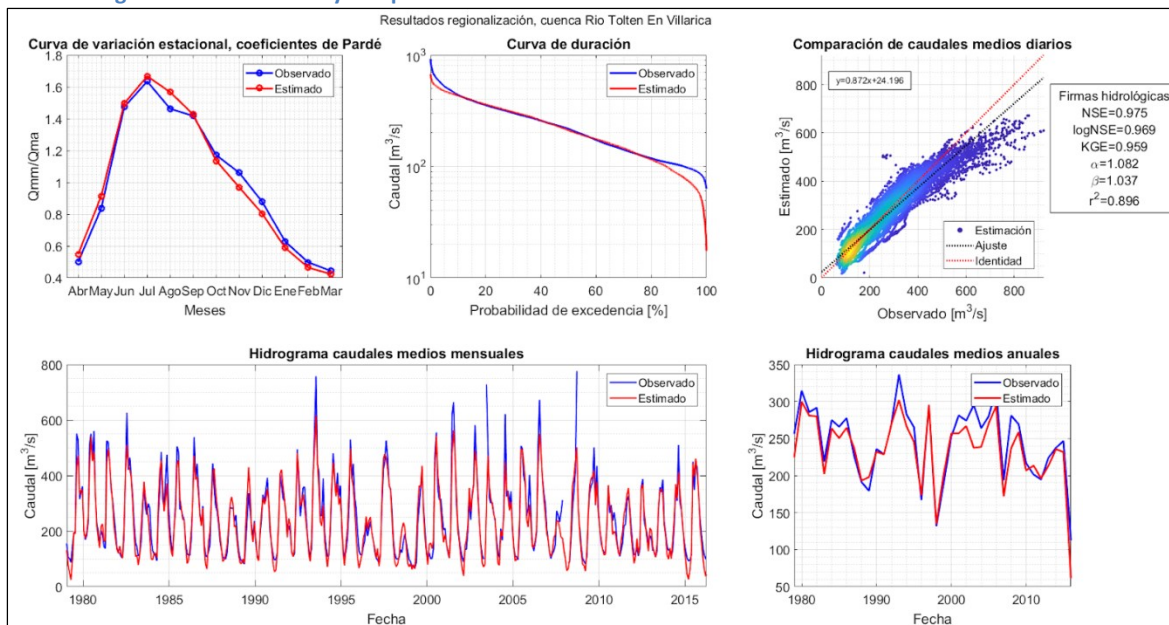
Adicionalmente, se presenta una tendencia a la subestimación en las desembocaduras de las cuencas de los ríos Toltén, Valdivia y Bueno, lo cual podría explicarse por las forzantes meteorológicas utilizadas, generadas en el marco del proyecto de Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a), las que aún no han sido testeadas al sur del río Maule, por lo tanto, podrían existir sesgos en las forzantes que derivan en subestimaciones de la modelación. Estas cuencas subestimadas, no presentan estaciones fluviométricas cercanas a las desembocaduras en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, ya que en ellas las estaciones más cercanas a las desembocaduras se encuentran aguas arriba de afluentes importantes, como lo son los ríos Rahue y Pilmaiquén en el río Bueno y los ríos Cruces y Calle-Calle en el caso del río Valdivia; esta carencia de estaciones implica que no se tenga un control fluviométrico en tramos de ríos fundamentales a la hora de calibrar.

Con respecto a la modelación y a la presencia de grandes lagos y embalses, se debe comentar que, dada la estructura del modelo HBV, estos cuerpos de agua no son modelados explícitamente, pese a que en los sistemas en estudio sí se encuentren grandes lagos y embalses. Esta falencia en algunas ocasiones fue abordable desde el proceso de calibración, tal como se muestra en la Figura VI.2, correspondiente a la salida del Lago Villarrica en la cuenca del río Toltén, donde se obtuvieron muy buenos indicadores de eficiencia y se observa una excelente correlación entre caudales simulados y observados. El panel de firmas hidrológicas muestra la eficiencia de Nash-Sutcliffe de los caudales medios mensuales y el logaritmo de los caudales (NSE y  $\log\text{NSE}$ ), la eficiencia de Kling-Gupta (KGE), la razón entre la desviación estándar observada y simulada ( $\alpha$ ), la razón entre los volúmenes observados y simulados ( $\beta$ ) y el coeficiente de correlación lineal ( $r^2$ ). El gráfico de dispersión de “comparación de caudales medios diarios” muestra con puntos amarillos las zonas de mayor densidad de datos, mientras que en azul se muestran las zonas con menor densidad probabilística respecto a todo el conjunto.

En los casos en que la simulación no representó la presencia de lagos y embalses por medio del proceso de calibración, la estación a la salida del lago fue descartada del diagrama unifilar, por lo tanto, su modelación no se incorporó en el procedimiento de ruteo de caudales descrito previamente, no obstante, fue modelada al estar contenida en una cuenca de mayor tamaño definida por una estación aguas abajo del cauce.

El detalle de los resultados de las modelaciones hidrológicas en cada una de las cuencas simuladas se presenta en el apéndice XVIII.3. Resultados de simulaciones en cuencas sin intervención.

Figura VI.2. Resultados y comparación de caudales simulados en la estación Río Toltén en Villarica.



Con respecto a la estimación de la Oferta Natural y a la metodología utilizada, es importante concluir:

- Los productos grillados generados en el marco del proyecto de Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a), tales como precipitación y temperatura, junto con la base de datos de atributos de cuencas CAMELS-CL (Álvarez-Garretón *et al.*, 2018) han permitido realizar un análisis regional de gran escala y constituyen una base de datos fundamental a la hora de levantar información territorial, ya que permite estudiar los fenómenos físicos relevantes en zonas con escaso monitoreo como las zonas montañosas o regiones lejanas.
- La realización de modelos hidrológicos a nivel de cuenca permite tener mayor certidumbre sobre la Oferta Natural real del agua en cuencas con escasa información o con altos grados de intervención. Esto se ha logrado mediante una metodología robusta basada en procesos de similitud climática y física de cuencas calibradas en régimen natural, teniendo un nivel de error promedio de 9%, para sistemas con elevada disponibilidad hídrica.
- La incertidumbre de la modelación permite recomendar estudios futuros sobre caudales ecológicos o viabilidad del proyecto de carretera hídrica en aquellas cuencas cuya disponibilidad del recurso es elevado durante cualquier época del año, evaluando impactos en los ecosistemas locales.

## VI.2. Externalidades a nivel de Organizaciones de Usuarios

Además de incorporar los derechos asociados a sus jurisdicciones en la estimación de la OJ, los encuentros con representantes de las OU, permitió recoger aspectos relevantes a nivel de OU, que son importantes de considerar, en términos de constituir posibles externalidades negativas para la gestión hídrica local y/o factores de conflictividad frente a acciones de trasvase.

Hay cinco aspectos que interesa destacar en relación con las opiniones provenientes de los representantes de las OU entrevistadas:

- 1) Su visión sobre la condición de disponibilidad de la cuenca en la que se emplazan.
- 2) Las dificultades o desafíos que conlleva desarrollar un proyecto de trasvase.
- 3) Visión sobre un posible Mercado *spot*.
- 4) Los impactos que traerá a su organización y/o territorio la materialización de este proyecto.
- 5) Necesidades e intereses OU.

#### VI.2.A. Condición de disponibilidad.

En la cuenca del río Maule, las OU declaran una condición de disponibilidad que varía entre una condición de déficit en verano y una condición normal o de excedentes en invierno, y en algunos casos también en primavera.

Hay algunos que pueden aprovechar estos excesos a través de embalses, pero otros no cuentan con esta infraestructura, impidiendo que puedan utilizar este sobrante en la época de verano. Aunque el agua embalsada luego se usa para riego en verano, hay algunas opiniones minoritarias, respecto a que esa agua pudiese estar disponible para un potencial trasvase o bien, aunque no se embalse, el exceso de invierno es susceptible de ser arrendado. Esta situación se complementa con la falta de viabilidad técnica en algunas cuencas para desarrollar embalses, aunque se ve como una opinión mayoritaria la falta de embalses para acumular excedentes de invierno.

En verano, por el contrario, se recurre a prorrato y además algunas OU se preocupan de resguardar un caudal ecológico de modo que el río no se seque, aunque esto no sea una exigencia legal.

En el caso de la cuenca del río Biobío, también se plantean condiciones menos favorables en verano, que en algunos casos alcanza para las demandas existentes, mientras que en otros conlleva a distribuciones a prorrata. También se señalan disponibilidades más bien vinculados a derechos eventuales y no a permanentes. Además, se reconocen problemas de abastecimiento dadas las limitaciones de infraestructura, más que a disminuciones de caudal propiamente tal.

En cualquier caso, es generalizado el reconocimiento de una disminución de la disponibilidad del recurso en el tiempo, destacándose el cambio climático como un contexto que debe tomarse en cuenta.

Se destacan iniciativas de minicentrales hidroeléctricas que aprovechan los excedentes de invierno y generan recursos para las propias organizaciones de usuarios. Un caso particular destacable también, lo constituye el salto del río Laja, para el cual se ha asegurado entre 5 y 10 m<sup>3</sup>/s para fines turísticos (salto del Laja), cuestión que, por una parte, se puede considerar como una competencia con el riego en la zona, y por otro, da cuenta de acuerdos que comprometen caudales no siempre conocidos o contabilizados en las estimaciones de demanda. Se presentan también, otros casos en que la OU se preocupa de dejar un caudal disponible para algún fin de carácter comunitario.

En la cuenca del río Imperial, se plantea también una marcada baja en la disponibilidad de agua, llegando incluso a estar, según los datos de una OU, agotada la cuenca del río Cautín. A pesar de que existen marcados excedentes en invierno, en verano no ocurre lo mismo, por lo que se debe considerar esta situación en la planificación de un proyecto de este estilo. Destacan la presencia de una resolución de la DGA que obliga el cierre de bocatomas para evitar los perjuicios de crecidas (entre mayo y septiembre), ilustrando algunos aspectos normativos que debieran considerarse en un diseño de este proyecto.

Se señala como una condición de fondo que afecta negativamente la disponibilidad de numerosas cuencas, el sobreotorgamiento de DAA, respecto a las condiciones de disponibilidad real.

Otro aspecto presente también en algunas OU de las tres cuencas, son algunos cambios en los cultivos a desarrollar, incorporándose frutales que, por ejemplo, tienen una mayor demanda de agua en invierno, lo cual extiende el periodo de riego hacia esos meses (cambio en el régimen de extracción de agua).

### VI.2.B. Dificultades y desafíos de un proyecto de trasvase

Parte de los desafíos que presenta un proyecto de trasvase, guarda relación con la infraestructura existente, en relación con la posible disminución de caudales en canales que están diseñados y operan bajo caudales específicos. La capacidad de adaptarse a nuevos caudales es un aspecto clave en este sentido. Esto es igualmente válido en algunas ocasiones frente a arriendos de temporada.

Si el proyecto de trasvase se sostuviera en caudales eventuales, es decir, caudales menos probables, se presenta además el desafío de contar con infraestructura que permita embalsar el agua en el periodo de abundancia, para su aprovechamiento en el resto del año, sin que se afecte negativamente el actual sistema de infraestructura hidráulica.

Además de la infraestructura, los representantes de las OU resaltan las debilidades existentes en cuanto a conocimiento certero de la disponibilidad del recurso hídrico y a la falta de transparencia respecto al existente, lo cual dificulta el desarrollo de un mercado *spot*, por ejemplo.

Esta incerteza se ejemplifica con diversos aspectos que representan realidades de diversas OU:

- La distribución del recurso hídrico no se rige necesariamente por lo que los DAA establecen, sino que se basan en las necesidades de los regantes. Inclusive el sistema de distribución recoge esta necesidad (definiendo turnos, por ejemplo). Esto no permite señalar la demanda efectiva de agua basándose en lo que señalan los DAA.
- Existen derechos de agua antiguos, que no se encuentran perfeccionados (definidos en regadores) y para los cuales se desconoce equivalencia; o bien derechos regularizables que no están en ningún registro.
- Algunas OU manejan dispositivos de distribución manuales que no garantizan una distribución precisa del recurso, lo cual resulta una dificultad para una estimación certera del agua distribuida.

Esta incertidumbre en el conocimiento de la disponibilidad del recurso se considera como un problema que afecta también a la institucionalidad pública, donde se plantea que:

- Las limitaciones que presenta la red de estaciones de la DGA, en cuanto a cobertura y funcionamiento, condiciona la generación de información confiable y continua, a partir de la cual se puedan realizar análisis estadísticos confiables que permitan proyectar de forma certera la oferta hídrica. En este sentido se destaca el aporte que pueden hacer privados como las hidroeléctricas en mejorar y fortalecer el set de datos.
- El desconocimiento que la DGA tiene de la demanda tanto en términos de los DAA existentes, como de aquellos usos regularizables, y del uso real del agua con o sin DAA de por medio, dificulta una estimación certera de la disponibilidad de agua luego de los descuentos de usos actuales.

Se plantea que es necesario monitorear de manera permanente los niveles de agua, para favorecer la coordinación entre actores en un contexto de trasvase, que no perjudique la disponibilidad existente para los usos actuales.

A esto se suma, la preocupación por posibles cambios relacionados con las prioridades de uso, en el caso de que avance la reforma del Código de Aguas. En el caso de que se dé mayor prioridad al uso de agua potable, se estaría perjudicando toda la producción del territorio desde donde se extraería agua, no respetando necesariamente la estacionalidad con la que se ve factible la concreción de este proyecto (extracción en meses de invierno mayormente).

Ahora bien, las OU tienen claridad que estas decisiones de poner a disposición el recurso hídrico para un proyecto como este, son autónomas de sus usuarios como privados, pero algunas perciben que sus usuarios ante una posibilidad como el trasvase, no dejarían de ser titulares, y que podrían estar dispuestos más bien a arriendos temporales en época de invierno. Otros, incluso creen que sus usuarios no estarían de acuerdo con involucrarse, por su cultura agrícola, en que la preocupación puede ser regar con mayor eficiencia, pero no dejar de hacerlo, incluso por sobre una perspectiva solamente económica, lo cual, dependiendo de lo significativa de esta posición, podría convertirse en una dificultad desde la perspectiva de un proyecto de trasvase.

En un sentido más amplio, se considera que este proyecto deberá hacerse cargo del tema social, tanto de quienes se vinculan a las zonas desde las cuales se realizará la extracción del recurso, como de aquellas en las cuales ocurrirá el trazado. Se señala que hoy, hay una sensibilidad mayor frente a los impactos de esta clase de iniciativas y que por lo tanto será necesario identificar y ponderar los impactos de un proyecto de esta índole.

### **VI.2.C. Posible Mercado *Spot***

Algunas OU consideran que un potencial trasvase, de ocurrir, sólo podría ser posible en periodos de invierno, y que debieran considerarse ciertas premisas al momento de diseñar un sistema de transacción de volúmenes, tales como: los mecanismos de funcionamiento queden claramente establecidos en protocolos, que la información relacionada con las transacciones sea transparente, que existan mecanismos para hacerse cargo de perjuicio a terceros en caso que ocurriese, que el mercado propuesto no afecte operatividad del sistema actual de distribución y aprovechamiento de los caudales que se mantienen en uso en la cuenca, entre otros. En este último punto, por ejemplo, se reconoce que, en las actuales transacciones de DAA, generalmente es el comprador el que debe realizar las modificaciones que el sistema de infraestructura requiera para funcionar y, por tanto, el comprador es el que debe incurrir en los gastos respectivos.

También se señala, que este mercado podría ser una opción mejor acogida que la de transferir DAA, aunque, por otra parte, se asocia este tipo de mercado como una opción menos segura en el largo plazo, siendo más riesgoso para los demandantes.

Opiniones minoritarias ven positivo la activación de un mercado *spot* pues pondría siempre en uso al recurso hídrico, favoreciendo a la actividad agrícola en un sentido amplio, más allá de su cuenca en particular. Además, algunas posiciones plantean que, solo garantizando una seguridad en materia de demanda de recursos hídricos a nivel local, será posible considerar la idea de un trasvase de agua hacia las cuencas del norte, bajo la lógica de que un agricultor empatiza con otro.

### **VI.2.D. Potenciales impactos de un proyecto de trasvase**

Los potenciales impactos que identifican las OU se relacionan principalmente con la disponibilidad del recurso, pues dado que no existe la información certera para conocerla, no hay forma de asegurar que las aguas de sus usuarios no se verán afectadas.

Algunos reconocen impactos en el funcionamiento de su infraestructura (señalado anteriormente), dado que no podrían operar adecuadamente con una dotación menor, ya que están diseñados para los caudales que habitualmente conducen: al disminuir el caudal de los canales de distribución, la tasa de infiltración –de pérdidas en términos productivos- se incrementa.

El tema de la incertidumbre respecto a la disponibilidad del recurso lleva a una preocupación por posibles impactos en las aguas subterráneas, a raíz de las interacciones con las aguas superficiales, e inclusive por los sistemas marinos vinculados a las zonas de desembocadura.

Se señala también que, si el proyecto se llega a sostener en base a caudales de crecida, queda también de manifiesto el potencial impacto sobre procesos naturales, donde por ejemplo se reconoce en las crecidas una función de limpieza de los ríos, pues permite el arrastre de materiales.

Además, se mencionan posibles impactos en los ingresos de las OU si sus usuarios transan sus caudales, y, la generación de tensiones sociales al interior de estas entidades.

Consideran también que el impacto posible sobre la actividad agrícola puede generar un efecto encadenado en los distintos servicios asociados a la industria.

Fuera de las competencias de la OU, pero siendo igualmente un tema que les preocupa y en el que incluso se han involucrado con su gestión, es el potencial impacto negativo para usuarios del recurso, que no son titulares de DAA, como ocurre por ejemplo con sectores económicos ligados al turismo, o para la propia recreación de las comunidades locales, pues estos al no poseer DAA, no hay forma de contabilizar sus demandas ligadas a un “no-uso”.

Así también se releva por algunas OU el impacto de carácter ecológico que puede traer consigo la disminución de caudal, generando impactos a nivel de ecosistemas, y afectando la capacidad de dilución de los canales y fuentes intervenidas. En el caso de la cuenca del río Biobío se releva el caso del trasvase al río Diguillín, lo cual trajo consigo repercusiones a nivel de caudal de dilución, generando un impacto a nivel de calidad de las aguas (cuestión constatada por los monitoreos realizados por el centro EULA de la Universidad de Concepción), por lo que se señala que desde esta perspectiva no es posible seguir extrayendo agua de la cuenca, sino que por el contrario, se requeriría aumentar los caudales que permitan recibir las descargas del sector industrial. Esta situación, además, hay que considerarla integrando los procesos de generación de normas de calidad secundaria.

Hay también algunos planteamientos a modo de alertas que se consideran importantes:

- Antes de fomentar un proyecto que fomenta el uso del agua en otras cuencas, deberían primero crearse planes de desarrollo y expansión de las cuencas del sur del país, de las potenciales cuencas excedentarias, considerando los potenciales de crecimiento que presentan y abordando problemas de infraestructura y gestión de dichos territorios.
- Tan importante como el reconocimiento de beneficios es la clara identificación de los impactos negativos de un proyecto de trasvase.
- El proyecto carretera se considera riesgoso que podría generar un gran impacto negativo si llegase a fallar. Esto visto tanto desde la perspectiva de los potenciales oferentes como demandantes; en el primer caso, si se evalúan de forma inadecuada las disponibilidades hídricas y en el segundo, dado lo expuesto, por el riesgo de un suministro que no responda a las expectativas iniciales en términos de continuidad y caudal. Todo ello, sin contar con el gran nivel de inversión que signifique en términos de infraestructura.



- Este proyecto debe respetar los DAA otorgados, pero también aquellos usos consuetudinarios y aquellos títulos existentes que son respetados por las OU aun cuando no estén inscritos en el CBR.
- El trasvase de agua a la zona norte puede significar un impacto negativo en el desarrollo de la agricultura de las cuencas aportantes, la que no solo tiene una importancia económica, sino que también histórica y cultural (modos de vida).

Lo señalado, constituyen aspectos sensibles para la gestión de las OU ante potenciales trasvases o traslados de caudales en general y que debieran ser resueltos para propiciar un potencial proyecto de trasvase que disminuya la generación de externalidades y posibles conflictos.

#### **VI.2.E. Necesidades e intereses de las OU**

Como contrapunto a un potencial proyecto de trasvase tipo carretera hídrica, o bien en respuesta simplemente a las necesidades e intereses que las OU deseaban comunicar en este estudio, se señala:

- La necesidad de construir embalses y obras de acumulación en general, que les permitan aprovechar los excedentes de invierno, dada las situaciones de escasez que experimentan especialmente en verano, siempre que exista factibilidad técnica.
- Se requiere apoyo en materia de eficiencia de riego en particular, en torno a la conducción, es decir, se requiere apoyo para mejorar la condición de los canales, habiendo muchos aún sin revestir.
- Se requiere mejorar el conocimiento acerca de los usuarios de las distintas OU, los roles de los regantes, el estado de sus DAA, etc., que permita una mejor gestión de las JV.
- Se señala la importancia de apoyar de forma global a un mayor fortalecimiento de las OU existentes (entendiendo que también hay numerosas comunidades de aguas).

## CAPÍTULO II: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA ACTUAL Y FUTURA EN LAS CUENCAS ENTRE LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y ARICA Y PARINACOTA.

### VII. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE ANÁLISIS EN CUENCAS DEFICITARIAS

#### VII.1. Metodología de delimitación de Unidades de Análisis

Las Unidades de Análisis (UA), en el caso de cuencas deficitarias, corresponden a zonas o áreas idealmente dentro de una región, delimitadas en base a criterios de demanda de agua, administrativos e hidrológicos, con el fin de realizar los análisis espaciales relacionados a lugares donde sería posible entregar agua por medio de un potencial proyecto de trasvase. El principio básico detrás de la delimitación de las UA, de modo similar a las cuencas excedentarias, fue analizar de demanda de caudales en tres partes mínimas: parte alta, media y baja. De este modo, se procuró tener UA que no fueran más allá de estos límites y tampoco tan extensas en términos de superficie pensando en posibles nodos de entrega.

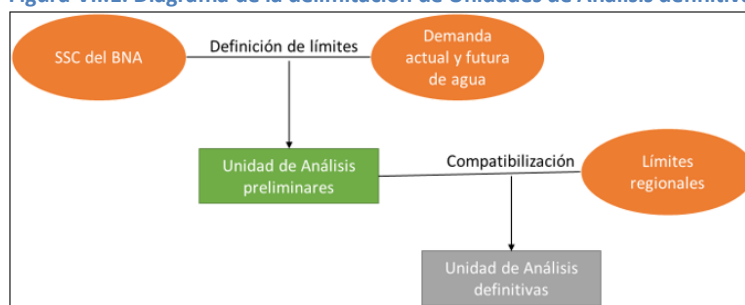
El beneficio de utilizar estas unidades radica en que, al agrupar zonas más pequeñas, es posible realizar las estimaciones de demanda de agua por distintos sectores con mayor precisión, esto se debe a que cualquier error asociado a los análisis espaciales ya sea por ubicaciones erróneas de componentes de interés o falta de información se ve reducido al abordarlas a una escala menor.

La obtención de UA preliminares se realizó en base a la agrupación de subsubcuencas del BNA (SSC del BNA) de Chile, capa vectorial obtenida desde la mapoteca digital de la DGA, teniendo como zona de interés, las regiones de la Zona Norte (desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Valparaíso). Se escogieron las SSC del BNA como base dado que la información disponible de demanda está en gran parte desagregada a este nivel (ver DGA, 2018c). De esta forma, se obtuvieron las UA preliminares.

Luego de obtener las UA en base a la agrupación de SSC del BNA, se ajustaron los límites de las UA en base a los límites de las regiones bajo estudio. Al igual que en el caso de las SSC del BNA, el criterio de ajustarse a los límites regionales se debe a que existe información clave para la determinación de la demanda de los sectores económicos bajo estudio agregada a este nivel.

Finalmente, y tras aplicar los criterios explicados, se obtuvieron las UA definitivas. En la Figura VII.1 se puede observar un diagrama que explica el procedimiento realizado para obtener las UA.

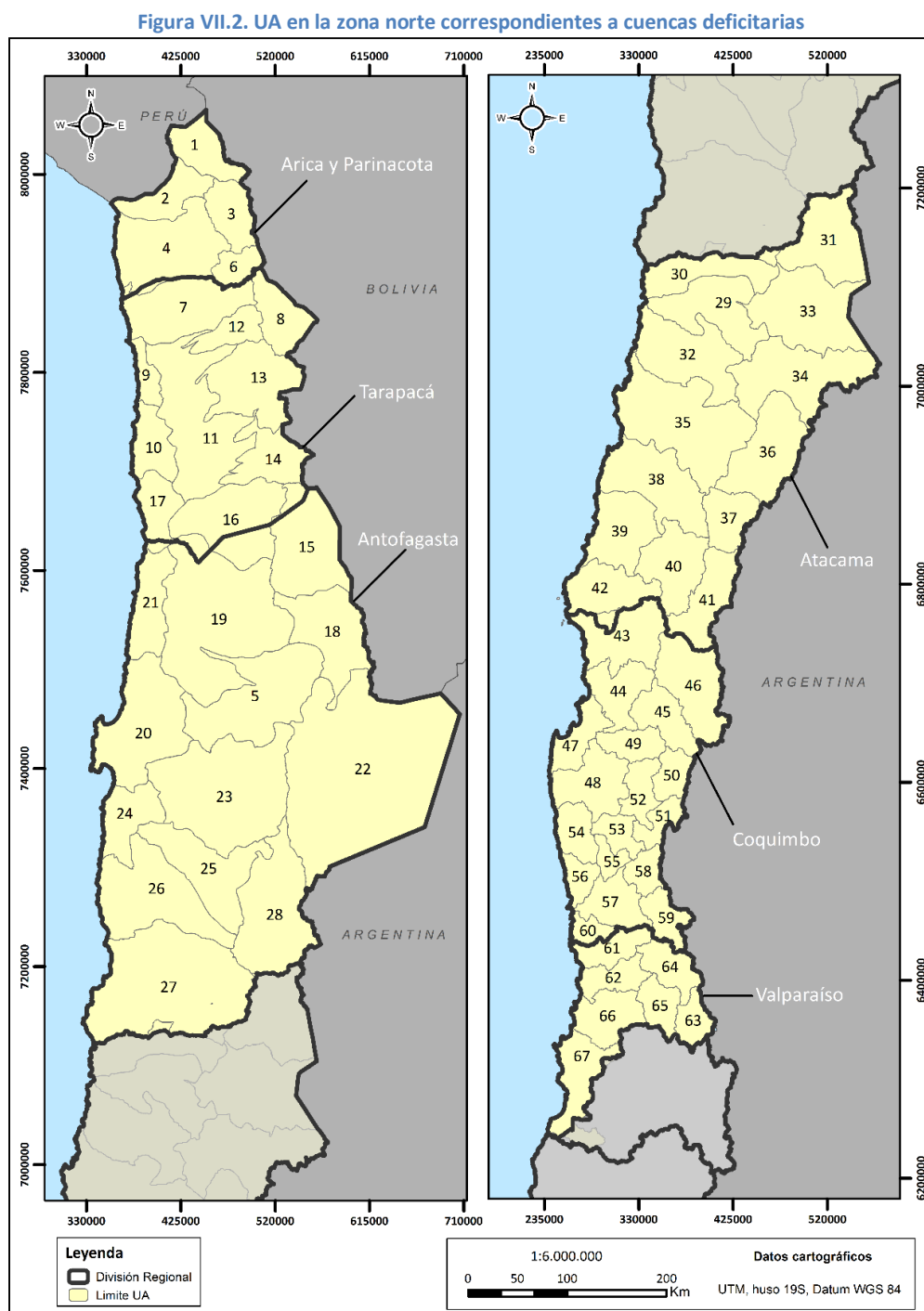
**Figura VII.1. Diagrama de la delimitación de Unidades de Análisis definitivas**



Fuente: Elaboración propia.

## VII.2. Unidades de Análisis

Se definieron un total de 67 UA en las regiones de la zona norte. En la Figura VII.2 se observan los límites y los números identificadores (Id) de cada una, junto con los límites regionales. Se observa, en los casos que fue posible, la división en sectores altos, medios y bajos dentro de la región, además de un mayor número de UA en las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso, debido a la mayor variabilidad de demanda que existe en esta zona, cómo se verá en las secciones siguientes.



Fuente: Elaboración propia.

## VIII. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA ACTUAL

### VIII.1. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Agua Potable

#### VIII.1.A. Agua Potable Urbana

La estimación de la demanda actual del sector sanitario se obtuvo utilizando como insumo principal la información y metodologías del proyecto “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile”, realizado por Hídrica Consultores Spa y Aquaterra Ingenieros LTDA., publicado el año 2018 (DGA, 2018c).

La información base proviene de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), específicamente de los registros del sistema de facturación de clientes regulados, Clientes no regulados (52 BIS<sup>66</sup>) y coberturas (SIFAC II), estudios tarifarios de agua potable y alcantarillado, y planes de desarrollo de concesiones sanitarias vigentes, al año 2015. La información cartográfica de los Territorios Operacionales de las sanitarias se obtuvo de la base de datos de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) del Ministerio de Bienes Nacionales, disponible en línea.

La demanda actual del sector sanitario, para efectos de este estudio, corresponde al agua extraída de las fuentes naturales, la cual es asimilable al agua potable producida. La producción de agua se estima a través del porcentaje de pérdidas de cada sanitaria y el consumo de los clientes o facturación (Ecuación VIII.1.).

#### Ecuación VIII.1. Cálculo de agua producida

$$Pd = \frac{C}{(1 - p)}$$

Donde,

- Pd: Producción (hm<sup>3</sup>/año)
- C: corresponde al consumo o facturación (hm<sup>3</sup>/año)
- p: corresponde al porcentaje de las pérdidas.

El consumo corresponde a la demanda documentada para el año 2015 en el informe comentado anteriormente (DGA, 2018c) y se compone de tres elementos: el consumo de clientes residenciales, de clientes de otros usos y de clientes no regulados (52 BIS).

Los valores de producción fueron calculados a nivel de Territorio Operacional, por lo que se realizaron procesos cartográficos para agregar la información a nivel de UA.

#### VIII.1.B. Agua Potable Rural

La estimación de la demanda actual de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) se obtuvo utilizando como insumo principal la información y metodologías del proyecto “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2018c).

<sup>66</sup> “Clientes que poseen servicios sanitarios pero que se encuentran fuera del área de concesión de las empresas sanitarias, es decir, corresponden a clientes que están en el ámbito rural y/o periurbano y que por disponibilidad de recursos hídricos, capacidad técnica y holguras en la infraestructura sanitaria existente las empresas sanitarias pueden ofrecer sus servicios, siempre y cuando la calidad de la continuidad no se vea afectadas al interior de la zona de concesión” (DGA, 2018c)

La fuente de información principal corresponde a la base de datos de organizaciones de APR de la Subdirección de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Hidráulicas y la información contenida en los informes APR (formularios PR039001) resultado de la asesoría realizada por sanitarias a sistemas de APR, la primera correspondiente al año 2016 y la segunda al año 2015 (DGA, 2018c). En esta se especifican los sistemas de APR, el número de arranques existentes y beneficiarios estimados. Para la estimación de demanda se utiliza el número de arranques y beneficiarios proveniente de los informes APR dado que estos presentan información actualizada. La demanda se calcula según la Ecuación VIII.2.

#### Ecuación VIII.2. Cálculo de demanda actual APR

$$D = B * dot * \frac{365}{1.000.000.000}$$

Donde,

- D: Demanda actual (hm<sup>3</sup>/año)
- B: número de beneficiarios
- dot: dotación (L/hab/día.)

Se utilizó una dotación de 100 L/hab/día para los sistemas de APR de las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo y 140 L/hab/día para la Región de Valparaíso.

Adicionalmente, se consideró en el cálculo de la demanda actual de agua potable rural, a las localidades que no presentan abastecimiento de agua potable, es decir, las localidades aisladas y aquellas incorporadas en el Programa de Localidades Semiconcentradas. Para las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo se utilizó una dotación de 50 L/hab/día, y para la Región de Valparaíso una dotación de 70 L/hab/día. Las localidades fueron identificadas en el estudio de la DGA (2018c).

La información cartográfica de los sistemas de APR proviene del estudio de la DGA (2018c). La información por localidad fue agregada a nivel de UA.

## VIII.2. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Minero

En base a la disponibilidad de información, la demanda hídrica actual por parte del sector minero para la zona de estudio fue estimada al año 2017. Esta estimación fue función de la integración de las demandas hídricas de la gran minería del cobre, la minería metálica no cuprífera (oro, plata y hierro) y la minería no metálica (yodo, nitrato, litio, potasio y ácido bórico).

En términos generales, la demanda hídrica actual del sector se calculó a nivel regional en función de la producción regional de mineral para luego ser desagregada a nivel de UA. La desagregación de la demanda regional se llevó a cabo considerando la ubicación espacial de las faenas activas a 2016 que consumen tanto agua continental como agua de mar. La información catastral georreferenciada de las faenas mineras activas a 2016 se obtuvo desde DGA (2018c).

Además de los niveles de producción, para el cálculo se consideró la tasa unitaria de consumo hídrico para procesos de obtención de mineral fino y la ley del mineral que se extrae. Mientras la tasa unitaria de consumo hídrico está definida como el volumen de agua (m<sup>3</sup>) por tonelada de mineral procesado, la ley del mineral se refiere a la concentración de oro, plata, cobre, etc. presente en las rocas y en el material mineralizado de un yacimiento<sup>67</sup>.

<sup>67</sup> <http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-l/>

La expresión general para el cálculo de la demanda hídrica para 2017 ( $DH_{minería}^{2017}$ ) se expresa de la forma:

### Ecuación VIII.3. Demanda hídrica para la minería

$$DH_{minería}^{2017} = f(\text{Producción}_{2017}, \text{Consumo Unitario de Agua}, \text{Ley del Mineral})$$

A continuación, se describe de manera particular la forma de cálculo para cada tipo de minería considerado.

#### VIII.2.A. Gran minería del cobre

De acuerdo con COCHILCO (2018) la minería del cobre satisface sus requerimientos hídricos desde tres fuentes: aguas continentales, agua de origen oceánico y aguas recirculadas del proceso minero. Sin embargo, para efectos del presente estudio la demanda actual fue estimada asumiendo que toda el agua fresca demandada por la producción de cobre es satisfecha con agua continental.

Siguiendo el enfoque metodológico el cálculo de la demanda hídrica consideró:

- *Producción anual.* El principal supuesto considerado en el cálculo de la demanda hídrica para la minería es que dicha demanda es función directa de los niveles de producción del mineral. Al respecto, se consideró la producción regional desagregada en concentrados y cátodos para 2017. Cada uno de estos dos procesos tiene asociado consumos diferentes de agua.

**Tabla VIII.1. Producción regional (ton/año) de concentrados de cobre y cátodos en 2017.**

Región	Concentrados de cobre (ton/año)	Cátodos (ton/año)
Arica y Parinacota	0	311
Tarapacá	523.920	85.596
Antofagasta	1.560.809	1.321.002
Atacama	451.114	110.653
Coquimbo	378.878	11.069
Valparaíso	269.513	14.070

Fuente: COCHILCO (2018)

- *Tasas unitarias de consumo de agua continental.* Para cada región se consideraron los consumos unitarios de agua continental por tonelada de mineral procesado al año 2017 publicadas por COCHILCO (2018; Tabla VIII.2).

**Tabla VIII.2. Consumo unitario de agua continental por tonelada de mineral procesado o lixiviado por región al año 2017.**

Región	Consumo unitario concentración (m <sup>3</sup> /ton_min)	Consumo unitario hidrometalurgia (m <sup>3</sup> /ton_min)
Arica y Parinacota	NA	ND
Tarapacá	0,53	0,12
Antofagasta	0,31	0,10
Atacama	0,43	0,05
Coquimbo	0,32	0,99
Valparaíso	0,75	0,47

Fuente: COCHILCO (2018)

- *Ley del mineral.* Para estimar el volumen de mineral procesado a partir del volumen de mineral fino se consideró la ley del mineral de cobre actualizada al año 2017 (COCHILCO, 2018). Al respecto, se aplicó

un valor uniforme para toda la zona de estudio el cual correspondió al valor promedio del país (Tabla VIII.3).

**Tabla VIII.3. Ley promedio de mineral de cobre en las operaciones mineras en Chile por tipo de proceso al año 2017.**

Concentradora (%)	Lixiviación (%)
0,80	0,61

Fuente: COCHILCO (2018)

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional de la minería metálica cuprífera corresponde a:

#### Ecuación VIII.4. Demanda hídrica de la minería del cobre

$$DH_{\text{minería cobre},R}^{2017} = \left( \frac{P_{\text{concentrados},R}^{2017}}{lm_{CuS,2017}} \times CU_{CuS,R,2017} \right) + \left( \frac{P_{\text{Lixiviación},R}^{2017}}{lm_{CuO,2017}} \times CU_{CuO,R,2017} \right)$$

Donde,

- $DH_{\text{minería cobre},R}^{2017}$ : Demanda hídrica por parte de la minería del cobre al año 2017 en la región R ( $m^3/año$ ).
- $\frac{P_{\text{concentrados},R}^{2017}}{lm_{CuS,2017}} \times CU_{CuS,R,2017}$ : Demanda hídrica para el año 2017 en la región R si el recurso minero corresponde a sulfuros de cobre.
- $\frac{P_{\text{Lixiviación},R}^{2017}}{lm_{CuO,2017}} \times CU_{CuO,R,2017}$ : Demanda hídrica para el año 2017 en la región R si el recurso minero corresponde a óxidos de cobre.
- $lm_{CuO,2017}$ : Ley de mineral para óxidos de cobre para año 2017 (tonCobre/ton).
- $lm_{CuS,2017}$ : Ley de mineral para sulfuros de cobre para año 2017 (tonCobre/ton).
- $CU_{CuO,R,2017}$ : Consumo unitario correspondiente al proceso de lixiviación en la región R para año 2017 ( $m^3/ton$ ).
- $CU_{CuS,R,2017}$ : Consumo unitario correspondiente al proceso de concentración en la región R para año 2017 ( $m^3/ton$ ).

#### VIII.2.B. Minería metálica no cuprífera

La demanda hídrica de la minería metálica no cuprífera fue estimada en base al recurso demandado por la minería del oro y hierro al año 2017. Respecto a la minería de la plata, la producción de este metal en Chile proviene principalmente de la minería del cobre y del oro, plomo y zinc, siendo un porcentaje minoritario el que se produce directamente de la minería de la plata (SERNAGEOMIN, 2017). Por tal razón, se asume que la demanda hídrica de la minería de la plata es despreciable en relación con la producción de los otros metales. En consecuencia, el cálculo de la demanda hídrica consideró:

- *Producción anual*. Se consideró la producción desagregada a nivel regional. Es importante señalar que la producción de oro en muchos casos corresponde a un subproducto de la minería del cobre (SERNAGEOMIN, 2017). En consecuencia, para estimar la demanda de agua se consideró solo la producción derivada de yacimientos de oro. La desagregación de la producción en función de su procedencia está publicada para 2017 por SERNAGEOMIN (2017).

En relación al hierro, se consideró la producción total de hierro considerando como base la producción total regional al año 2017.

- *Tasas unitarias de consumo* Debido a la inexistencia de información actualizada de carácter público, se adoptó los valores de consumos unitarios por tonelada de mineral producido según lo indicado por el Decreto 743/2005<sup>68</sup> los cuales fueron aplicados de manera uniforme en toda la zona de estudio (Tabla VIII.4)

**Tabla VIII.4. Consumo unitario de agua continental por tonelada de mineral procesado para oro y hierro.**

Mineral	Consumo unitario concentración (m <sup>3</sup> /ton_min)
Oro	0,50
Hierro	0,20

Fuente: Decreto 743/2005<sup>68</sup>.

- *Ley del mineral.* En relación con la ley mineral del oro, para la Región de Antofagasta se consideró un promedio de los valores reportados para 2017 para las faenas El Peñón (Yamana Gold Inc, 2018), Guanaco y Amancaya (Altman, Cox, Moore, & Weir, 2017), que son las únicas faenas identificadas como activas para 2016 (DGA, 2018c). Para la Región de Atacama se consideraron los valores reportados para 2017 por Minera Maricunga (Kinross, 2018). Finalmente, en relación con las regiones de Coquimbo y Valparaíso, debido a la falta de información y siguiendo lo sugerido por la DGA (2018c) se consideraron las leyes señaladas por SERNAGEOMIN (2009 citado por DGA, 2018c). Respecto al hierro se consideró un valor único a toda la zona de estudio (Tabla VIII.5).

**Tabla VIII.5. Ley promedio de mineral de oro en las operaciones mineras por región al año 2017.**

Mineral	Región	Ley de mineral (ton <sub>mineral</sub> /ton)
Oro	Antofagasta	0,00000422 <sup>a</sup>
	Atacama	0,00000051 <sup>b</sup>
	Coquimbo	0,00000027 <sup>c</sup>
	Valparaíso	0,00000027 <sup>c</sup>
Hierro	Atacama	0,482 <sup>c</sup>

Fuente: <sup>a</sup>Yamana Gold Inc (2018), Altman *et al.* (2017); <sup>b</sup>Kinross (2018); <sup>c</sup>DGA (2018c)

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional de la minería metálica no cuprífera corresponde a:

**Ecuación VIII.5. Demanda hídrica de la minería metálica no cuprífera**

$$DH_{\text{minería metálica no cuprífera},R}^{2017} = \left( \frac{P_{\text{oro},R}^{2017}}{lm_{\text{oro}}} \times CU_{\text{oro}} \right) + \left( \frac{P_{\text{hierro},R}^{2017}}{lm_{\text{hierro}}} \times CU_{\text{hierro}} \right)$$

Donde,

- $DH_{\text{minería metálica no cuprífera}}^{2017}$  : Demanda hídrica por parte de la minería metálica no cuprífera al año 2017 en la región  $R$  (m<sup>3</sup>/año).
- $\frac{P_{\text{oro}}^{2017}}{lm_{\text{oro}}} \times CU_{\text{oro}}$  : Demanda hídrica al año 2017 y región  $R$  si el recurso minero corresponde al oro.
- $\frac{P_{\text{hierro}}^{2017}}{lm_{\text{hierro}}} \times CU_{\text{hierro}}$  : Demanda hídrica al año 2017 y región  $R$  si el recurso minero corresponde al hierro.
- $lm_{\text{oro}}$ : Ley de mineral para minería de oro (tonOro/ton).

<sup>68</sup> Decreto 743/2005. Fija tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleja las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas. Ministerio de Obras Públicas.



- $Lm_{hierro}$ : Ley de mineral para minería de hierro (tonOro/ton).
- $CU_{oro}$ : Consumo unitario correspondiente a la minería del oro ( $m^3/ton$ ).
- $CU_{hierro}$ : Consumo unitario correspondiente a la minería del hierro ( $m^3/ton$ ).

### VIII.2.C. Minería no metálica

La demanda hídrica de la minería no metálica fue estimada en base al recurso demandado por la minería del litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato y ácido bórico.

- *Producción anual*. La demanda hídrica actual de cada tipo de mineral no metálico se calculó en función de la producción desagregada a nivel regional para el 2017 (COCHILCO, 2018).
- *Tasas unitarias de consumo*. Debido a la inexistencia de información actualizada de carácter público, los valores de consumos unitarios por tonelada de mineral producido son los que se indican en la Tabla VIII.6. Estos valores se encuentran informados por el Decreto 743/2005<sup>68</sup> y fueron aplicados de manera uniforme en tiempo y espacio en toda la zona de estudio.

Tabla VIII.6. Consumo unitario de agua continental por tonelada de mineral procesado para minerales no metálicos.

Mineral	Consumo unitario concentración ( $m^3/ton\_min$ )
Nitratos	10
Carbonato de litio	20
Cloruro de potasio	2,8
Yodo	1400
Ácido bórico	2,8

Fuente: Decreto 743/2005<sup>68</sup>.

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional de la minería no metálica corresponde a:

#### Ecuación VIII.6. Demanda hídrica de la minería no metálica

$$DH_{minería\ no\ metálica,R}^{2017} = \sum (P_{(Li,I,K,NO-3,H3BO3,R)}^{2017} \times CU_{(Li,I,K,NO-3,H3BO3)})$$

Donde,

- $DH_{minería\ no\ metálica,R}^{2017}$ : Demanda de agua de un mineral no metálico al año  $i$  (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) en la región  $R$  ( $m^3/año$ ).
- $CU_{mineral\ no\ metálico}$ : Consumo unitario de agua de un mineral no metálico (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) ( $m^3/ton\_mineral$ ).
- $P_{(R)}^{2017}$ : Producción regional de un mineral no metálico para el año  $i$  (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) (ton/año).

### VIII.3. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Industrial

El valor de demanda actual para el sector industrial fue obtenido para el año 2015 desde DGA (2018c). En dicho estudio la demanda actual para la zona de estudio se encuentra calculada a nivel regional, de cuenca y de subcuenca, por lo que -para efectos de los objetivos del presente estudio- tuvo que ser agregada a nivel de UA. Al respecto, algunos aspectos generales de importancia declarados en dicho estudio se listan a continuación:

- La inexistencia de una fuente oficial y actualizada de la demanda hídrica de la industria corresponde a la principal dificultad para su estimación tanto actual como futura.
- La demanda hídrica del sector industrial se estimó considerando solo la industria manufacturera (sección C de la CIU revisión IV). Las demás actividades productivas están consideradas “intrínsecamente” dentro de los sectores minero y agrícola.
- Debido a la inexistencia de un registro público del consumo de agua por empresas, la estimación de la demanda hídrica se realizó de forma indirecta a través del análisis de efluentes industriales. Al respecto, se asume la existencia de una proporcionalidad entre las descargas y los volúmenes tomados de las fuentes continentales para cada proceso industrial (DGA, 2018c). En términos generales, y para el caso de la estimación de la demanda actual a nivel regional la formulación matemática del cálculo es (DGA, 2018c):

#### Ecuación VIII.7. Demanda hídrica industrial

$$DH_{r,n}^{2015} = f_n \times D_{r,n}^{2015}$$

Donde,

- $DH_{r,n}^{2015}$ : Demanda hídrica industrial al año 2015 para la región  $r$  ( $m^3/año$ ).
- $D_{r,n}^i$ : Descarga al año 2015 de la  $k$ -ésima industria perteneciente al rubro industrial “ $n$ ” dentro de la región  $r$  ( $m^3/año$ ).
- $f_n$ : Factor de conversión de la descarga correspondiente a un determinado rubro industrial “ $n$ ”.

En consideración al enfoque descrito para el cálculo se consideraron: i) las industrias cuyos efluentes se vierten a un cuerpo superficial, subterráneo o directo al mar y que se encuentran declarados en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) del Ministerio del Medio Ambiente y ii) las industrias cuyos volúmenes de agua se encuentran registrados en el SIFAC II. Al respecto, este segundo grupo de industria corresponde a los clientes regulados industriales con tipo de servicio “solo AS”, es decir, sólo aguas servidas.

Un mayor detalle de la metodología utilizada para la estimación de la demanda actual del sector industrial puede ser revisado en DGA (2018c).

### VIII.4. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Agrícola

En términos generales, el principal consumo de agua asociado a la agricultura es aquel destinado a satisfacer las necesidades de riego de los cultivos, considerando en ello tanto la demanda de evapotranspiración de las plantas como la eficiencia de la tecnología de riego utilizada (Antúnez & Felmer, 2009).

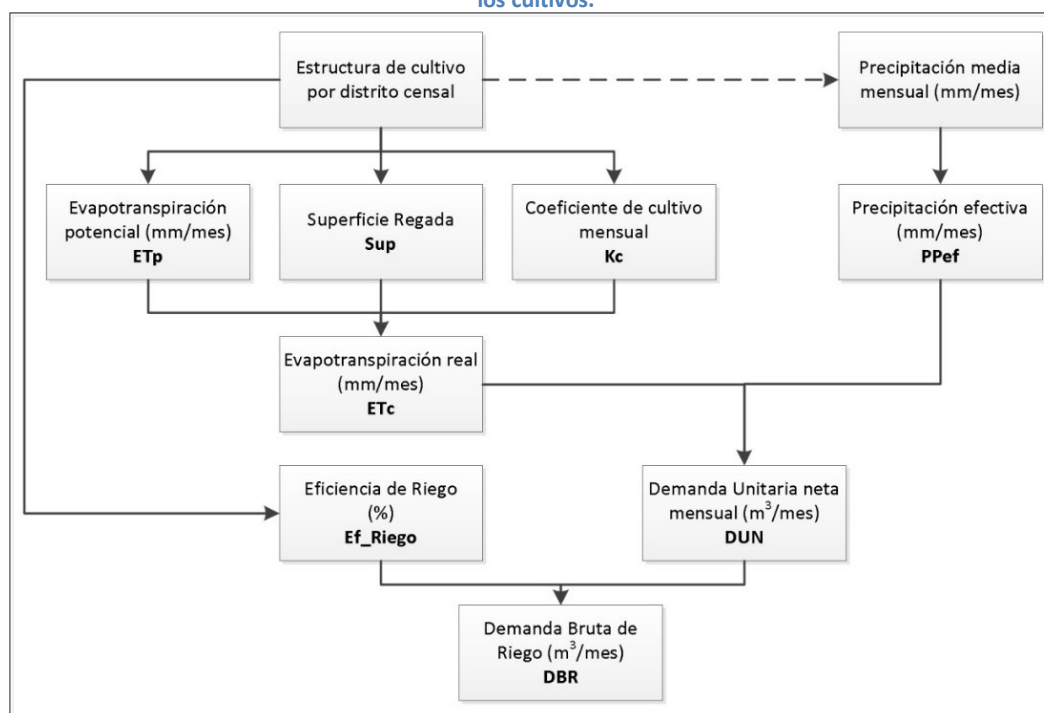
Es importante hacer notar que esta demanda puede entenderse de dos maneras distintas: a) como la cantidad de agua que debiera ser aplicada a los cultivos según las características intrínsecas de cada especie, las características climáticas del lugar donde este cultivo se desarrolla y la tecnología de riego utilizada, y b) como la cantidad de agua que efectivamente se aplica a los cultivos en una zona determinada. En el primer caso se trata de una estimación teórica -basada fundamentalmente en funciones físicas que describen el flujo de agua entre el suelo, la planta y la atmósfera- que se utiliza para calcular los montos de agua a aplicar cuando se busca la mayor eficiencia técnica en el uso del recurso (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006). En el segundo caso se trata más bien de recomendaciones generales para una zona que la industria tiende a seguir, fundamentalmente por su facilidad de aplicación, pero que tienden a exceder los montos requeridos para

alcanzar la máxima eficiencia de riego. Puesto que en este estudio se desea proyectar los potenciales consumos de agua de riego con un horizonte de 30 años aproximadamente y lo esperable es que en este horizonte se tienda al uso más eficiente posible del agua de riego, se decidió estimar las demandas actuales y futuras sobre la base teórica por sobre la base de lo observado actualmente.

Por su parte, la estimación teórica de las necesidades de riego no está exenta de dificultades por cuanto requiere de datos que no necesariamente se encuentran disponibles directamente, en especial para el área de estudio. Por consiguiente, las cifras calculadas en este estudio corresponden a una estimación derivada de los datos existentes sobre superficies de cultivos al nivel de desagregación que es posible conocer por medio de los Censos Nacionales Agropecuarios, Catastros Frutícolas y Vinícolas y las estadísticas productivas agrícolas publicadas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), que luego fueron desagregados a nivel de UA, y del cálculo de las variables climáticas relevantes a partir de estaciones meteorológicas disponibles, con datos históricos suficientes. No obstante, los resultados obtenidos se condicen con valores señalados por expertos y observaciones meteorológicas de data reciente. En los párrafos siguientes se describe en detalle el método utilizado para la estimación de la demanda actual de agua de riego por la agricultura.

La metodología para el cálculo de la Demanda Hídrica se basa en lo realizado en el estudio “Diagnóstico de la Demanda Hídrica en el norte de Chile” (Universidad de Chile, 2013a) y la cual se presenta esquemáticamente en la Figura VIII.1. En términos simples, esta metodología permite estimar, mensualmente, la demanda bruta de riego (DBR) a nivel de una unidad geográfica dada, que para el caso de este estudio corresponde a una UA.

**Figura VIII.1. Esquema representativo de la metodología base para la estimación de la Demanda Hídrica Potencial de los cultivos.**



Fuente: adaptado de Universidad de Chile (Universidad de Chile, 2013a)

A continuación, se describen brevemente esta metodología:

- Estimación de la Superficie Regada actual

El primer paso para estimar la demanda teórica de agua de riego en el área de estudio corresponde a la estimación de las superficies actuales de los distintos cultivos. Las fuentes de datos disponibles para esta estimación provienen del estudio de la DGA (2018c), el cual proyecta la superficie regada al año 2015 en base a la información de los Censos Nacionales Agropecuarios, Catastros Frutícolas y Vinícolas y las estadísticas productivas agrícolas publicadas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Es importante señalar que la información censal sólo se encuentra disponible a nivel de distritos censales. Por esta razón, la demanda de agua de riego de la agricultura se calculó en primera instancia agregada a nivel de distrito censal, siguiendo la metodología que se describe más adelante. Posteriormente esta se agregó a nivel de UA.

- Demanda Unitaria Neta

La Demanda Unitaria Neta ( $DUN$ ; Ecuación VIII.8) corresponde a las necesidades de agua que presentan cada distrito censal en función de los cultivos y se deriva de la diferencia entre la Evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ) y la Precipitación Efectiva ( $P_{pef}$ ) (Allen et al., 2006). La determinación de la  $ET_c$  (Ecuación VIII.9) se obtiene de la relación de la Evapotranspiración Potencial ( $ET_p$ ) y el Coeficiente de Cultivo ( $K_c$ ), el cual estará ponderado por su área de cultivo.

#### Ecuación VIII.8. Demanda Unitaria Neta ( $DUN$ ).

$$DUN = ((ET_c - P_{pef}) \times Sup) \times 10$$

Donde,

- $DUN$ : Demanda Unitaria Neta ( $m^3/mes$ )
- $ET_c$ : Evapotranspiración real de cultivos ( $mm/mes$ )
- $P_{pef}$ : Precipitación efectiva ( $mm/mes$ )
- $Sup$ : Superficie total distrito censal ( $ha$ )

#### Ecuación VIII.9. Evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ).

$$ET_c = ET_p \times \sum_{i=1}^n (k_{ci} \times A_i / AT)$$

Donde,

- $ET_p$ : Evapotranspiración potencial ( $mm/mes$ )
- $K_c$ : Coeficiente de cultivo
- $A_i$ : Área de cultivo
- $AT$ : Área total de subzona
- $n$ : Número de cultivos presentes en la unidad

La  $ET_p$  o evapotranspiración de referencia es la cantidad de agua transpirada por una cubierta vegetal de un cultivo verde corto, sin ser especificado, con un suelo sin limitaciones de agua. Esta variable se puede estimar por medio de distintas fórmulas empíricas que consideran parámetros climáticos tales como radiación solar, temperatura y viento, las cuales están disponibles a nivel de estaciones meteorológicas. En este caso en particular se utilizó la fórmula propuesta por Hargreaves y Samani (1985).

La precipitación efectiva ( $P_{pef}$ ) es la “fracción de la lluvia que estará realmente disponible para satisfacer al menos parte de las necesidades de agua de las plantas”, corresponde al agua precipitada que queda almacenada en la zona de raíces y queda disponible para el aprovechamiento de la planta, es decir, es aquella porción que no se evapora ni escurre superficialmente ni percola en profundidad (FAO, 2000). Para el cálculo de la  $P_{pef}$ , existen metodologías como lo propuesto por Blaney y Criddle modificada por Merlet y

Santibáñez (1989), no obstante, para este estudio se obtendrá según indica FAO (2000), como una fracción de la precipitación media mensual como se indica en la Ecuación VIII.10.

**Ecuación VIII.10. Precipitación efectiva ( $P_{pef}$ ).**

$$P_{pef} = 0,6 \times P_m - 10 \text{ (Si } P_m \leq 70mm)$$

$$P_{pef} = 0,8 \times P_m - 25 \text{ (Si } P_m > 70mm)$$

Donde,

- $P_{pef}$  = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $P_m$  = Precipitación media mensual (mm/mes)

- Demanda Bruta de Riego

La Demanda Bruta de Riego ( $DBR$ ) representa la cantidad de agua que un sistema de riego debe proporcionar, considerando las pérdidas de aguas que estos últimos generan debido a sus ineficiencias (Antúnez & Felmer, 2009). Su estimación está dada por la Ecuación VIII.11.

**Ecuación VIII.11. Demanda Bruta de Riego ( $DBR$ ).**

$$DBR = (DUN / E_{f_{Rieg}})$$

Cada distrito censal presenta diferentes resultados de  $DBR$ , pues dependerá de la estructura de cultivo y de las eficiencias de riego utilizadas.

## IX. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA FUTURA

Otro de los objetivos fundamentales de este estudio fue la estimación de la demanda de agua en la zona norte donde potencialmente se expandirían diversas actividades económicas fruto del trasvase de caudales, es decir, en un contexto en que no existen restricciones para acceder al recurso hídrico, tanto en términos de caudal, como de continuidad. Se proyectó la demanda de cuatro sectores, minero, industrial, sanitario y agrícola. En el caso de los sectores minero, industrial y sanitario, la proyección se desarrolló mediante el uso de series de tiempo. Al respecto, se asumió que el comportamiento futuro de un sector en particular estará condicionado directamente por su comportamiento histórico. Este supuesto se consideró adecuado para el desarrollo de este ejercicio puesto a que: 1) existe una deficiencia en la disponibilidad y acceso a información de carácter técnica (en tiempo y espacio) que permita cuantificar -de forma robusta- el efecto de la disponibilidad y acceso al agua sobre las tasas de crecimiento históricas que ha experimentado cada sector (su estimación permitiría adecuar las condiciones de borde de las simulaciones); 2) se considera que otros factores como las condiciones de mercado (ej. precios de metales y productos, demanda de clientes, etc.) son factores aún más decisivos en la implementación de proyectos en dichos sectores; y 3) el alcance del presente estudio -de carácter exploratorio y técnico con un tiempo limitado- no permite el desarrollo y/o aplicación de métodos que demanda la generación de información y datos actualmente no disponibles en las escalas de tiempo y espacio requeridas. Por lo tanto, no se consideraron cambios “repentinos” en el comportamiento futuro de la demanda, situación que potencialmente puede ocurrir debido a la incertidumbre que existe en los factores condicionantes de la dinámica de cada sector (ej. cambios tecnológicos, situación política y de mercado, precios de los minerales, etc.).

### IX.1. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Agua Potable

#### IX.1.A. Agua Potable Urbana

La estimación de la demanda futura del sector sanitario se obtuvo, al igual que la demanda actual, utilizando como insumo la información y metodologías del proyecto “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile”, (DGA, 2018c). La cartografía utilizada proviene de la base de datos de Infraestructura de Datos Geoespaciales del Ministerio de Bienes Nacionales, disponible en línea, y de la mapoteca de la DGA.

Como se comentó en la sección de demanda actual la demanda del sector sanitario corresponde al agua producida, esta última estimada mediante Ecuación VIII.1, con información de consumo de clientes (Residencial, Otros y No Regulado) y los porcentajes de pérdidas por territorio operacional.

El porcentaje de pérdidas utilizado corresponde al promedio de pérdidas del período 2011 a 2015, este valor se asumió fijo para toda la modelación.

La estimación del consumo de agua potable siguió diferentes estrategias dependiendo del componente de consumo a proyectar, es decir, dependiendo del tipo de cliente (Residencial, Otro, No Regulado). La metodología indicada a continuación corresponde a la aproximación seguida en el Estudio de Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2018c).

En primer lugar, se estimó el consumo de agua Residencial, para esto se consideró la relación entre número de clientes y consumo de los últimos 5 años, esto dado el “supuesto de que el volumen anual

consumido de agua potable es completamente dependiente del número de clientes asociado a la localidad donde se lleva cabo dicho consumo” (DGA, 2018c). Adicionalmente, el estudio indica que existen diferencias en el consumo de agua potable en localidades con un número de clientes mayor a 10.000, por lo cual se abordó la proyección de la demanda en consideración de esa diferencia. De la relación número de clientes v/s consumo (facturación) se extrajo una línea de tendencia la cual se utilizó para la estimación del consumo (Ecuación IX.1). A su vez, y para lograr estimar el consumo residencial al año 2050, se debió proyectar el número de clientes desde 2016 a 2050 (los datos de 2016, 2017 y 2018 se estiman dado que se trabaja en base a la información base proveniente de la SISS 2011 a 2015), para lo cual se utilizó la tasa de crecimiento poblacional publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) hasta el 2020 y proyectada para el periodo 2021 a 2050. Para más información dirigirse a informe antes comentado.

#### Ecuación IX.1. Cálculo de Consumo residencial

$$Cp_x = m * Cl_x + n - (Cp_{2015} - Cr_{2015})$$

Donde,

- $Cp_x$ : consumo proyectado para el año x ( $hm^3/año$ );
- M: pendiente de la recta de la línea de tendencia entre clientes y consumo;
- $Cl_x$ : número de clientes estimados para el año x;
- N: punto de intersección con el eje y;
- $Cp_{2015}$ : consumo proyectado para el 2015 ( $hm^3/año$ );
- $Cr_{2015}$ : consumo real del año 2015 ( $hm^3/año$ ).

En segundo lugar, se estimó el consumo de los clientes asociados al uso “Otros”. El estudio de demanda indicado anteriormente valida la correlación entre el consumo anual de los clientes Otros, y el PIB nacional y el tiempo, a través de esta correlación se obtiene la tasa de crecimiento de la variable consumo de clientes, la cual es utilizada para la estimación de su consumo al año 2050 (DGA, 2018c).

En tercer lugar, dada la escasa información disponible del consumo de los clientes No regulados, este se estima en base al porcentaje del consumo de estos clientes en relación al consumo total por territorio operacional, ya que según DGA (2018) existe una tendencia entre este porcentaje y el consumo total.

Finalmente, se suman los consumos antes mencionados obteniendo el monto consumido por los clientes (facturación) año a año. La producción anual se obtiene al aplicar la Ecuación VIII.1.

Al igual que la demanda actual, los valores de producción fueron calculados a nivel de Territorio Operacional, por lo que se realizaron procesos cartográficos para agregar la información a nivel de UA.

Para mayor información revisar el estudio de la DGA (2018c).

#### IX.1.B. Agua Potable Rural

La estimación de la demanda futura de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) se obtuvo utilizando como insumo principal la información y metodologías del proyecto “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2018c)

Como se comentó en la sección de demanda actual, la fuente de información principal corresponde a la base de datos de organizaciones de APR de la Subdirección de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Hidráulicas y la información contenida en los informes APR (formularios PR039001) resultado de la asesoría realizada por sanitarias a sistemas de APR. Adicionalmente, en la proyección se adicionan las localidades contenidas en el Plan de Localidades Semiconcentradas (PLS) y las localidades sin sistema de APR, ambas

correspondientes al año 2014. Las fuentes de información presentan el número de viviendas o arranques y el número de beneficiarios estimado, de no ser así este fue estimado en el estudio de la DGA (2018c).

El cálculo de la demanda al año 2050 se basa en la proyección de los beneficiarios de cada uno de los ámbitos mencionados, es decir, sistemas de APR existentes, APR en el PLS y localidades sin APR. La proyección de la población se realiza en base a la tasa de crecimiento rural, y posteriormente se utiliza la Ecuación VIII.2 para la obtención de la demanda de agua potable asociada a los sistemas de APR al año 2050.

La dotación utilizada corresponde a la misma indicada en la sección de demanda actual, es decir, 100 L/hab/día para los sistemas de APR de las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo, y 140 L/hab/día para la Región de Valparaíso. Este valor es fijo para la proyección de todo el periodo (2016 a 2050) en las localidades con sistema de APR. En las localidades sin sistema de APR se consideró una dotación de 70 L/hab/día para la Región de Valparaíso y 50 L/hab/día para el resto de las regiones en estudio.

La información cartográfica de los sistemas de APR proviene del estudio de la DGA (2018c). La información por localidad fue agregada a nivel de UA.

## IX.2. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Minero

La estimación de la demanda hídrica proyectada al año 2050 para la zona de estudio por parte del sector minero se realizó en función de la estimación de las demandas hídricas a dicho horizonte de tiempo de la gran minería del cobre, la minería metálica no cuprífera (oro, plata y hierro) y la minería no metálica (yodo, nitrato, litio, potasio y ácido bórico). A continuación, se listan los supuestos generales considerados para su cálculo:

- A pesar de que se espera que el consumo de agua de mar sea cada vez mayor (se proyecta un aumento del 230% al 2029 respecto al consumo esperado para el 2018) (COCHILCO, 2018), para efectos del presente estudio la demanda hídrica futura se estimó asumiendo que el total de la producción de cobre utilizará agua continental para sus diferentes procesos. Esto responde al hecho de que bajo un hipotético escenario en el cual exista una carretera hídrica, ésta entregará agua dulce para satisfacer las necesidades de los diferentes sectores demandantes de recursos hídricos. Además, los consumos unitarios de agua (cantidad de agua (m<sup>3</sup>) utilizada por tonelada de mineral producido) disponible están referidos a dicha fuente de agua (COCHILCO, 2018).
- La proyección de demanda hídrica se estimó en función de la producción regional anual esperada para un año determinado. La proyección de la producción por tipo de mineral se desarrolló siguiendo el enfoque metodológico propuesto por la DGA (2018c). Dicho enfoque considera la proyección de la producción a través del uso de series de tiempo. Al respecto, se asume que el comportamiento futuro de la producción de mineral estará condicionado directamente por su comportamiento histórico.
- La implementación de la proyección mediante series de tiempo se realizó a través del Método de Suavización Exponencial, el cual se ha recomendado para patrones de comportamiento aleatorio (DGA, 2018c).
- Al igual que para el enfoque metodológico seguido para la estimación de la demanda actual, para el cálculo de la demanda hídrica futura se consideró la tasa unitaria de consumo hídrico para procesos de obtención de mineral fino y la ley del mineral que se extrae. Tanto la ley del mineral como el consumo unitario de agua se trataron como variables fijas en el tiempo.



- La proyección de demanda hídrica del sector se realizó a escala regional para luego ser desagregada espacialmente a nivel de UA. La desagregación de la demanda regional se llevó a cabo considerando la ubicación espacial de las faenas activas a 2016 que consumen tanto agua continental como agua mar. La información catastral georreferenciada de las faenas mineras activas a 2016 se obtuvo desde DGA (2018c).

### IX.2.A. Gran minería del cobre

La demanda hídrica total proyectada a 2050 por la gran minería del cobre fue estimada en función de los consumos asociados a los procesos de concentración e hidrometalúrgica. Al respecto, el cálculo de la demanda hídrica consideró:

- *Tasas unitarias de consumo de agua continental.* Para cada región se consideraron los consumos unitarios de agua continental por tonelada de mineral procesado al año 2017 publicadas por COCHILCO (2018, Tabla VIII.2). Este valor se mantuvo constante en el tiempo.
- *Producción anual.* El principal supuesto considerado en el cálculo de la demanda hídrica futura para la minería es que dicha demanda es función directa de los niveles de producción del mineral. Para proyectar esta variable se consideró tanto la producción regional total de mineral de cobre como la producción regional desagregada en concentrados y cátodos. Además, en consideración con lo observado dentro de este subsector, las proyecciones consideran el fuerte cambio en la estructura de producto final de la minería del cobre tal como se indica en COCHILCO (2018) lo cual es estimado con la serie histórica de la producción desagregada. Al respecto, se espera una disminución de la producción hidrometalúrgica y un aumento de la producción de concentrados hacia el futuro, tendencia que se viene observando hace algunos años en especial en las regiones de Antofagasta, Atacama y Tarapacá (COCHILCO, 2018).

De manera particular, la tendencia futura en la producción se estimó tomando como base la serie histórica de la producción total regional comprendida entre 2000 y 2017<sup>69</sup>. Para el caso de la producción desagregada (concentrados y cátodos) se consideró la serie histórica comprendida entre 2010 y 2017<sup>69</sup>.

- *Ley del mineral.* Para estimar el volumen de mineral procesado a partir del volumen de mineral producido se consideró la ley del mineral de cobre actualizada al año 2017. Para esto se aplicó un valor uniforme para toda la zona de estudio el cual correspondió al valor promedio del país (Tabla VIII.3). El valor de esta variable se mantuvo constante en el tiempo.

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional para la minería del cobre corresponde a:

#### Ecuación IX.2. Estimación de la demanda hídrica futura de la minería del cobre

$$DH_{\text{minería cobre},R}^i = \left( \frac{P_{\text{concentrados},R}^i}{lm_{CuS}} \times CU_{CuS,R} \right) + \left( \frac{P_{\text{lixiviación},R}^i}{lm_{CuO}} \times CU_{CuO,R} \right)$$

Donde,

- $DH_{\text{minería cobre},R}^i$  : Demanda hídrica por parte de la minería del cobre al año  $i$  en la región  $R$  ( $m^3/año$ ).
- $\frac{P_{\text{concentrados},R}^i}{lm_{CuS}} \times CU_{CuS,R}$  : Demanda hídrica para el año  $i$  en la región  $R$  si el recurso minero corresponde a sulfuros de cobre.

<sup>69</sup> Estadísticas en <https://www.mineriaabierta.cl/estadisticas/>

- $\frac{P_{Lixiviación,R}^i}{lm_{CuO}} \times CU_{CuO,R}$ : Demanda hídrica para el año  $i$  en la región  $R$  si el recurso minero corresponde a óxidos de cobre.
- $lm_{CuO}$ : Ley de mineral para óxidos de cobre (tonCobre/ton).
- $lm_{CuS}$ : Ley de mineral para sulfuros de cobre. (tonCobre/ton).
- $CU_{CuO,R}$ : Consumo unitario correspondiente al proceso de lixiviación en la región  $R$  (m<sup>3</sup>/ton\_mineral).
- $CU_{CuS,R}$ : Consumo unitario correspondiente al proceso de concentración en la región  $R$  (m<sup>3</sup>/ton\_mineral).

### IX.2.B. Minería metálica no cuprífera

La demanda hídrica de la minería metálica no cuprífera fue estimada en base al recurso demandado por la minería del oro y hierro. Para el cálculo de la demanda hídrica futura se consideró:

- *Producción anual*. Producción desagregada a nivel regional y derivada sólo de yacimientos de oro. La desagregación de la producción en función de su procedencia está publicada para el periodo 2014-2017 por SERNAGEOMIN (2017).
  - Oro: se proyectó la producción total de oro considerando como base la serie histórica de la producción total regional comprendida entre 2000 y 2017<sup>70</sup>. Para estimar la producción de oro fino desde faenas no cupríferas, la producción total proyectada para un año en particular se ajustó multiplicando su valor por la fracción promedio de la producción proveniente de faenas no cupríferas calculada para el periodo 2014-2017.
- Hierro: se proyectó la producción total de hierro considerando como base la serie histórica de la producción total regional comprendida entre 2000 y 2017.
- *Tasas unitarias de consumo*. Debido a la inexistencia de información actualizada de carácter público, los valores de consumos unitarios por tonelada de mineral producido son los que se indican en la Tabla VIII.4. Estos valores se encuentran informados por el Decreto 743/2005<sup>68</sup> y fueron aplicados de manera uniforme en toda la zona de estudio. El valor de esta variable se mantuvo constante en el tiempo.
- *Ley del mineral*. Se consideraron los valores de esta variable que se muestran en la Tabla VIII.5.

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional de la minería metálica no cuprífera corresponde a:

#### Ecuación IX.3. Demanda hídrica futura de la minería metálica no cuprífera

$$DH_{\text{minería metálica no cuprífera},R}^i = \left( \frac{P_{\text{oro},R}^i}{lm_{\text{oro}}} \times CU_{\text{oro}} \right) + \left( \frac{P_{\text{hierro},R}^i}{lm_{\text{hierro}}} \times CU_{\text{hierro}} \right)$$

Donde,

- $DH_{\text{minería metálica no cuprífera}}^i$ : Demanda hídrica por parte de la minería metálica no cuprífera al año  $i$  en la región  $R$  (m<sup>3</sup>/año).
- $\frac{P_{\text{oro}}^i}{lm_{\text{oro}}} \times CU_{\text{oro}}$ : Demanda hídrica al año  $i$  y región  $R$  si el recurso minero corresponde al oro
- $\frac{P_{\text{hierro}}^i}{lm_{\text{hierro}}} \times CU_{\text{hierro}}$ : Demanda hídrica al año  $i$  y región  $R$  si el recurso minero corresponde al hierro

<sup>70</sup> <https://www.mineriaabierta.cl/estadisticas/produccion-minera/>

- $Lm_{oro}$ : Ley de mineral para minería de oro (tonOro/ton).
- $Lm_{hierro}$ : Ley de mineral para minería de hierro (tonHierro/ton).
- $CU_{oro}$ : Consumo unitario correspondiente a la minería del oro ( $m^3/ton_{mineral}$ ).
- $CU_{hierro}$ : Consumo unitario correspondiente a la minería del hierro ( $m^3/ton_{mineral}$ ).

### IX.2.C. Minería no metálica

La demanda hídrica de la minería no metálica fue estimada en base al recurso demandado por la minería del litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato y ácido bórico.

- *Producción anual*. La proyección de la demanda hídrica de cada tipo de mineral no metálico se calculó en función de la serie temporal de producción desagregada a nivel regional para el periodo 2000-2017 (COCHILCO, 2018).
- *Tasas unitarias de consumo*. Los valores mostrados en la Tabla VIII.6 fueron aplicados de manera uniforme en tiempo y espacio en toda la zona de estudio.

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional de la minería no metálica corresponde a:

#### Ecuación IX.4. Demanda de agua futura de mineral no metálico

$$DH_{minería\ no\ metálica,R}^i = \sum (P_{(Li,I,K,NO-3,H3BO3,R)}^i \times CU_{(Li,I,K,NO-3,H3BO3)})$$

Donde,

- $DH_{minería\ no\ metálica,R}^i$ : Demanda de agua de un mineral no metálico al año  $i$  (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) en la región  $R$  ( $m^3/año$ ).
- $CU_{mineral\ no\ metálico}$ : Consumo unitario de agua de un mineral no metálico (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) ( $m^3/ton_{mineral}$ ).
- $P_{(R)}^i$ : Producción regional de un mineral no metálico para el año  $i$  (litio, yodo, cloruro de potasio, nitrato o ácido bórico) (Ton/año).

### IX.3. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Industrial

Para la estimación de la demanda hídrica del sector industrial se extendió a 2050 la serie temporal proyectada a 2040 por la DGA (2018c), siguiendo el mismo enfoque metodológico. Algunos aspectos generales de importancia están listados en la sección VIII.3. Estimación de la demanda de agua actual del Sector Industrial.

El supuesto central considerado para proyectar la demanda hídrica futura es que esta variable es de naturaleza estocástica por lo que la proyección de la demanda de agua futura puede ser estimada a través del uso de series de tiempo. Se asume, además, que el comportamiento futuro de dicha variable estará condicionado directamente por su comportamiento histórico. Sin embargo, y debido a que la DGA (2018c) solo pudo acceder a datos de las descargas puntuales para los años 2013, 2014, 2015, no se consideró adecuado considerar dicha serie de tiempo para efectuar la proyección. Como solución se optó por utilizar el PIB sectorial regional para estimar de manera indirecta la demanda hídrica futura. Las razones que respaldan el uso de esta variable responden a que i) el PIB sectorial explica el comportamiento de la

producción industrial en el tiempo y ii) existe una cantidad suficiente de datos en el tiempo para el periodo 2008-2014 que permite construir una serie de tiempo.

Al igual que para el caso de la minería, la implementación de la proyección mediante series de tiempo se realizó a través del Método de Suavización Exponencial, se ha recomendado para patrones de comportamiento aleatorio, sin requerir una longitud de datos muy extensa (DGA, 2018c).

La formulación matemática para la estimación de la demanda hídrica regional del sector industrial manufacturero corresponde a:

#### Ecuación IX.5. Demanda hídrica futura industrial

$$DH_{industria\_R}^i = \frac{PIB_r^i}{PIB_r^{2014}} \times DH_{r,n}^{2015}$$

Donde,

- $DH_{industria\_R}^i$ : demanda hídrica industrial proyectada para el año  $i$  en la región  $R$  ( $m^3/año$ ).
- $PIB_r^i$ : PIB industrial proyectado al año  $i$  para la región  $R$
- $PIB_r^{2014}$ : PIB industrial regional registrado al año base 2014.
- $DH_{r,n}^{2015} = f_n \times D_{r,n}^{2015}$ : demanda hídrica actual valorada al año 2015 donde:
- $DH_{r,n}^{2015}$ : Demanda hídrica industrial al año 2015 para la región  $r$  ( $m^3/año$ ).

Un mayor detalle de la metodología utilizada para la estimación de la demanda futura del sector industrial en DGA (2018c).

### IX.4. Estimación de la demanda de agua futura del Sector Agrícola

La estimación de la demanda hídrica futura por parte del sector agrícola consideró el desarrollo de dos etapas principales:

- **Etapla 1.** Selección de cultivos y evaluación de aptitud agrícola del área de estudio
- **Etapla 2.** Generación de escenarios para el uso del suelo y cálculo de demanda hídrica

Al respecto, se asume que producto del aumento de la oferta hídrica como consecuencia de la construcción de una carretera hídrica la agricultura será el sector económico que mayor impacto sufrirá tanto en términos de la superficie agrícola potencialmente a expandir como en la estructura misma de los cultivos.

Al igual que para los distintos sectores económicos considerados en el presente estudio, la demanda hídrica fue estimada a escala regional y luego fue desagregada a nivel de UA.

#### IX.4.A. Selección de la matriz de cultivos y evaluación de aptitud agrícola

A diferencia del análisis desarrollado para los sectores minero, industrial y sanitario, para el caso de la agricultura el escenario a proyectar a 2050 no puede ser construido en base al comportamiento histórico del sector en la zona de estudio. Esta característica distintiva responde a una condición en la cual el aumento de la oferta hídrica puede promover la introducción de nuevos cultivos sin precedentes en la zona norte del país. En consecuencia, para la construcción de un escenario plausible de uso de la tierra se seleccionó un conjunto de cultivos sobre la base de expectativas de mercado, su adaptabilidad a la zona de estudio y representatividad dentro de la matriz agrícola histórica a nivel nacional.

Al respecto, se asume que la fruticultura sería el subsector agrícola que respondería de mejor manera a los factores antes mencionados y por lo tanto al subsector que mayores beneficios obtendría con la construcción de una carretera hídrica. Dentro de las características que describen históricamente a la fruticultura están: i) sus altos niveles de rentabilidad promedio histórico con relación a otros subsectores, ii) altas expectativas de mercado en especial en relación al surgimiento de nuevos destinos de exportación (ej., China), iii) a la existencia de especies y variedades con un alto potencial de adaptación a la zona estudio y iv) al alto nivel de tecnificación que caracteriza su manejo en el país lo que permitiría su introducción bajo diferentes condiciones edáficas.

En consideración con el punto anterior, se seleccionó un conjunto de especies frutales en base a su desarrollo histórico a nivel nacional, grado de participación en las exportaciones agrícolas, rentabilidad a nivel nacional y alto potencial agronómico para desarrollarse en la zona de estudio habiendo recursos hídricos disponibles. Las especies frutales seleccionadas correspondieron a: Vid, Nogal, Palto, Limonero, Naranja, Mandarino, Cerezo, Arándano y Olivo.

Tal como se mencionó al inicio de la sección, se asume que al no existir limitaciones hídricas para el desarrollo de la agricultura es esperable la introducción de nuevas especies de frutales que hasta el día de hoy no forman parte de la estructura de cultivos tradicional en el área de estudio.

Una vez seleccionado el grupo de cultivos se llevó a cabo la evaluación de la aptitud agrícola de la zona de estudio. Este ejercicio tuvo como objetivo central definir en el espacio -y en función de variables climáticas y topográficas- las zonas en la cuales potencialmente se pueden establecer los frutales seleccionados. El resultado fue la obtención de mapas de aptitud agrícola para cada frutal, los cuales describen las zonas con mayor aptitud dentro de un territorio en particular para el establecimiento de cada especie frutal seleccionada.

La identificación de zonas aptas para cada especie frutal demandó la caracterización de sus requerimientos climáticos los cuales se muestran en la Tabla IX.1. Estos requerimientos climáticos se evaluaron en conjunto con las características climáticas de la zona de estudio para definir las zonas de adaptabilidad.

**Tabla IX.1. Requerimientos climáticos de los cultivos**

Cultivo	T° mín. de crecimiento	T° Estrés térmico	T° Crítica por helada	Horas frío	Días Grado
Vid	10	35	-2	500-1.400	>1.200
Nogal	10	38	-2	700-1.000	1.300-1.700
Palto	10	35	-1	---	>1.500
Limonero	12	42	-1	---	1.500-1.850
Naranja	10	39	-1,5	---	1.470-1.800
Mandarino	12	42	-1,5	---	1.500-1.820
Cerezo	7	35	1,5	400-1.500	300-700
Arándano	10	29	-4,5	400-1.000	490-500
Olivo	10	40	-1	100-300	1.400-1.800

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la Tabla IX.1 para la evaluación de la aptitud del territorio se consideraron cinco variables climáticas determinantes<sup>71</sup>. Cada una de estas variables establece en forma independiente las condiciones en cuanto a la aptitud para el establecimiento del cultivo, conforme son los rangos de sus parámetros establecidos mediante el estudio de los requerimientos ecológicos de las especies. De esta

<sup>71</sup> La descripción de las variables climáticas utilizadas para determinar la aptitud de los cultivos revisar el apéndice XVIII.8. Requerimientos Climáticos de los Cultivos.

manera, con la evaluación de cada variable por separado se obtiene una aproximación parcial respecto de la aptitud del terreno para un cultivo determinado. La aptitud agrícola final para un cultivo resulta de la evaluación conjunta o integración de todas estas variables. Para el procedimiento de integración de aproximaciones parciales fue utilizado como criterio rector el concepto de “Factor limitante”, el cual implica la eliminación de todos aquellos sectores donde al menos una de las variables climáticas utilizadas tiene características limitantes (excluyentes) para el establecimiento del cultivo.

Es importante mencionar que para la evaluación de aptitud agrícola no se consideró información de las características edáficas debido a que no se cuenta con información detallada de profundidad y textura y a que se plantea que las nuevas áreas a cultivar contarán con un nivel de tecnificación que permite desestimar la calidad del suelo.

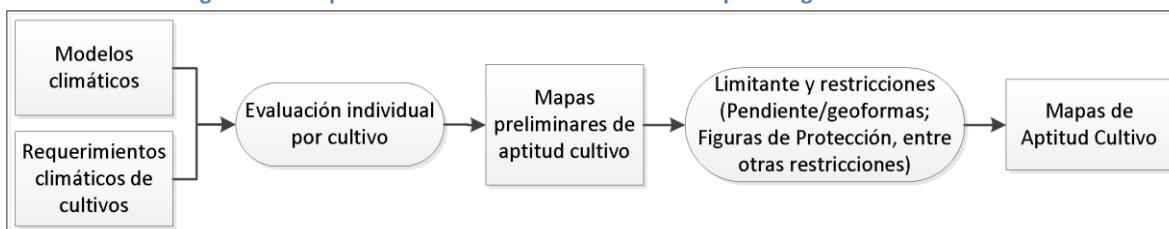
Finalmente, dentro de los mapas obtenidos se identificaron aquellos sectores del territorio que presentan restricciones relacionadas a características geomorfológicas y relativas al uso del suelo. Los mapas finales de aptitud consideraron sólo condiciones de la forma del terreno (valle y ondulada) y que estuviesen dentro de los rangos de pendiente que se muestran en la Tabla IX.2. Se excluyeron todas las zonas que contienen figuras de protección tales como Parques Nacionales, además de lugares que presentan actividad agrícola actual, ciudades y pueblos, cuerpos de agua, entre otras. La Figura IX.1 muestra un esquema de los principales pasos metodológicos seguidos para la obtención de los mapas de aptitud de cultivo.

**Tabla IX.2. Rangos óptimos de pendiente para el establecimiento de los cultivos seleccionados.**

Cultivo	Pendiente
Vid	2-6%; limitación leve hasta 10%
Nogal	Hasta 10%
Palto	Limitación leve de 11-20%
Limonero	Hasta 30%; limitación leve es hasta 10%
Naranja	Hasta 30%; limitación leve hasta 10%
Mandarino	Hasta 30%; limitación leve es hasta 10%
Cerezo	Hasta 30%; limitación leve es hasta 10%
Arándano	2-6%
Olivo	Limitación leve 11-20%

Fuente: Elaboración propia.

**Figura IX.1. Esquema del modelo de evaluación de la aptitud agrícola del territorio.**



Fuente: Elaboración propia

#### IX.4.B. Generación de escenarios para el uso del suelo y cálculo de demanda hídrica

Para la estimación de la demanda hídrica de la agricultura, se requiere haber proyectado la estructura de cultivos con sus superficies asociadas al año 2050. Al respecto, la estructura de cultivos corresponde a la combinación óptima de los cultivos en cada UA.

Se recuerda que, fruto de la actividad anterior IX.4.A. Selección de la matriz de cultivos y evaluación de aptitud agrícola se tiene un grupo de cultivos con aptitud óptima en cada UA derivada del análisis físico del

territorio. De este grupo de cultivos, se espera que solo un conjunto ocupe el espacio agrícola apto en cada UA al año 2050.

La selección de los cultivos para cada Unidad puede establecerse en función de múltiples criterios, cada uno de los cuales puede dar origen a una selección de cultivos diferente dependiendo del enfoque que sea aplicado. En esta ocasión, en consideración con el objetivo de proyectar la demanda hídrica del sector agrícola al año 2050, se decidió utilizar criterios relacionados a aspectos de productividad agrícola y la rentabilidad económica, que justifiquen la inversión que puede significar llevar agua de riego hasta estos sectores a partir de una eventual “carretera hídrica”.

La selección y distribución de los cultivos en el espacio para 2030, 2040 y 2050 se realizó en base a una evaluación multicriterio llevada a cabo en SIG. Esta evaluación se alimentó de información proveniente de la evaluación económica para cada cultivo a nivel regional, de las superficies potenciales máximas esperables para cada tipo de cultivo para los años 2030, 2040 y 2050, de los mapas de aptitud de cultivos desarrollados en la etapa precedente y de la superficie agrícola actual.

En términos generales, el crecimiento potencial en superficie de los cultivos seleccionados al año 2050 se proyectó tomando como base las tasas de crecimiento histórico experimentadas por estos cultivos entre los años 1992 y 2018 en el país<sup>72</sup>. La información de la superficie histórica de los frutales se obtuvo desde los catastros frutícolas levantados a nivel regional por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

El crecimiento futuro de la superficie por frutal se proyectó considerando dos escenarios:

- **Escenario 1.** Este escenario denominado “conservador” considera el crecimiento en superficie de un cultivo en función de las tasas de crecimiento anual experimentadas por dicho cultivo a nivel nacional.
- **Escenario 2.** Este escenario denominado “optimista” considera el crecimiento en superficie de un cultivo tomando en consideración las tasas de crecimiento representativas de la región en la cual dicho cultivo experimentó el mayor crecimiento durante el periodo 1992-2018.

Importante es señalar que se asume una condición en que no existen restricciones hídricas para desarrollar el potencial frutícola de la zona de estudio, por lo que se espera que la fruticultura se expanda a tasas similares a aquellas que describen una condición en la que el agua no corresponde al principal factor limitante para la producción.

El máximo potencial de hectáreas a adicionar por cultivo está condicionado por su tasa de crecimiento y la superficie máxima apta disponible para su establecimiento en la zona de estudio.

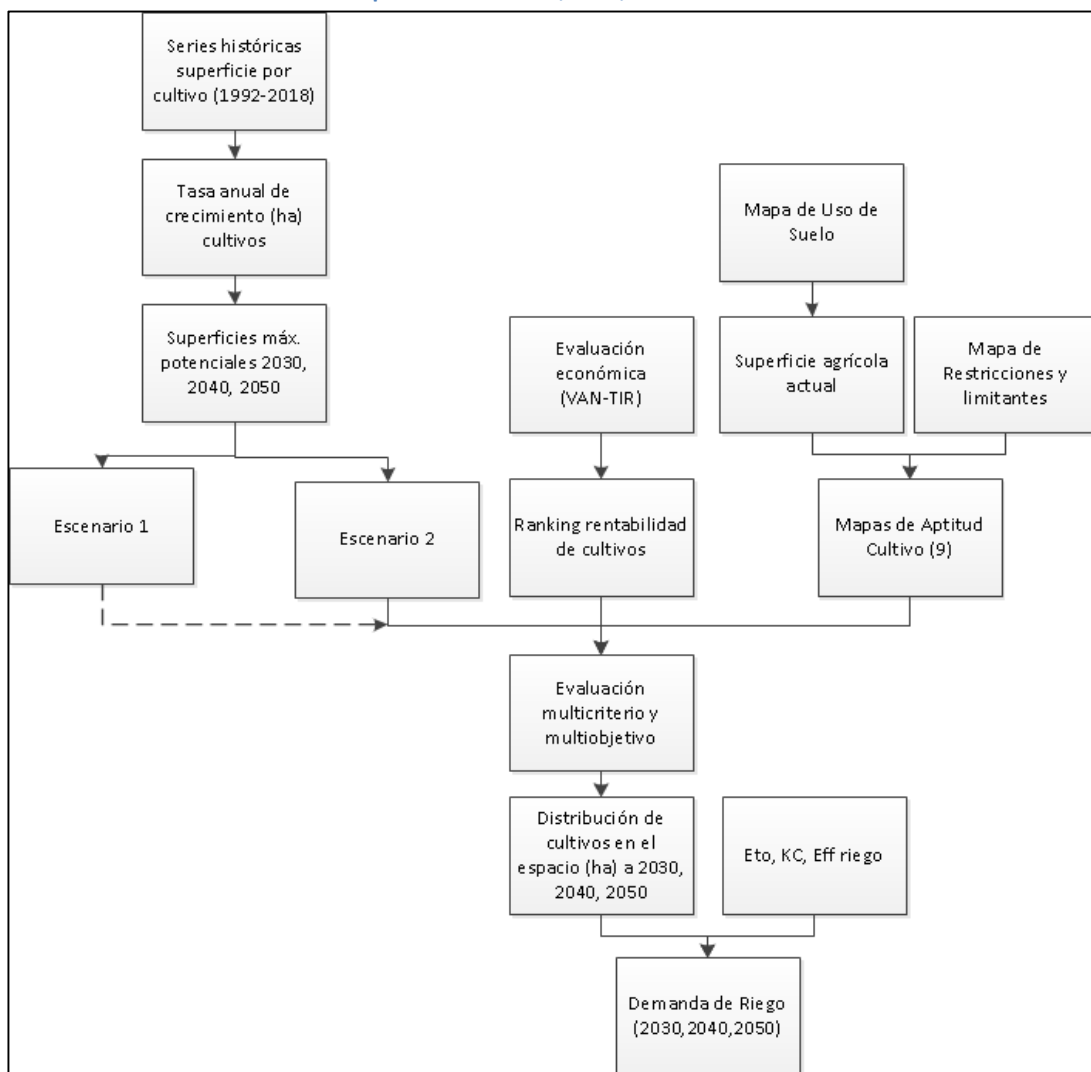
En la Figura IX.2 se muestran los principales pasos metodológicos seguidos para el cálculo en el espacio de la demanda hídrica del sector agrícola.

---

<sup>72</sup> Al igual que lo explicitado para el caso de los sectores minero, industrial y sanitario el supuesto se considera adecuado para efectos del alcance del presente estudio. Se reconoce que: 1) las tasas de crecimiento adoptadas para estimar el crecimiento agrícola futuro reflejan el comportamiento de todos los factores condicionantes del desarrollo de los cultivos en las zonas en donde las tasas fueron calculadas. Al respecto, es posible que la disponibilidad y/o acceso al agua haya sido un factor condicionante, sin embargo, la insuficiencia de información desagregada por factor (en tiempo y espacio) impidió – en relación al alcance del presente estudio – estimar el peso que cada factor tiene sobre dichas tasas. Sin esta información no fue posible estimar una tasa de crecimiento que refleje una condición en la cual la disponibilidad y/o acceso al agua haya sido nula. Sin embargo, - los escenarios cuantificados a 2050 - en particular bajo el escenario optimista - reflejan un crecimiento de la superficie agrícola que supone una restricción hídrica muy baja. Esto último debido a que las tasas consideradas describen un escenario en el cual los cultivos se desarrollaron bajo óptimas condiciones en regiones en las cuales muy probablemente el recurso hídrico no fue el mayor condicionante.

2) Se considera que otros factores como las condiciones de mercado, disponibilidad de mano de obra, infraestructura, entre otras han sido igual y/o aún más decisivos en el desarrollo histórico de la agricultura (en particular de la fruticultura). En consideración al enfoque metodológico, el potencial efecto de estos factores en las simulaciones futuras deriva de su comportamiento histórico el cual se representa de manera implícita en la tasa de crecimiento utilizada.

Figura IX.2. Esquema metodológico adoptado para el cálculo de la demanda hídrica futura del sector agrícola para los años 2030, 2040, 2050.



Fuente: Elaboración propia.



## X. RESULTADOS DE LA DEMANDA ACTUAL DE AGUA

### X.1. Perfil de la demanda actual de agua del Sector Agua Potable

#### X.1.A. Agua Potable Urbana

La demanda hídrica actual para el sector sanitario fue estimada para el año 2015, dada la disponibilidad de información, y se muestra en la Tabla X.1 a nivel de región y UA. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los mayores valores de demanda hídrica se registran en la Región de Valparaíso (0,173 hm<sup>3</sup>/año), seguido de las regiones de Coquimbo (0,55 hm<sup>3</sup>/año) y Antofagasta (0,54 hm<sup>3</sup>/año), situación explicada por el número de clientes residenciales, principalmente. Cabe destacar que los montos expuestos en la Tabla X.1 corresponden a la producción del agua potable, como se indica en la metodología.

Tabla X.1. Demanda hídrica actual del sector sanitario por región y Unidad de Análisis

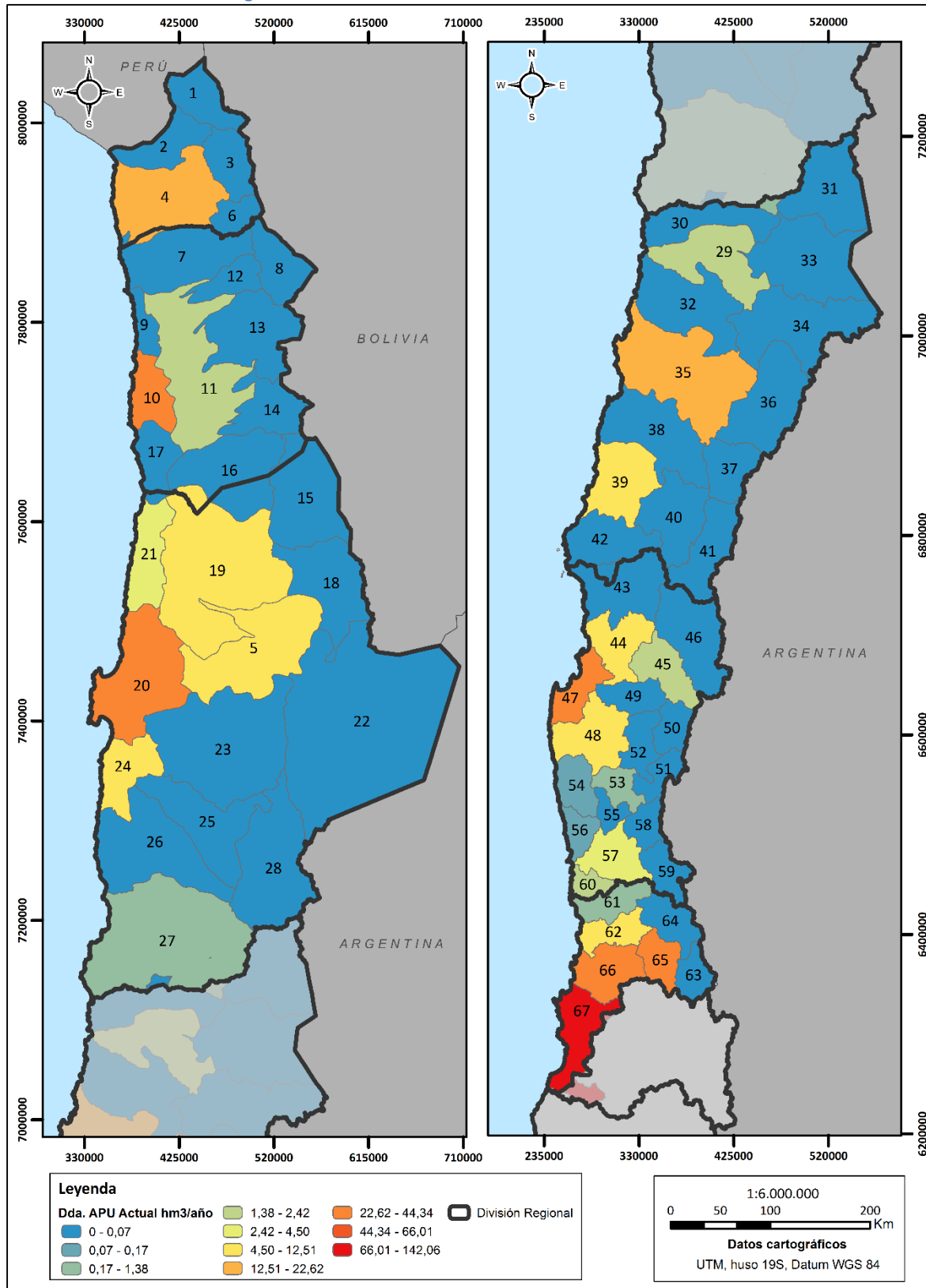
Región	UA	Producción mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
Arica y Parinacota	1-3; 6	0,00	0,00	0,6
	4	1,58	19,00	
Tarapacá	7-8; 12-14; 16-17	0,00	0,00	1,09
	9	0,00	0,04	
	10	2,67	32,02	
	11	0,18	2,19	
Antofagasta	5	0,64	7,72	1,71
	15-18; 22-23; 25-26; 28	0,00	0,00	
	19	0,59	7,03	
	20	2,17	26,05	
	21	0,21	2,49	
	24	0,81	9,68	
Atacama	27	0,09	1,04	0,81
	30-31; 33-34; 36-38; 40-42	0,00	0,00	
	29	0,17	2,04	
	32	0,00	0,03	
	35	1,51	18,10	
Coquimbo	39	0,45	5,39	1,75
	43; 46; 49-52; 58-59	0,00	0,00	
	44	0,93	11,21	
	45	0,14	1,67	
	47	2,32	27,82	
	48	0,74	8,92	
	53	0,04	0,51	
	54	0,01	0,11	
	55	0,00	0,02	
	56	0,01	0,10	
57	0,27	3,22		
Valparaíso	60	0,13	1,57	5,49
	61	0,05	0,59	
	62	0,47	5,64	

Región	UA	Producción mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
	63	0,00	0,00	
	64	0,00	0,02	
	65	1,97	23,61	
	66	2,7	32,39	
	67	9,25	110,98	

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c)

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura X.1 muestra que, en general, la demanda se concentra en las zonas cercanas a la costa o en la zona central de las regiones, esto se debe a la ubicación de las ciudades que presentan servicios de agua potable provistos por empresas sanitarias. La Región de Valparaíso es la que presenta menor número de UA con baja demanda hídrica en relación al número total de UA, específicamente el 28% de sus unidades presentan baja demanda, esta situación se explica en la distribución de las ciudades en la región, presentando asentamientos con servicios sanitarios provistos por empresas sanitarias en 5 de sus 7 UA. El resto de las regiones presentan entre un 50 a 80% de unidades en esta condición.

Figura X.1. Demanda Hídrica actual anual del sector sanitario



Fuente: Elaboración propia.

### X.1.B. Agua Potable Rural

La demanda hídrica actual de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) fue estimada para el año 2015, de acuerdo la información más actualizada disponible, y se muestra en la Tabla X.2 a nivel de región y por UA. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los mayores valores de demanda hídrica se registran en la Región de Valparaíso (11,42 hm<sup>3</sup>/año), seguido de las regiones de Coquimbo (6,47 hm<sup>3</sup>/año) y Atacama (0,70 hm<sup>3</sup>/año), asociado al número de arranques/viviendas existentes en estas regiones en el sector rural.

**Tabla X.2. Demanda hídrica actual del Agua Potable Rural por región y Unidad de Análisis**

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
Arica y Parinacota	1	0,003	0,037	0,02
	2	0,019	0,229	
	3	0,001	0,016	
	4	0,028	0,340	
	6	0,000	0,001	
Tarapacá	7	0,008	0,091	0,01
	8	0,005	0,057	
	9; 14	0,000	0,000	
	10	0,004	0,047	
	11	0,003	0,033	
	12	0,002	0,018	
	13	0,013	0,154	
	16	0,001	0,006	
Antofagasta	17	0,002	0,019	0,02
	5	0,001	0,010	
	15	0,001	0,011	
	18	0,009	0,112	
	19	0,000	0,004	
	20	0,000	0,003	
	21	0,003	0,031	
	22	0,025	0,306	
	23-25; 28	0,000	0,000	
26	0,002	0,021		
Atacama	27	0,000	0,004	0,02
	29	0,000	0,002	
	30	0,000	0,002	
	31; 37	0,000	0,000	
	32	0,000	0,002	
	35	0,008	0,100	
	36	0,000	0,001	
	38	0,001	0,011	
	39	0,012	0,143	
	40	0,026	0,313	
	41	0,003	0,040	
42	0,007	0,088		
Coquimbo	43	0,023	0,279	0,21
	44	0,054	0,642	

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
	45	0,053	0,633	
	46	0,001	0,010	
	47	0,050	0,598	
	48	0,110	1,318	
	49	0,024	0,282	
	50	0,001	0,010	
	51	0,005	0,056	
	52	0,056	0,673	
	53	0,028	0,336	
	54	0,002	0,025	
	55	0,001	0,014	
	56	0,015	0,178	
	57	0,066	0,790	
	58	0,002	0,023	
	59	0,018	0,216	
	60	0,033	0,390	0,36
Valparaíso	61	0,066	0,787	
	62	0,114	1,369	
	63	0,015	0,178	
	64	0,012	0,138	
	65	0,143	1,721	
	66	0,499	5,986	
	67	0,104	1,245	

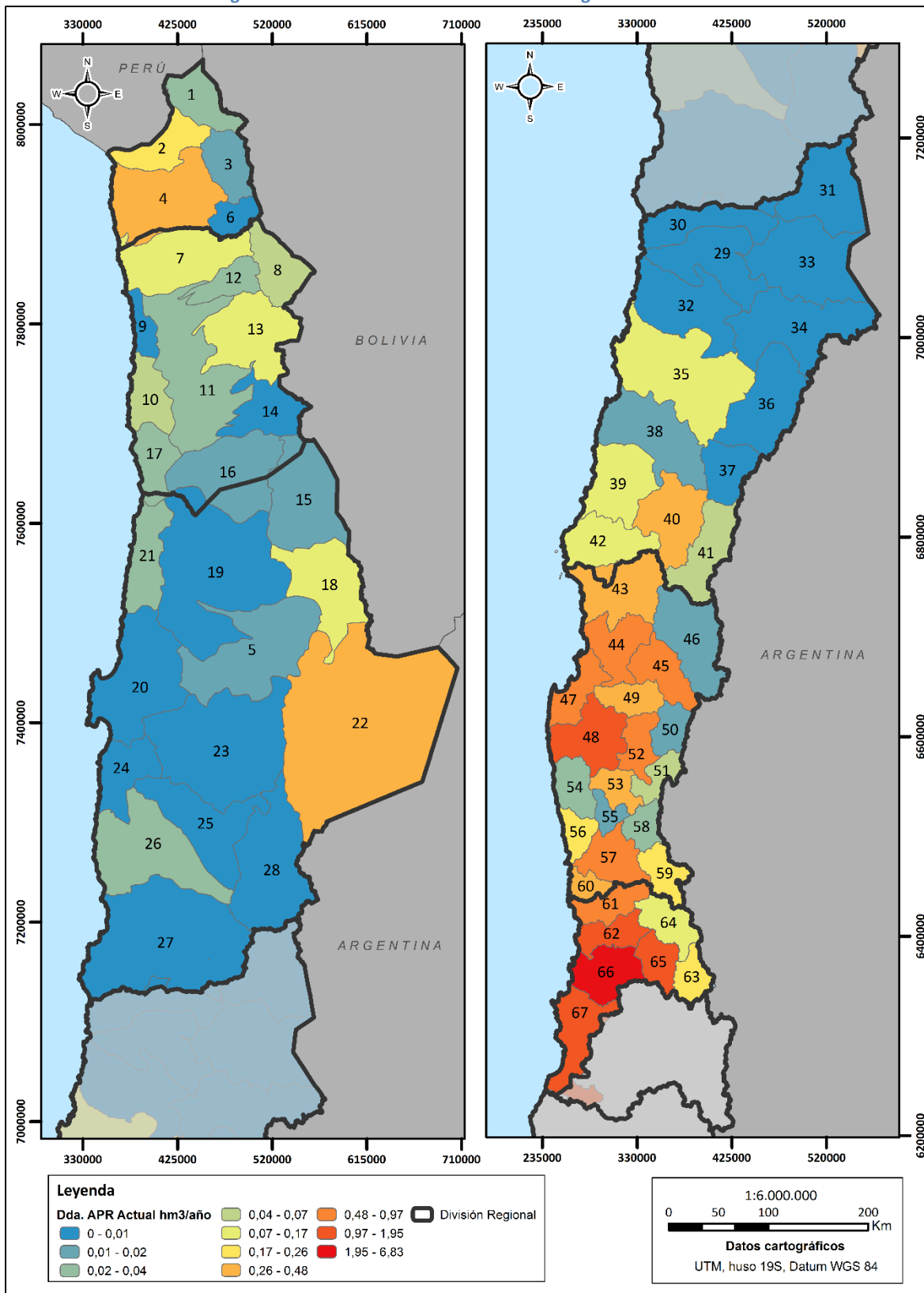
Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c)

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura X.2 muestra que, en general, las regiones de Valparaíso y Coquimbo, concentran la demanda hídrica de agua potable rural en las UA costeras y las ubicadas en el centro de la región, con excepción de las unidades 54 y 55 de la Región de Coquimbo. Adicionalmente, todas las UA de la Región de Valparaíso presentan demanda hídrica media a alta, en relación a las otras regiones en estudio.

En las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta y Atacama la demanda hídrica se concentra mayormente en pocas UA. Por el contrario, en la Región de Tarapacá, las UA presentan mayor homogeneidad en términos de demanda hídrica.

Otro punto a destacar es la demanda hídrica de APR en la Región de Antofagasta, la cual se concentra en el altiplano, específicamente en el sector del Salar de Atacama y alrededores (UA 22), contrario al patrón de las regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Figura X.2. Demanda Hídrica actual anual de Agua Potable Rural



Fuente: Elaboración propia.

## X.1. Perfil de la demanda actual de agua del sector minero

La demanda hídrica actual para el sector minero fue estimada para el año 2017 y se muestra en la Tabla X.3 a nivel de región y UA. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año. Para el caso de la Región de Arica y Parinacota, tanto la calidad como la cantidad de información disponible para estimar la demanda por agua fue insuficiente por lo que no se entregan valores.

**Tabla X.3. Demanda hídrica actual al año 2017 del sector minero por región y Unidad de Análisis**

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
Arica y Parinacota	1-4; 6	0,0	ND	ND
Tarapacá	8-9;12;14	0,00	0,00	1,37
	7	0,03	0,33	
	10	1,80	21,54	
	11	1,51	18,16	
	13	0,16	1,93	
	16	0,08	0,90	
	17	0,02	0,26	
Antofagasta	26; 28	0,00	0,00	3,92
	5	0,79	9,42	
	15	1,09	13,04	
	18	0,23	2,74	
	19	2,48	29,78	
	20	0,60	7,15	
	21	0,03	0,37	
	22	0,33	3,95	
	23	0,48	5,78	
	24	0,03	0,34	
	25	4,03	48,33	
Atacama	27	0,23	2,81	0,84
	31;33;34; 38; 40; 41	0,00	0,00	
	29	0,14	1,68	
	30	0,02	0,27	
	32	0,06	0,70	
	35	1,01	12,11	
	36	0,67	7,98	
	37	0,20	2,44	
Coquimbo	39	0,11	1,31	0,73
	42	0,01	0,09	
	43; 45; 46; 49-56; 58; 60.	0,00	0,00	
	44	0,55	6,56	
	47	0,03	0,30	
	48	0,29	3,49	
Valparaíso	57	0,01	0,09	0,93
	59	1,06	12,69	
	61	0,03	0,36	
	65;67	0,00	0,00	
	62	0,18	2,16	
	63	2,00	23,95	
64	0,03	0,36		
66	0,21	2,46		

ND: no determinada

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que los mayores valores de demanda hídrica se circunscriben en la Región de Antofagasta (3.922 L/s). Le siguen en importancia las regiones de Tarapacá y Valparaíso con valores estimados de 1.367 L/s y 929 L/s, respectivamente (Tabla X.4).

Debido a la consideración de un mismo enfoque metodológico, los resultados obtenidos en el presente estudio fueron contrastados con los publicados por la DGA (2018c). Al respecto, se encontraron diferencias en los valores absolutos, pero no en las magnitudes de las estimaciones (expresadas en m<sup>3</sup>/año) lo que permite validar los resultados obtenidos (Tabla X.4). En general, estas diferencias se atribuyeron i) a la utilización de valores disímiles respecto a los consumos unitarios de la minería del cobre<sup>73</sup>, ii) a la consideración de diferentes leyes de mineral para el oro (regiones de Antofagasta y Atacama), iii) a diferencias en los niveles de producción de mineral los cuales para el caso del presente estudio estuvieron actualizados al año 2017, iv) y a que el cálculo de la demanda -para el caso del presente estudio- se desarrolló a escala regional y no a nivel de faena.

**Tabla X.4. Demanda hídrica actual del sector minero estimada por el presente estudio y Dirección General de Aguas (2018)**

Región	Demanda hídrica actual de sector minero			
	Universidad de Chile (2018) <sup>1</sup>		Dirección General de Aguas (2018) <sup>2</sup>	
	2017		2015	
	hm <sup>3</sup> /año	L/s	hm <sup>3</sup> /año	L/s
Tarapacá	43,11	1.367	51,53	1.634
Antofagasta	123,69	3.922	150,24	4.764
Atacama	26,56	842	39,95	1.267
Coquimbo	23,12	733	41,97	1.331
Valparaíso	29,29	929	47,57	1.508

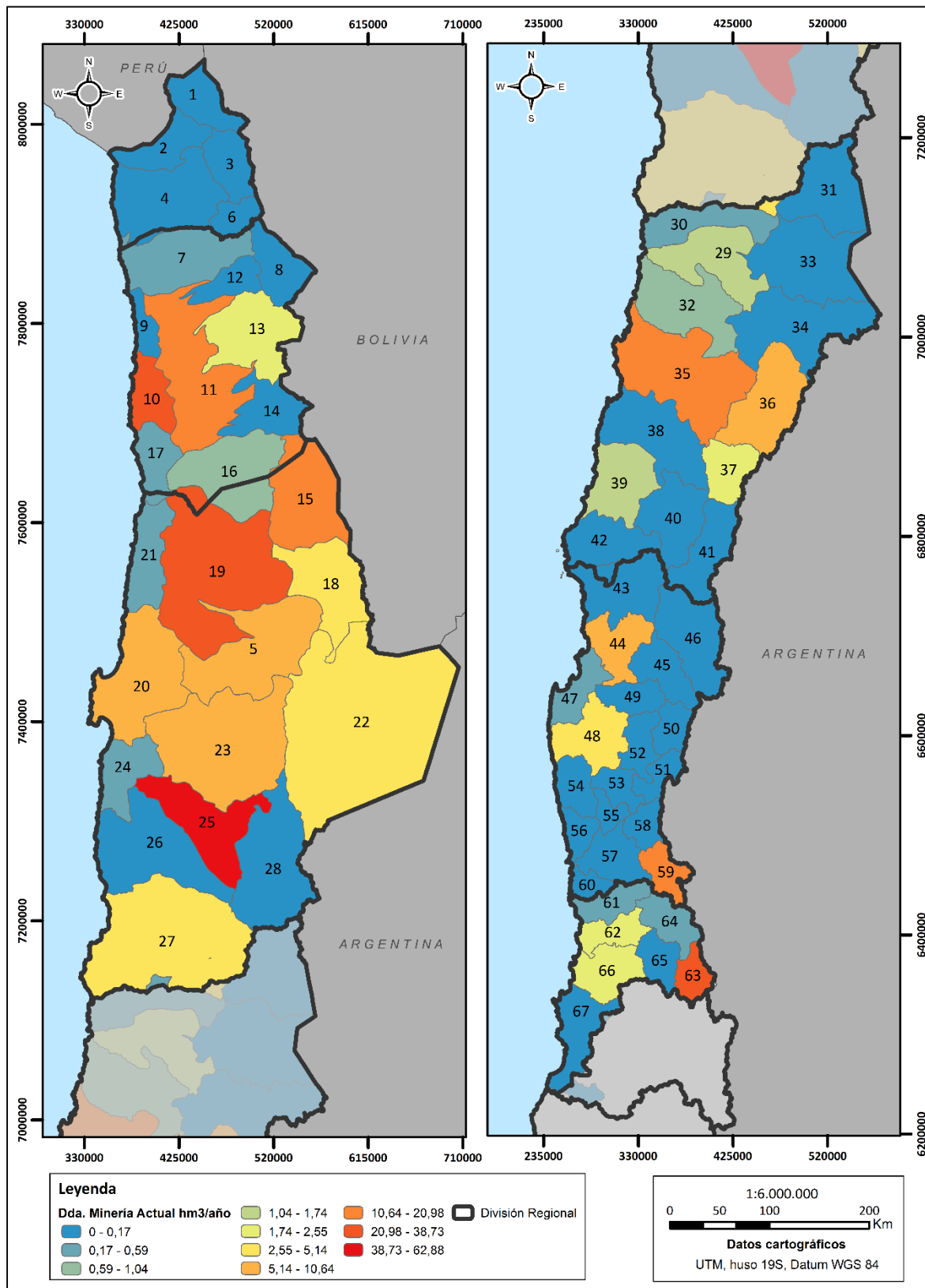
<sup>1</sup> Datos generados por el presente estudio. <sup>2</sup> Datos desde DGA (2018c)

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura X.3 muestra que, en general, no existe un patrón definido en el espacio. Sin embargo, es posible distinguir que los mayores valores de demanda hídrica se asocian a las UA ubicadas en la Región de Antofagasta (ej. unidades 25, 23, 5, 19, 20) y en Tarapacá (ej. unidades 10, 11, 13). Salvo algunas excepciones (unidades 44, 48, 59), la Región de Coquimbo contiene el mayor número de UA asociadas a bajos niveles de demanda.

<sup>73</sup> Los consumos unitarios utilizados para el cálculo de la demanda hídrica actual del sector minero consideraron aquellos actualizados al año 2017 para la minería del cobre. En el caso de DGA (2018c) se utilizaron valores actualizados a 2015.



Figura X.3. Distribución espacial de la demanda hídrica actual del sector minero por Unidad de Análisis.



Fuente: Elaboración propia.

## X.2. Perfil de la demanda actual de agua del sector industrial

La demanda hídrica actual estimada para el sector industrial al año 2015 se muestra en la Tabla X.5. Al igual que para el caso de la minería, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los resultados muestran que el mayor valor de demanda hídrica está asociado a la Región de Valparaíso (142,82 hm<sup>3</sup>/año), Antofagasta (7,51 hm<sup>3</sup>/año). Le sigue en importancia las regiones de Coquimbo y Arica y Parinacota con una demanda a nivel regional de 4,74 y 4,39 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente. Las regiones restantes muestran valores notoriamente menores a los estimados para las regiones antes mencionadas.

Los valores presentados en la Tabla X.5 difieren de las presentadas en el estudio de la DGA (2018c) en las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta y Valparaíso debido a diferencias de criterio en la selección de las empresas y/o rubros en el cálculo, en específico no se consideraron empresas hidroeléctricas, desaladora de Aguas Antofagasta<sup>74</sup> y empresas mineras que si considera la aproximación del estudio comentado. A su vez la presente estimación considera algunas empresas manufactureras de productos marinos y empresas productoras de gas que no fueron consideradas en la estimación de la DGA (2018c).

**Tabla X.5. Demanda hídrica actual al año 2015 del sector industrial por región y Unidad de Análisis**

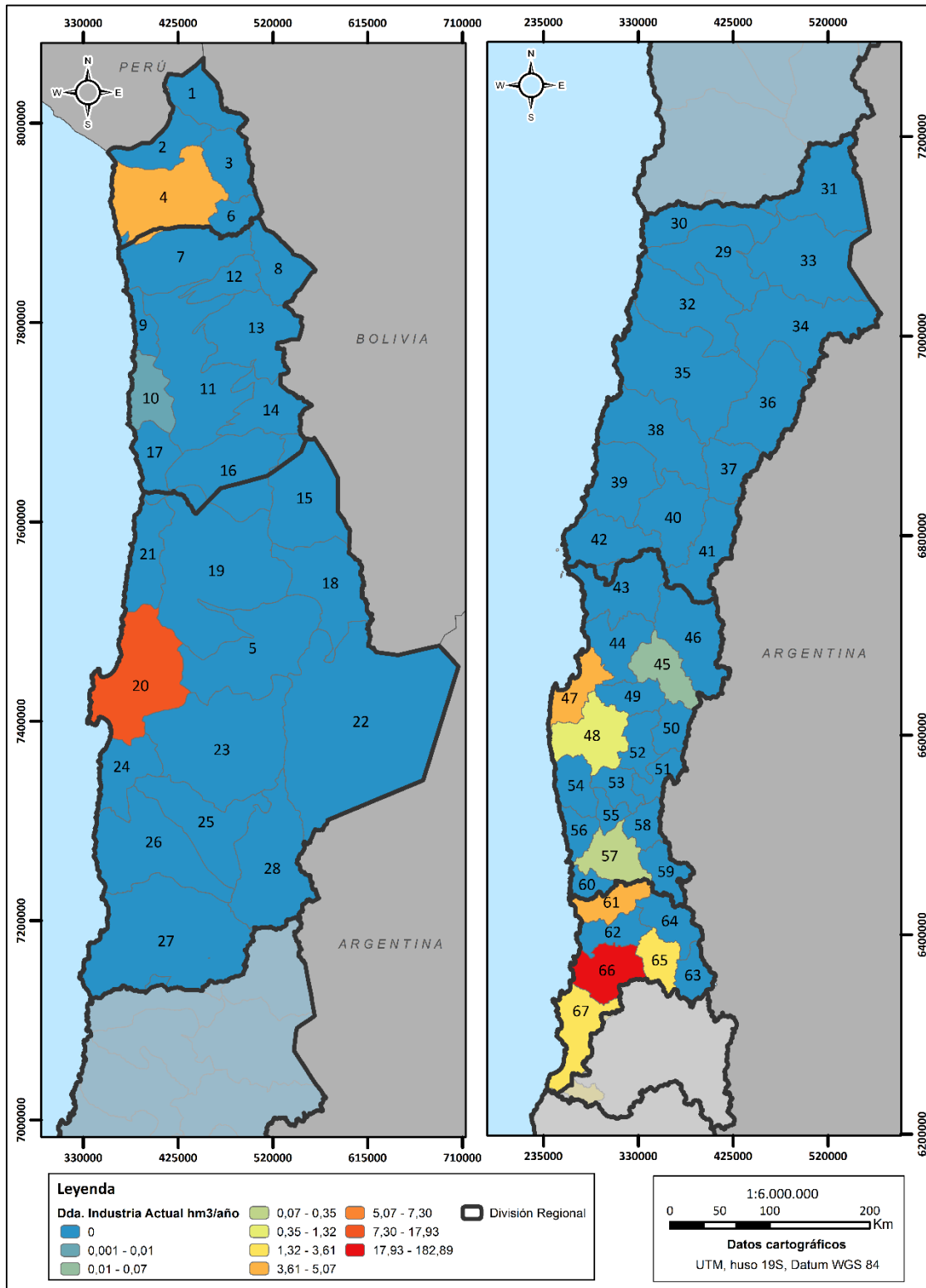
Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)	Total Anual (hm <sup>3</sup> /año)	Total Anual (m <sup>3</sup> /s)
Arica y Parinacota	1-3; 6	0,00	0,00	0,14
	4	0,37	4,39	
Tarapacá	7-9; 11-14; 16-17	0,00	0,00	0,00
	10	0,00	0,00	
Antofagasta	5; 15; 18-19; 21-28	0,00	0,00	0,24
	20	0,63	7,51	
Atacama	35	0,00	0,00	0,00
	29-34; 36-42	0,00	0,00	
Coquimbo	43-44; 46; 49-56; 58-60	0,00	0,00	0,15
	45	0,00	0,04	
	47	0,32	3,82	
	48	0,06	0,70	
	57	0,02	0,19	
Valparaíso	61	0,31	3,72	4,53
	62-64	0,00	0,00	
	65	0,22	2,65	
	66	11,20	134,36	
	67	0,17	2,09	
ND: no determinada				

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c).

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura X.4 muestra que los mayores valores de demanda se asocian a las UA ubicadas, en general, en las zonas de mayor desarrollo urbano dentro del área de estudio (Unidades 4, 20, 47, 48, 61, 65, 66 y 67). Tal como se señaló anteriormente las regiones de Antofagasta y Valparaíso son las que presentan los mayores valores de demanda de toda el área de estudio.

<sup>74</sup> Se asume que el agua utilizada por la desaladora está contenida en la estimación de agua potable urbana

Figura X.4. Distribución espacial de la demanda hídrica actual (hm<sup>3</sup>/año) del sector industrial por Unidad de Análisis.



Fuente: Elaboración propia.

### X.3. Perfil de la demanda actual de agua del sector agrícola

La Tabla X.6 muestra los valores estimados al año 2015 (demanda hídrica actual) del sector agrícola para la zona de estudio. A diferencia de los otros sectores económicos considerados, para el caso de la agricultura se muestran tanto las estimaciones a nivel anual como mensual. Esto debido a la gran variabilidad -en relación a los requerimientos hídricos- que caracteriza a los cultivos dentro del año.

Al respecto, las regiones de Valparaíso y Coquimbo son las que presentan los mayores requerimientos hídricos del área de estudio con valores que superan los 600 hm<sup>3</sup>/año. Le siguen las regiones de Atacama y Arica y Parinacota con estimaciones de demanda entre los 80 y 170 hm<sup>3</sup>/año. Los requerimientos hídricos son marcadamente mayores durante las estaciones de primavera y verano en todas las regiones.

Debido a la baja superficie agrícola existente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta la demanda hídrica asociada a estas regiones es relativamente baja.

Tabla X.6. Demanda hídrica actual (hm<sup>3</sup>/mes) al año 2015 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis

Región	UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	Total anual (m <sup>3</sup> /s)	
Arica y Parinacota	1	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	2,61	
	2	3,21	2,79	2,22	1,13	1,04	0,97	1,01	1,27	2,28	2,43	3,58	3,70	25,63		
	3	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03		0,19
	4	6,90	5,99	4,95	2,56	2,22	1,90	1,98	2,42	4,39	4,62	6,99	7,46	52,38		
	6	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04		0,26
Tarapacá	7	0,75	0,65	0,45	0,32	0,35	0,33	0,32	0,30	0,43	0,46	0,74	0,85	5,96	0,6	
	8	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27		
	9	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03		0,20
	10	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03		0,18
	11	0,84	0,72	0,59	0,42	0,40	0,36	0,36	0,38	0,53	0,54	0,81	0,90	6,86		
	12	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11		0,74
	13	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	0,48		3,31
	14	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10		0,83
	16	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,09		0,59
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02		
Antofagasta	5	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	1,54	
	15	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06		
	18	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17		
	19	1,07	0,83	0,62	0,24	0,26	0,22	0,25	0,29	0,55	0,56	0,99	1,12	7,00		
	20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04		
	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		
	22	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39		
	23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		
	24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
27	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08		

Región	UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	Total anual (m³/s)	
	28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Atacama	29	0,50	0,33	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,16	0,23	0,47	0,58	2,89	5,26	
	30	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05		
	31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	32	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08		0,48
	33	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01		0,05
	34	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02		0,14
	35	12,83	9,18	7,47	4,58	2,91	2,18	2,31	2,89	4,05	5,28	10,11	12,87	76,66		
	36	1,13	0,83	0,67	0,37	0,23	0,17	0,17	0,22	0,35	0,44	0,88	1,13	6,59		
	37	0,51	0,37	0,30	0,17	0,10	0,08	0,08	0,10	0,16	0,20	0,40	0,50	2,95		
	38	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,06	0,08	0,48		
	39	8,99	7,08	5,71	2,46	1,76	1,41	1,53	1,92	3,91	4,14	8,10	9,16	56,16		
	40	2,73	1,94	1,54	0,87	0,54	0,40	0,42	0,54	0,83	1,06	2,16	2,73	15,76		
	41	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56		
	42	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03		0,20
Coquimbo	43	0,18	0,14	0,11	0,06	0,04	0,03	0,04	0,05	0,08	0,08	0,16	0,19	1,16	20,68	
	44	7,32	5,56	3,44	2,00	1,54	1,20	1,20	1,88	3,04	3,32	6,53	7,96	44,97		
	45	7,69	5,50	4,47	2,69	1,71	0,96	0,86	1,56	2,41	2,90	6,11	7,72	44,58		
	46	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07		
	47	13,08	10,11	6,48	4,07	3,11	2,22	1,09	3,70	5,79	6,25	12,05	14,32	83,27		
	48	46,20	33,96	24,99	14,00	9,18	5,43	4,84	9,24	14,92	17,53	37,63	47,21	264,23		
	49	3,88	2,77	2,15	0,94	0,59	0,26	0,19	0,53	1,25	1,41	3,16	3,90	21,04		
	50	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40		
	51	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63		
	52	6,34	4,56	3,74	2,25	1,45	0,52	0,39	1,23	2,15	2,49	5,21	6,44	36,76		
	53	1,96	1,48	1,19	0,64	0,41	0,11	0,07	0,33	0,70	0,78	1,64	1,98	11,27		
	54	0,66	0,54	0,38	0,13	0,10	0,04	0,04	0,10	0,28	0,28	0,60	0,68	3,82		
	55	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,05	0,11	0,13	0,72		

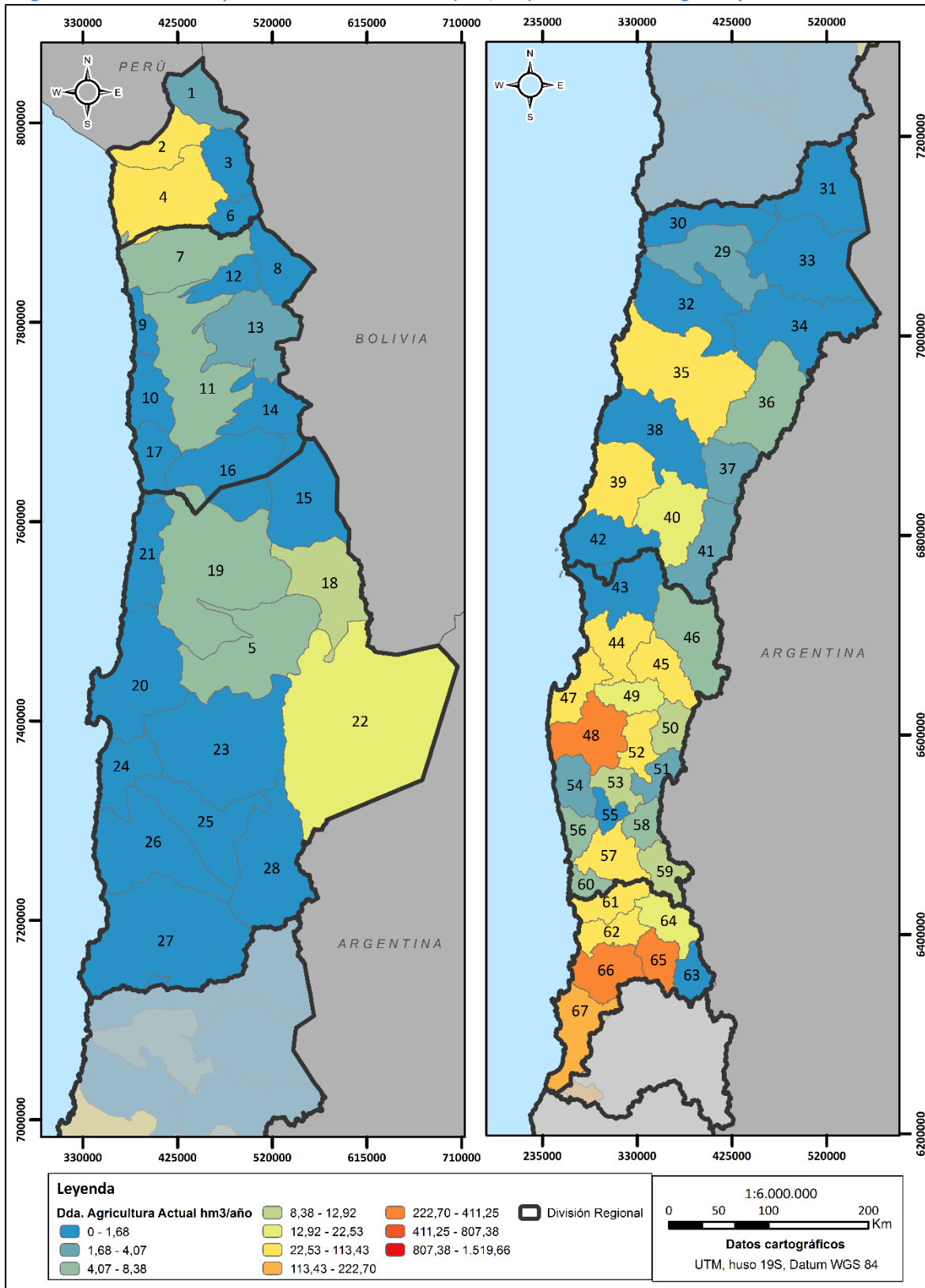
Región	UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	Total anual (m <sup>3</sup> /s)
	56	1,30	1,05	0,75	0,31	0,21	0,04	0,03	0,19	0,50	0,51	1,10	1,33	7,32	
	57	16,27	12,34	9,62	4,58	2,63	0,38	0,24	2,07	5,87	6,30	13,80	16,48	90,57	
	58	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68	
	59	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	1,05	2,58	12,92	
	60	0,85	0,66	0,53	0,29	0,15	0,00	0,00	0,11	0,33	0,35	0,74	0,86	4,87	
Valparaíso	61	5,83	4,55	3,63	2,12	0,99	0,00	0,00	0,81	2,23	2,37	5,19	6,05	33,77	27,11
	62	13,40	10,39	8,14	4,61	1,94	0,00	0,00	1,58	4,96	5,39	11,97	13,97	76,36	
	63	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68	
	64	3,64	2,87	2,27	1,12	0,16	0,00	0,00	0,09	1,13	1,41	3,18	3,70	19,58	
	65	46,55	36,18	28,43	15,51	6,34	0,00	0,00	5,13	15,89	17,45	40,06	47,24	258,79	
	66	59,68	45,64	34,61	17,83	4,88	0,00	0,00	3,46	21,05	24,36	54,75	64,21	330,46	
	67	28,01	18,16	13,70	6,24	0,17	0,00	0,00	0,12	6,77	9,50	22,85	28,91	134,43	

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Tabla X.6 no permite apreciar un patrón determinado en el espacio. A pesar de que la agricultura en la zona de estudio se localiza en los valles de los principales cauces de río, la desagregación de la demanda hídrica en UA no permite discriminar dicho fenómeno en el espacio. Sin embargo, en concordancia con lo descrito al inicio de la sección la Figura X.3 es clara es mostrar que las mayores demandas hídricas están asociadas a las UA presentes en las regiones de Valparaíso y Coquimbo, regiones que históricamente han presentado un mayor desarrollo agrícola en relación a las otras regiones del área de estudio.



Figura X.5. Distribución espacial de la demanda hídrica (hm<sup>3</sup>/año) actual del sector agrícola por Unidad de Análisis.



Fuente: Elaboración propia

## XI. RESULTADOS DE LA DEMANDA FUTURA DE AGUA

### XI.1. Demanda proyectada de agua del sector sanitario

#### XI.1.A. Agua Potable Urbana

La demanda hídrica proyectada a 2030, 2040 y 2050 para el sector sanitario se muestra en la Tabla XI.1. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los resultados muestran incrementos progresivos de la demanda hídrica –en relación a los valores actuales Tabla X.1-, en todas las regiones a través del periodo de tiempo considerado. Las regiones que mayor volumen de agua demandarían a futuro son las regiones de Valparaíso seguidas de las regiones de Atacama y Antofagasta.

Si bien se utilizó el enfoque metodológico planteado en el estudio de la DGA (2018c), los resultados expuestos en el presente estudio difieren levemente de los publicados en el estudio comentado, debido principalmente a ajustes en el cálculo del consumo de clientes “Otros” y a la consideración de dos localidades de la Región de Valparaíso que el estudio comentado no incluye.

**Tabla XI.1. Demanda hídrica proyectada al año 2030, 2040 y 2050 por el sector sanitario por región y Unidad de Análisis**

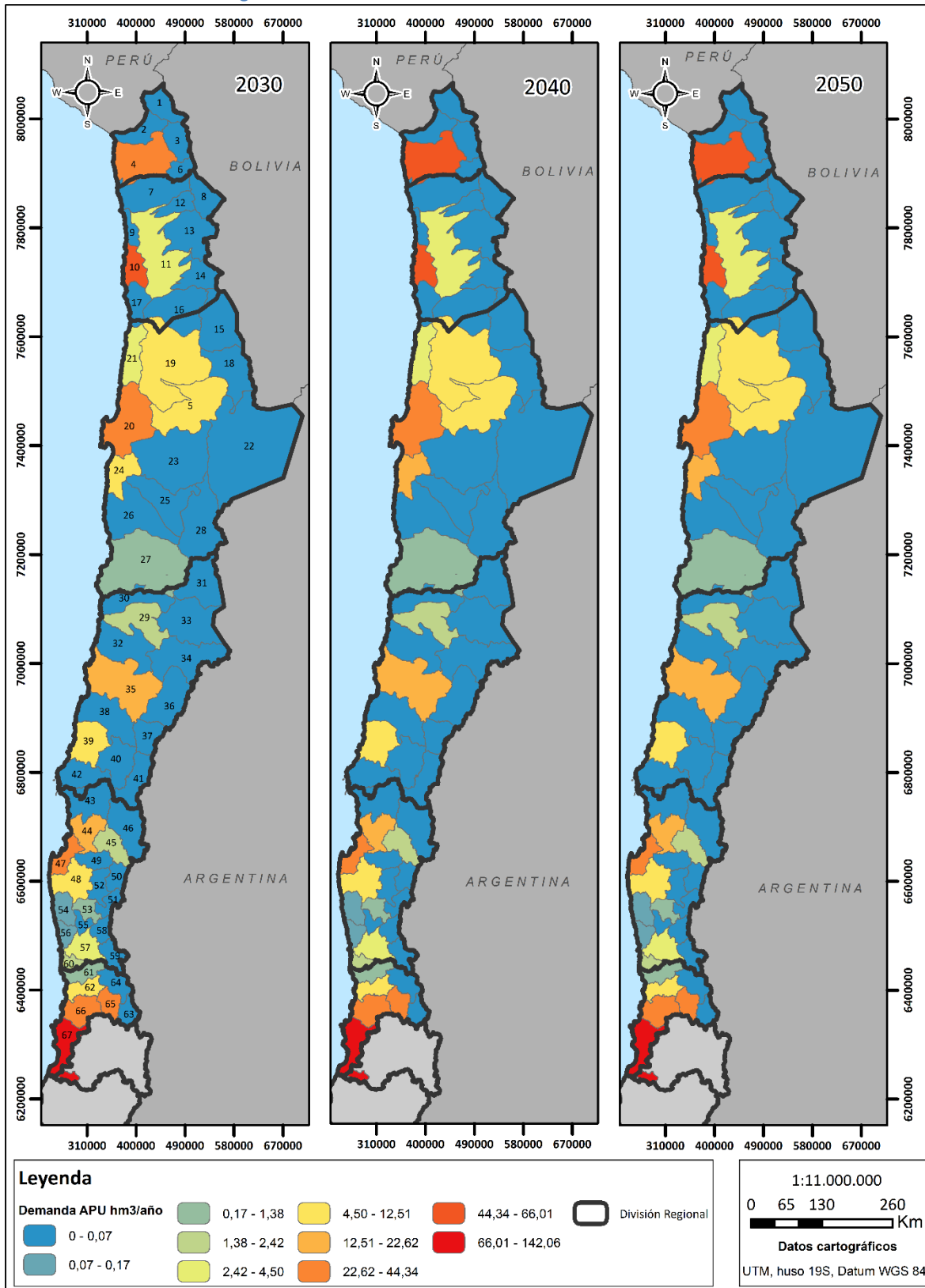
Región	UA	Producción mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	1-3; 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	3,39	4,49	5,50	40,69	53,82	66,01
Tarapacá	7-8; 12-14; 16-17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	0,01	0,01	0,05	0,06	0,07
	10	3,79	4,45	5,05	45,50	53,42	60,63
	11	0,26	0,29	0,32	3,06	3,45	3,81
Antofagasta	5	0,79	0,87	0,94	9,46	10,40	11,24
	15-18; 22-23; 25-26; 28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	0,72	0,79	0,87	8,61	9,53	10,39
	20	2,63	2,91	3,16	31,55	34,90	37,94
	21	0,23	0,26	0,28	2,78	3,07	3,33
	24	0,97	1,08	1,17	11,69	12,94	14,08
Atacama	27	0,10	0,11	0,12	1,16	1,28	1,38
	30-31; 33-34; 36-38; 40-42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,18	0,18	0,19	2,17	2,21	2,23
	32	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02
	35	1,72	1,81	1,89	20,65	21,77	22,62
Coquimbo	39	0,58	0,62	0,65	7,01	7,43	7,76
	43; 46; 49-52; 58-59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	44	1,21	1,32	1,40	14,46	15,78	16,83
	45	0,18	0,19	0,20	2,11	2,28	2,42
	47	2,86	3,13	3,33	34,36	37,50	40,00
	48	0,86	0,96	1,04	10,34	11,56	12,52
	53	0,06	0,06	0,07	0,68	0,75	0,80

Región	UA	Producción mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
	54	0,01	0,01	0,01	0,15	0,16	0,17
	55	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03
	56	0,01	0,01	0,01	0,13	0,14	0,15
	57	0,33	0,35	0,38	3,94	4,25	4,50
	60	0,17	0,18	0,19	1,98	2,16	2,31
Valparaíso	61	0,06	0,06	0,07	0,71	0,75	0,78
	62	0,54	0,56	0,58	6,50	6,77	7,00
	63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	64	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03
	65	2,20	2,30	2,39	26,39	27,61	28,62
	66	3,39	3,56	3,70	40,70	42,69	44,34
	67	10,79	11,36	11,84	129,50	136,37	142,06

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c)

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura XI.1 muestra que la mayor presión por recursos hídrico al año 2050 se materializaría, en general, en las UA contenidas en la Región de Valparaíso. Es relevante señalar que, aunque se espera un aumento progresivo de la demanda al año 2050, su distribución en el espacio no es diferente a aquella descrita para el año 2015 (ver Figura XI.1). Esto debido a que no se consideran la incorporación de nuevas ciudades y/o localidades a los territorios operacionales de las sanitarias de las regiones consideradas en el presente estudio.

Figura XI.1. Demanda Hídrica futura anual del sector sanitario



Fuente: Elaboración propia

### XI.1.B. Agua Potable Rural

La demanda hídrica proyectada a 2030, 2040 y 2050 de Agua Potable Rural (APR) se muestra en la Tabla XI.2. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los resultados muestran incrementos progresivos de la demanda hídrica- en relación a los valores actuales (Tabla X.2) -, en todas las regiones a través del periodo de tiempo considerado. Las regiones que mayor demanda hídrica estimada presentan son las regiones de Valparaíso y Coquimbo, seguidas de las regiones de Atacama y Arica y Parinacota.

**Tabla XI.2. Demanda hídrica proyectada al año 2030, 2040 y 2050 para el Agua Potable Rural por región y Unidad de Análisis**

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	1	0,003	0,003	0,003	0,039	0,040	0,040
	2	0,021	0,021	0,022	0,252	0,257	0,258
	3	0,001	0,001	0,001	0,017	0,017	0,017
	4	0,031	0,032	0,032	0,374	0,380	0,383
	6	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Tarapacá	7	0,012	0,013	0,013	0,147	0,152	0,155
	8	0,005	0,005	0,006	0,063	0,065	0,066
	9; 14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,005	0,005	0,005	0,055	0,057	0,059
	11	0,003	0,003	0,003	0,037	0,038	0,039
	12	0,002	0,002	0,002	0,020	0,020	0,021
	13	0,016	0,017	0,017	0,192	0,199	0,203
	16	0,001	0,001	0,001	0,007	0,007	0,007
17	0,002	0,002	0,002	0,024	0,025	0,026	
Antofagasta	5	0,001	0,001	0,001	0,011	0,011	0,011
	15	0,001	0,001	0,001	0,012	0,012	0,012
	18	0,010	0,010	0,010	0,122	0,123	0,124
	19	0,001	0,001	0,001	0,007	0,007	0,007
	20	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005
	21	0,004	0,004	0,004	0,050	0,051	0,051
	22	0,027	0,027	0,027	0,323	0,327	0,329
	23-25; 28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	26	0,002	0,002	0,002	0,022	0,022	0,023
27	0,001	0,001	0,001	0,007	0,007	0,007	
Atacama	29	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002
	30	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003
	31; 33-34; 37	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	32	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003
	35	0,009	0,010	0,010	0,112	0,116	0,120
	36	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
	38	0,001	0,001	0,001	0,012	0,013	0,013
	39	0,013	0,014	0,014	0,162	0,168	0,174
	40	0,029	0,030	0,031	0,346	0,360	0,371
	41	0,004	0,004	0,004	0,044	0,046	0,047
42	0,008	0,008	0,009	0,096	0,100	0,103	
Coquimbo	43	0,026	0,027	0,027	0,308	0,320	0,330
	44	0,059	0,061	0,063	0,704	0,731	0,754
	45	0,058	0,060	0,062	0,694	0,721	0,743

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
	46	0,001	0,001	0,001	0,011	0,012	0,012
	47	0,055	0,057	0,059	0,664	0,690	0,711
	48	0,125	1,259	0,133	1,494	1,551	1,600
	49	0,026	0,027	0,028	0,313	0,325	0,335
	50	0,001	0,001	0,001	0,011	0,012	0,012
	51	0,005	0,005	0,006	0,061	0,063	0,065
	52	0,062	0,064	0,066	0,743	0,771	0,795
	53	0,032	0,033	0,034	0,384	0,399	0,411
	54	0,003	0,003	0,003	0,031	0,032	0,033
	55	0,002	0,002	0,002	0,020	0,020	0,021
	56	0,017	0,018	0,018	0,207	0,215	0,222
	57	0,073	0,076	0,078	0,875	0,908	0,937
	58	0,002	0,002	0,002	0,027	0,028	0,029
	59	0,020	0,021	0,021	0,240	0,249	0,257
60	0,037	0,039	0,040	0,447	0,464	0,479	
Valparaíso	61	0,078	0,079	0,081	0,931	0,952	0,966
	62	0,126	0,129	0,131	1,511	1,547	1,569
	63	0,016	0,017	0,017	0,194	0,199	0,202
	64	0,013	0,013	0,013	0,150	0,154	0,156
	65	0,157	0,160	0,163	1,881	1,925	1,953
	66	0,548	0,561	0,569	6,580	6,735	6,832
	67	0,117	0,120	0,121	1,401	1,434	1,455

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c).

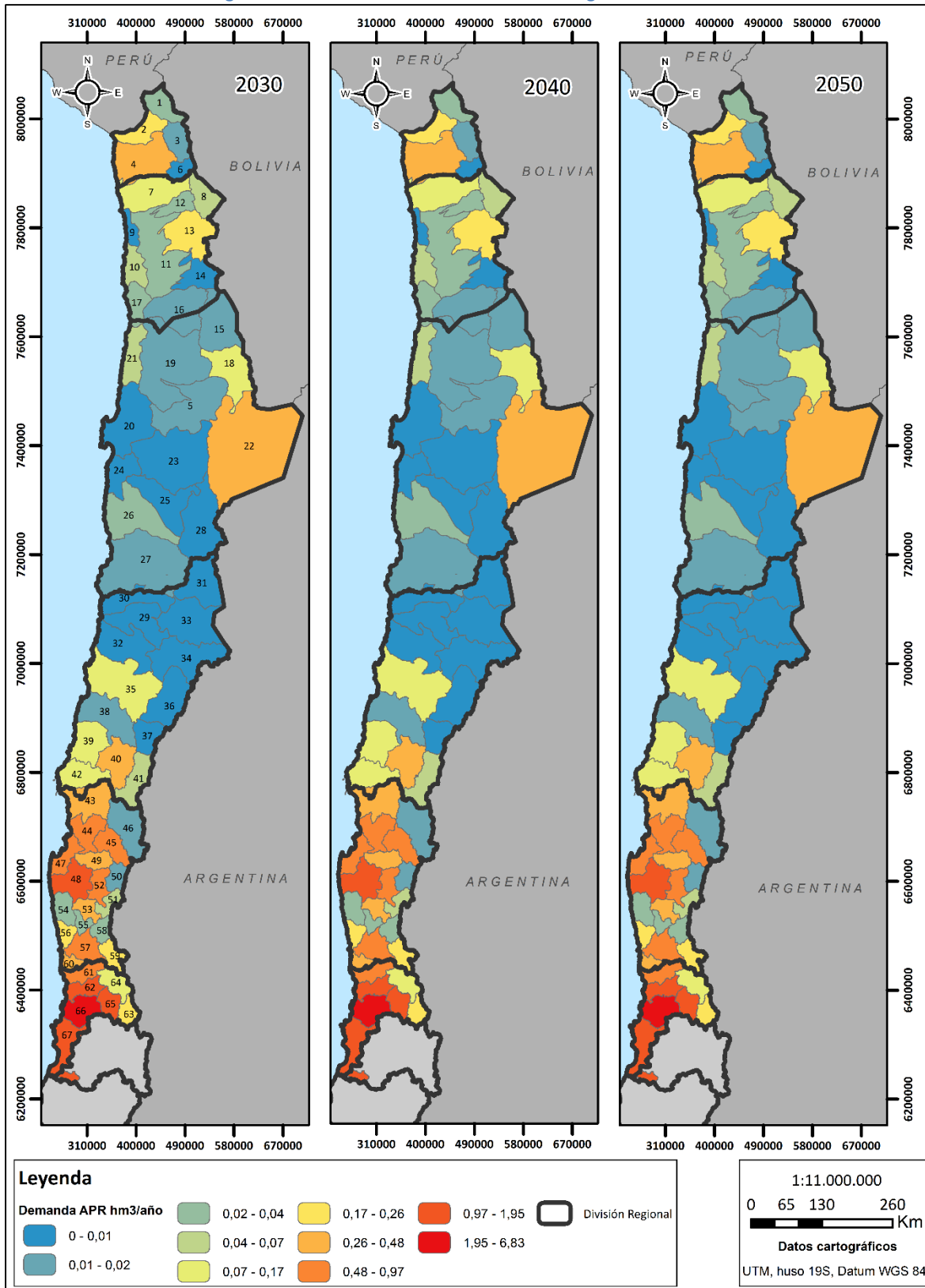
En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura XI.2 muestra que la mayor presión por recursos hídricos al año 2050 se materializaría, en general, en las UA contenidas en las regiones de Valparaíso y Coquimbo. Es relevante señalar que, aunque se espera un aumento progresivo de la demanda a 2050, su distribución en el espacio no es diferente a aquella descrita para el año 2015 (ver Figura X.2) aun cuando aumento la demanda debido a la puesta en marcha de sistemas de APR incluidos en el Plan de Localidades Semiconcentradas, esta introducción comprendió bajos volúmenes, por lo tanto, no se produjeron modificaciones perceptibles en la distribución espacial de la demanda expuesta en la Figura XI.2.

#### Alcance de los resultados agua potable rural y urbana

*Es importante señalar que la literatura (Donoso, 2017; Molinos-Senante & Donoso, 2016) y expertos sectoriales señalan una disminución en los consumos unitarios de agua potable (m<sup>3</sup>/cliente/mes) tanto en el sector rural como urbano a partir de la década de 1990, escenario que se espera continúe en el futuro. Esta condición no está considerada dentro del marco metodológico, el cual considera -en base a la disponibilidad de información- una relación entre consumo y número de clientes basado en datos fijos actualizados al año 2015 (APR) y datos para el periodo 2011-2015 (APU). Por lo tanto, la interpretación de las proyecciones mostradas -si bien son concordantes con DGA (2018c)- deben interpretadas cuidadosamente considerando lo anteriormente declarado.*

*La metodología no considera la desaparición o creación de nuevas localidades y/o ciudades. Tampoco se considera el ingreso de una localidad abastecida por sistema de APR a los territorios operacionales de una empresa sanitaria.*

Figura XI.2. Demanda Hídrica futura anual del Agua Potable Rural



Fuente: Elaboración propia

## XI.2. Demanda proyectada de agua del sector minero

La demanda hídrica proyectada a 2030, 2040 y 2050 para el sector minero se muestra en la Tabla XI.3. Al respecto, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año. Para el caso de la Región de Arica y Parinacota, tanto la calidad como la cantidad de información disponible para generar la proyección fue insuficiente por lo que no se entregan valores.

Los resultados muestran incrementos progresivos de la demanda hídrica -en relación a los valores actuales (Tabla X.3)- en todas las regiones a través del periodo de tiempo considerado. Las regiones que mayor volumen de agua demandarían a futuro son las regiones de Antofagasta y Tarapacá seguidas de las regiones de Coquimbo y Atacama.

A pesar de seguir, en general, el mismo enfoque metodológico, los resultados mostrados en el presente estudio difieren levemente de los publicados por la DGA (2018c). Esto se debió principalmente a que no se consideró una disminución del consumo unitario de agua a través del tiempo, se consideraron leyes de mineral para el oro diferentes para las regiones de Antofagasta y Atacama (ver metodología) y se tomó en cuenta el cambio en la estructura de producción en la minería del cobre (concentrados v/s cátodos) en las regiones de Antofagasta, Tarapacá y Atacama.

**Tabla XI.3. Demanda hídrica proyectada al año 2030, 2040 y 2050 por el sector minero por región y Unidad de Análisis**

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	1-4; 6	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>
Tarapacá	8-9;12;14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,03	0,03	0,03	0,34	0,35	0,38
	10	1,86	1,92	2,07	22,31	23,03	24,89
	11	1,57	1,62	1,75	18,80	19,41	20,98
	13	0,17	0,17	0,19	2,00	2,07	2,23
	16	0,08	0,08	0,09	0,93	0,96	1,04
Antofagasta	17	0,02	0,02	0,03	0,27	0,28	0,30
	26; 28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,88	0,94	1,02	10,53	11,28	12,25
	15	1,13	1,16	1,26	13,51	13,94	15,07
	18	0,26	0,27	0,30	3,06	3,28	3,57
	19	2,77	2,97	3,23	33,29	35,68	38,74
	20	0,67	0,71	0,78	7,99	8,56	9,30
	21	0,03	0,04	0,04	0,41	0,44	0,48
	22	0,37	0,40	0,43	4,42	4,74	5,14
	23	0,54	0,58	0,63	6,46	6,92	7,52
	24	0,03	0,03	0,04	0,38	0,40	0,44
Atacama	25	4,50	4,83	5,24	54,03	57,92	62,88
	27	0,26	0,28	0,30	3,14	3,36	3,65
	31; 33; 34; 38; 40; 41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,16	0,17	0,19	1,97	1,99	2,24
	30	0,03	0,03	0,03	0,30	0,32	0,35
	32	0,07	0,07	0,08	0,82	0,83	0,93
	35	1,18	1,20	1,35	14,21	14,35	16,14
	36	0,78	0,79	0,89	9,36	9,46	10,64



Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
	37	0,24	0,24	0,27	2,86	2,89	3,25
	39	0,13	0,13	0,15	1,53	1,55	1,74
	42	0,01	0,01	0,01	0,11	0,11	0,12
Coquimbo	43; 45; 46; 49-56; 58; 60.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	44	0,86	1,01	1,08	10,26	12,17	13,00
	47	0,04	0,05	0,05	0,46	0,55	0,59
	48	0,45	0,54	0,58	5,45	6,46	6,91
	57	0,01	0,01	0,02	0,14	0,16	0,17
	59	1,65	1,96	2,10	19,84	23,53	25,14
Valparaíso	61	0,03	0,03	0,03	0,34	0,34	0,37
	65;67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	62	0,17	0,17	0,19	2,00	2,03	2,24
	63	1,86	1,88	2,07	22,26	22,51	24,81
	64	0,03	0,03	0,03	0,34	0,34	0,37
	66	0,19	0,19	0,21	2,28	2,31	2,55

<sup>1</sup>Información insuficiente para su estimación.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla XI.4. Demanda hídrica del sector minero proyectada a 2040 por el presente estudio y Dirección General de Aguas**

Región	Demanda hídrica de sector minero proyectada a 2040			
	Universidad de Chile (2018) <sup>1</sup>		Dirección General de Aguas (2018) <sup>2</sup>	
	hm <sup>3</sup> /año	L/s	hm <sup>3</sup> /año	L/s
Tarapacá	60,035	1.904	49,37	1.565
Antofagasta	132,91	4.215	75,99	2.410
Atacama	31,16	988	33,54	1.064
Coquimbo	42,87	1.359	40,90	1.297
Valparaíso	27,52	873	42,60	1.351

<sup>1</sup> Datos generados por el presente estudio. <sup>2</sup> Datos desde la DGA (2018c).

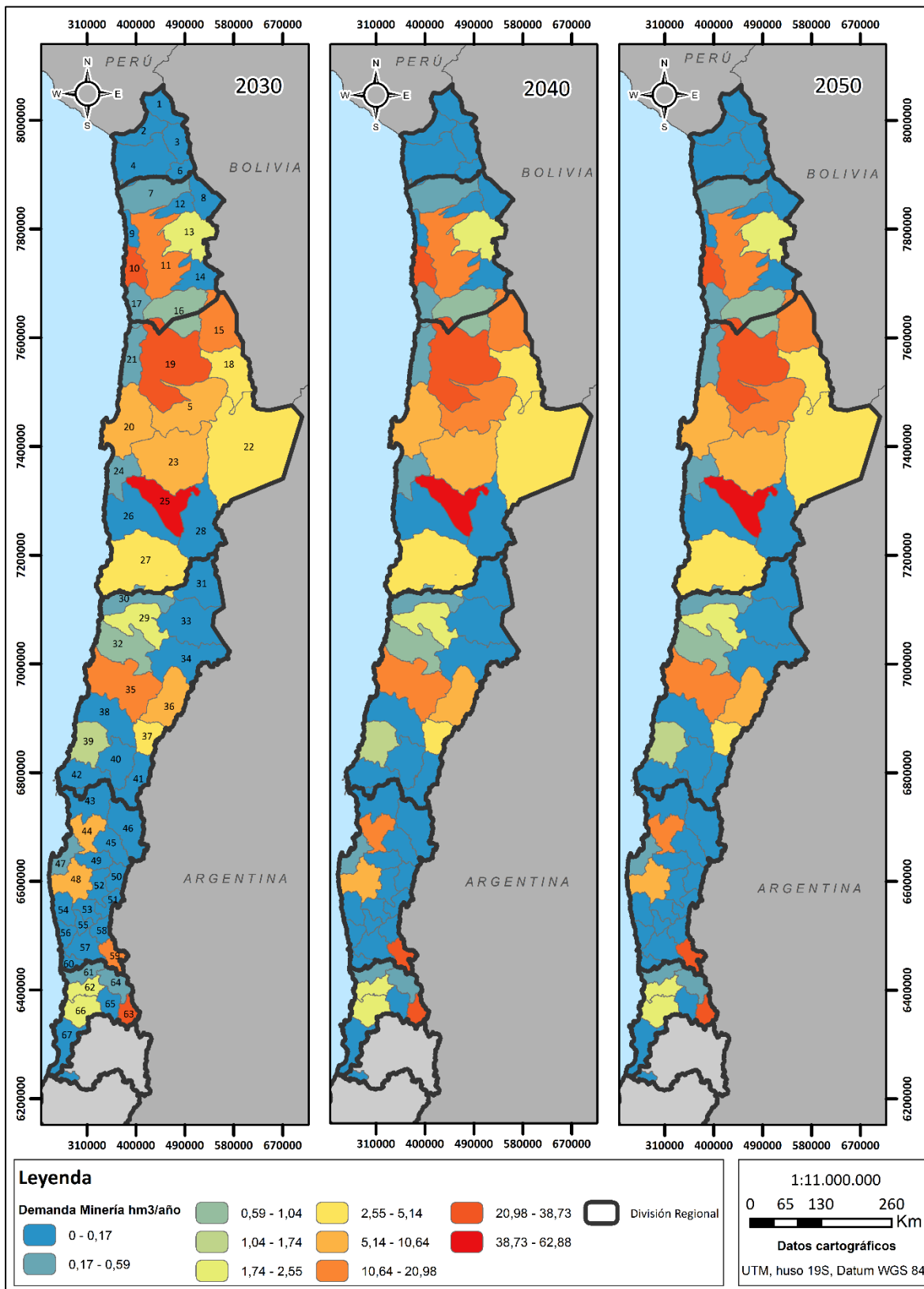
En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura XI.3 muestra que la mayor presión por recursos hídrico al año 2050 se materializaría, en general, en las UA contenidas en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Importante es señalar que, aunque se espera un aumento progresivo de la demanda a 2050, su distribución en el espacio no es diferente a aquella descrita para el año 2017 (ver Figura X.3). Esto último responde al hecho de que solo se consideró una cartera de proyectos estática en el tiempo para la desagregación de la demanda hídrica proyecta, la cual correspondió a aquella listada por la DGA (2018c).

### **Alcance de los resultados sector minero**

*La proyección de la demanda para el sector minero se desarrolló mediante el uso de series de tiempo asumiéndose que el comportamiento futuro del sector está condicionado directamente por su comportamiento histórico. No fueron considerados cambios repentinos en el entorno del sector (ej. cambios en el precio de los metales, cambios tecnológicos, cambios en la ley del mineral, explotación de nuevos minerales, cambios en los consumos unitarios de agua, entre otros), los que no tienen precedentes dentro del periodo histórico considerado y que pudiesen afectar la cartera de proyectos (ej. tipo y número de faenas del sector) y por ende los niveles de producción de mineral. Por otra parte, resulta importante señalar - nuevamente para efectos del presente estudio- que la demanda hídrica futura se estimó asumiendo que el total de la producción de minerales utilizará agua continental para sus diferentes procesos. Esto responde al hecho de la existencia de un hipotético escenario en el cual existe un proyecto de trasvase (sur-norte) que entregará agua dulce para satisfacer las necesidades del sector a un precio competitivo con la producción de agua desalada.*

*Importante es nuevamente señalar que la estimación futura de la producción de mineral (del cual depende el consumo potencial de agua) se estimó en función de los niveles históricos de producción a nivel regional. La desagregación espacial se realizó en función de la proporción de agua consumida por subcuenca estimada por DGA (2018c) a 2040, la cual fue función del tipo y número de faenas existentes al año 2016.*

Figura XI.3. Distribución espacial de la demanda hídrica futura del sector minero por Unidad de Análisis.



Fuente: Elaboración propia.

### XI.3. Demanda proyectada de agua del sector industrial

La demanda hídrica proyectada a 2030, 2040 y 2050 para el sector industrial se muestra en Tabla XI.5. Al igual que para el caso de la minería, se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

Los resultados muestran incrementos progresivos de la demanda hídrica, en relación a los valores actuales (Tabla X.5), en todas las regiones a través del periodo de tiempo considerado. Las regiones que mayor volumen de agua demandarían a futuro en orden de importancia serían las regiones de Valparaíso, seguida por las regiones de Antofagasta y Coquimbo.

**Tabla XI.5. Demanda hídrica proyectada al año 2030, 2040 y 2050 por el sector industrial por región y Unidad de Análisis**

Región	UA	Consumo mensual (hm <sup>3</sup> /mes)			Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	1-3; 6	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	4	0,479	0,543	0,608	5,75	6,52	7,30
Tarapacá	7-9; 11-14; 16-17	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	10	0,001	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01
Antofagasta	5; 15; 18-19; 21-28	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	20	1,034	1,264	1,494	12,41	12,17	17,93
Atacama	35	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	29-34; 36-42	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
Coquimbo	43-44; 46; 49-56; 58-60	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	45	0,004	0,005	0,006	0,05	0,06	0,07
	47	0,445	0,520	0,595	5,34	6,24	7,14
	48	0,082	0,096	0,110	0,98	1,15	1,32
	57	0,022	0,025	0,029	0,26	0,30	0,35
Valparaíso	61	0,362	0,392	0,422	4,34	4,70	5,07
	62-64	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	65	0,257	0,279	0,301	3,09	3,35	3,61
	66	13,055	14,143	15,241	156,66	169,72	182,90
	67	0,203	0,220	0,237	2,43	2,64	2,84

Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por la DGA (2018c).

Los valores presentados en la Tabla XI.5 difieren de las presentadas en el estudio de la DGA (2018c) en las regiones de Arica y Parinacota, Antofagasta y Valparaíso debido a que no se consideraron empresas hidroeléctricas, desaladora de Aguas Antofagasta<sup>75</sup> y empresas mineras que si considera la aproximación del estudio comentado. A su vez la presente estimación considera algunas empresas manufactureras de productos marinos y empresas productoras de gas que no fueron consideradas en la estimación de la DGA (2018c).

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura XI.4 muestra que la mayor presión por recursos hídrico al año 2050 se materializaría, en las UA que coinciden, en general, con los mayores centros urbanos existentes en el área de estudio. Como resultado del enfoque metodológico aplicado (la cartera de industrias considerada para el cálculo de la demanda hídrica actual se mantiene fija en el tiempo),

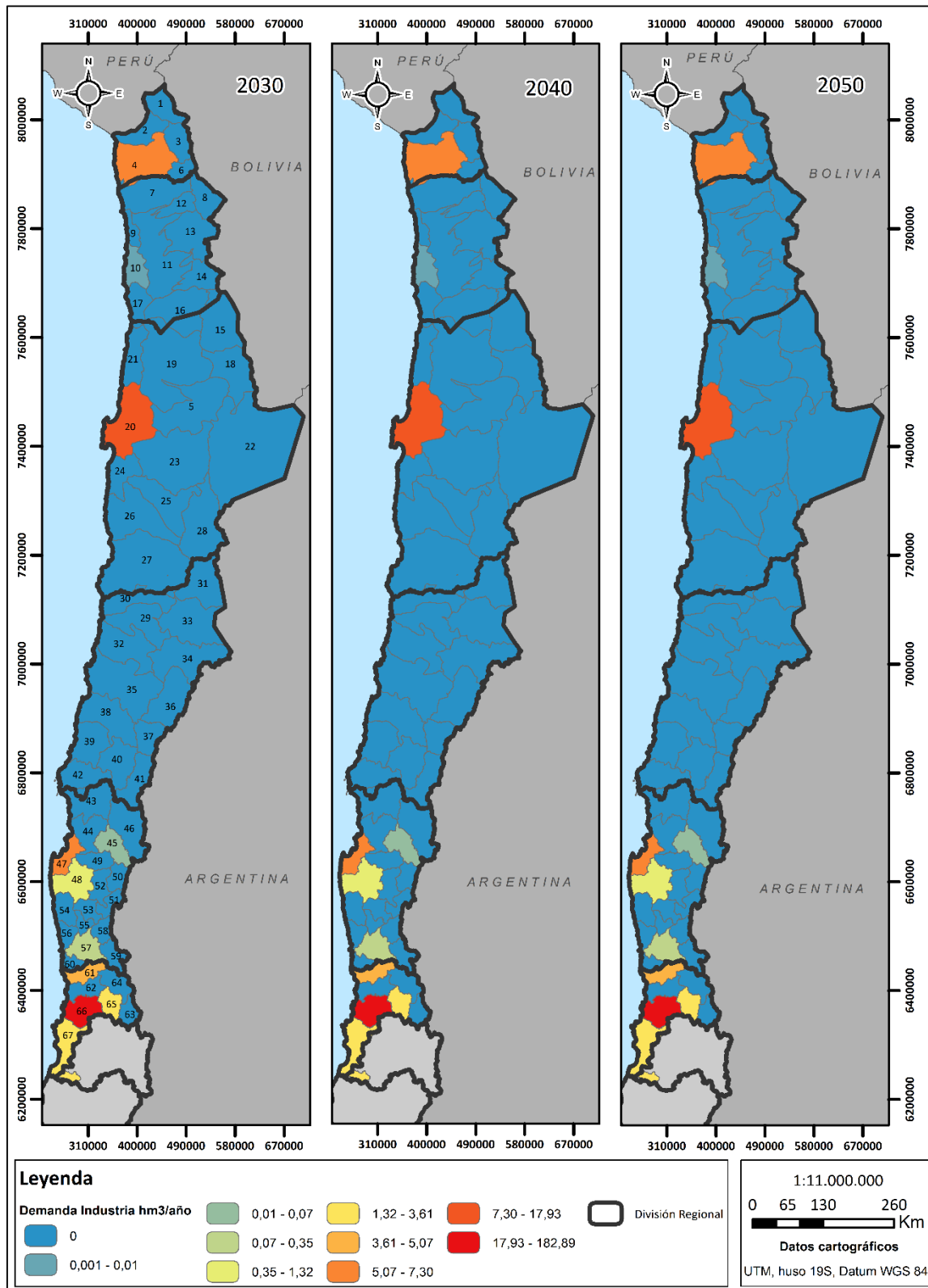
<sup>75</sup> Se asume que el agua utilizada por la desaladora está contenida en la estimación de agua potable urbana

la distribución de la demanda hídrica -además de ser coincidente con la distribución de la demanda industrial actual (ver Figura X.4)- se mantiene constante en el espacio a través del tiempo.

#### **Alcance de los resultados sector industrial**

*Al igual que para el caso del sector minero, la proyección de la demanda para el sector industrial se desarrolló mediante el uso de series de tiempo asumiéndose que el comportamiento futuro del sector está condicionado directamente por su comportamiento histórico. Por lo tanto, los resultados proyectados a 2050 no consideraron cambios repentinos dentro del entorno del sector (ej. cambios en las condiciones de mercado de cada uno de los rubros considerados en la presente estimación). Por otro lado, es importante nuevamente señalar que el presente ejercicio solo consideró el segmento de industrias manufactureras.*

Figura XI.4. Distribución espacial de la demanda hídrica futura del sector industrial por Unidad de Análisis.



Fuente: Elaboración propia.

#### XI.4. Demanda proyectada de agua del sector agrícola

Las hectáreas adicionadas a la matriz actual de cultivos para ambos escenarios, conservador y optimista, se muestran en la Tabla XI.6. Las regiones con mayores aumentos de superficie agrícola corresponden a Atacama y Valparaíso, siendo la Región de Valparaíso la que presenta mayor superficie en el escenario conservador y la Región de Atacama en el escenario optimista. Esta situación se debe principalmente a la selección de cultivos por región, las tendencias de proyección y la aptitud agrícola del territorio<sup>76</sup>.

**Tabla XI.6. Hectáreas adicionadas a la matriz actual de cultivos al año 2030, 2040 y 2050**

Región	Escenario Conservador			Escenario Optimista		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	9.199	23.814	40.070	51.682	53.698	57.095
Tarapacá	1.205	2.171	4.106	3.886	9.703	26.842
Antofagasta	3.456	7.175	9.920	6.698	25.748	48.543
Atacama	22.503	57.806	95.939	201.162	399.899	403.756
Coquimbo	17.476	30.992	48.838	46.590	103.527	169.196
Valparaíso	72.740	117.576	167.273	116.036	171.463	173.537
Total	126.579	239.534	366.148	426.053	764.039	878.968

Fuente: Elaboración Propia

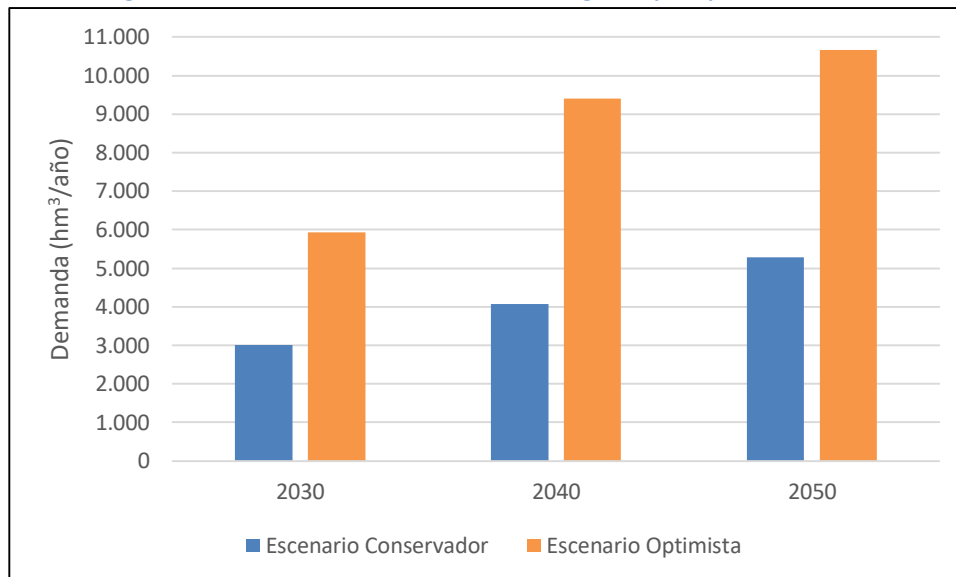
En relación al porcentaje de ocupación del área potencial de crecimiento agrícola estimada, la Región de Valparaíso es la que presenta el valor más alto, alcanzando el 89,7% de ocupación en el escenario optimista año 2050. Es relevante recordar que el área potencial de crecimiento está dada por la suma de las áreas aptas para un conjunto de 9 cultivos: Arándano, Cerezo, Limón, Naranja, Nogal, Mandarino, Olivo, Palto y Vid. Los porcentajes de ocupación de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo corresponden a 34%, 2%, 1%, 48% y 75%, respectivamente. De este análisis se advierte que las regiones con mayor oportunidad de crecimiento en términos de superficie son Tarapacá y Antofagasta.

En la Tabla XI.7, Tabla XI.8, Tabla XI.9 y Tabla XI.10 se muestran las proyecciones de demanda hídrica calculadas para los años 2030, 2040, 2050 por UA. Los valores mensuales para cada unidad se muestran en el apéndice XVIII.10. Demanda Mensual Agrícola Futura.

Al igual que para el caso de los otros sectores económicos, los resultados muestran incrementos progresivos de la demanda hídrica -en relación a los valores actuales (Tabla X.6)- en toda el área de estudio a través del periodo de tiempo considerado. A pesar de que este patrón se repite en ambos escenarios, el incremento de la demanda entre los años 2030 y 2050 bajo el escenario optimista es más evidente que el observado bajo el escenario conservador Figura XI.5

<sup>76</sup> Para ver la distribución de la superficie agrícola adicionada por UA revisar el apéndice XVIII.9. Superficie agrícola adicionada a la matriz actual de cultivos proyectada al año 2030, 2040 y 2050

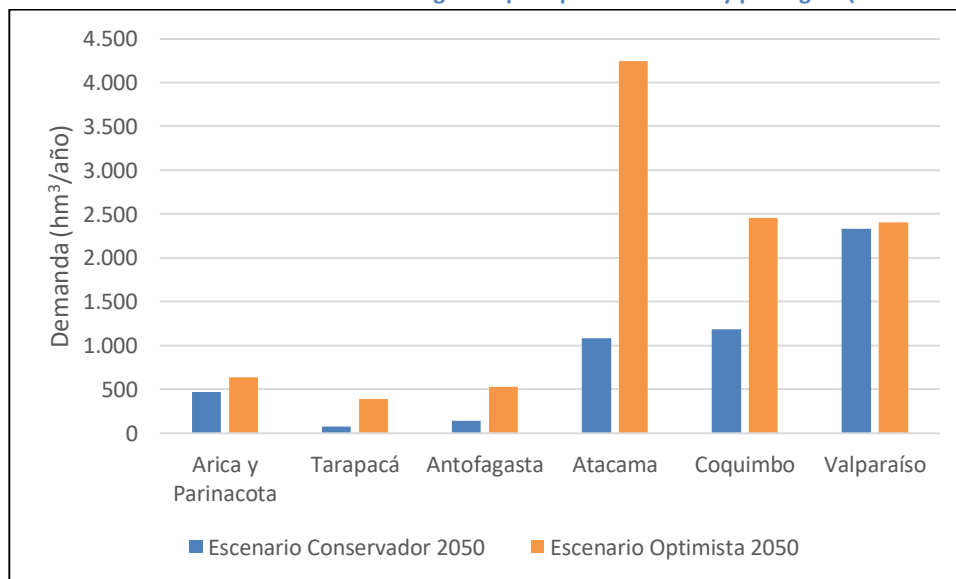
Figura XI.5. Demanda hídrica futura del sector agrícola por tipo de escenario.



Respecto a las diferencias existentes entre ambos escenarios se aprecia que, en general, el escenario optimista está asociado a mayores niveles de demanda hídrica que el escenario conservador (Figura XI.5). Estas diferencias se observan en los tres periodos de tiempo considerados y responden, en general, a una diferencia en la estructura de cultivos simulada y/o a la mayor cantidad de hectáreas adicionadas bajo el escenario optimista.

Las regiones que mayor volumen de agua demandarían a futuro -independiente del escenario proyectado- en orden de importancia serían las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso (Figura XI.6). A pesar de la adición de nueva superficie agrícola en las regiones de Antofagasta, Tarapacá y Arica y Parinacota, ésta no llega a tener un gran efecto en la demanda hídrica proyectada si se compara con el requerimiento que tendrían las regiones de Valparaíso, Coquimbo y Atacama; situación especialmente marcada bajo el escenario optimista.

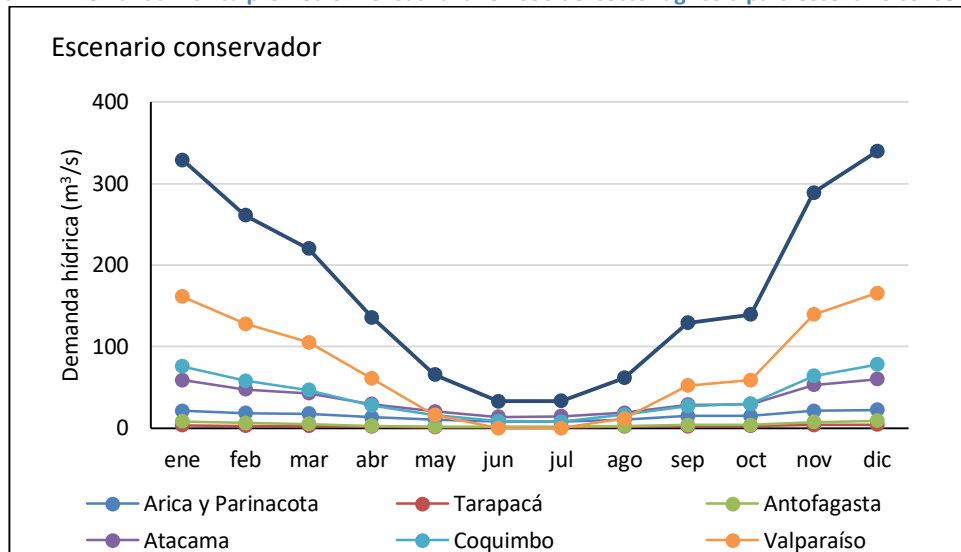
Figura XI.6. Demanda hídrica futura del sector agrícola por tipo de escenario y por región (Escenario 2050).





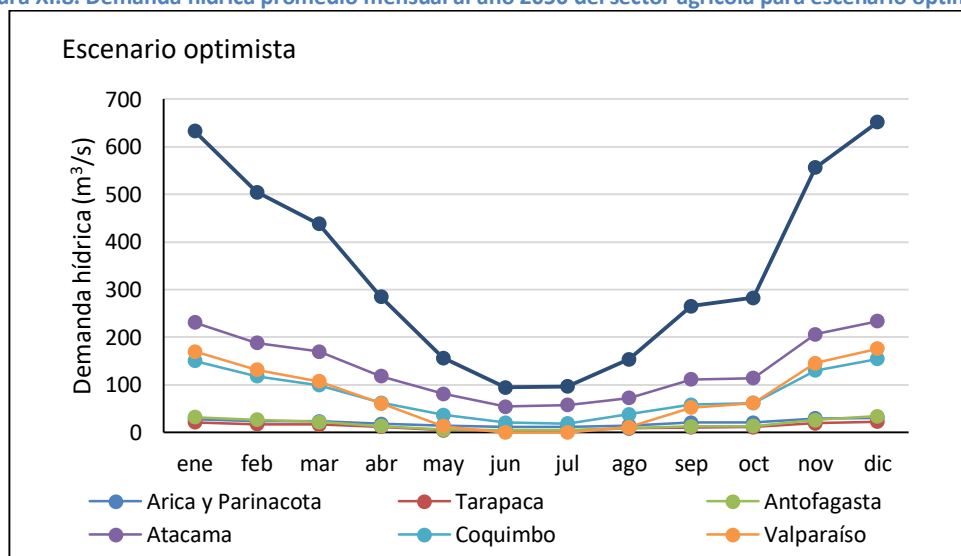
En relación a la variabilidad que la demanda hídrica experimenta dentro del año (valores a nivel de UA en el apéndice XVIII.10. Demanda Mensual Agrícola Futura -en general e independiente del escenario- se observa que los mayores requerimientos hídricos a 2050 se proyectan para las estaciones de primavera y verano (noviembre y marzo). Este patrón característico describe a todas las regiones del área de estudio.

Figura XI.7. Demanda hídrica promedio mensual al año 2050 del sector agrícola para escenario conservador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura XI.8. Demanda hídrica promedio mensual al año 2050 del sector agrícola para escenario optimista.



Fuente: Elaboración propia.

Si el análisis se realiza a nivel de UA surgen diversas particularidades que no pueden ser inferidas a través de un análisis a escala regional. Dentro de estas particularidades se observan: i) UA con igual demanda bajo ambos escenarios a través del tiempo; ii) una UA presenta un patrón de variabilidad temporal de la demanda hídrica que difiere entre ambos escenarios.

La situación descrita en (i) se observa, por ejemplo, en las UA 1,3, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17 (Tabla XI.7); 15, 18, 20, 21, 22, 23, 27 (Tabla XI.8); 30, 31, 33, 41 (Tabla XI.9); 46, 50, 51, 58, 59 y 63 (Tabla XI.10). Dos razones explican la situación descrita:

- No se introdujeron nuevas hectáreas por lo que los valores mostrados describen la demanda hídrica actual estimada a 2015. Esto responde a que las superficies disponibles no cumplen con las condiciones de sitio que los cultivos considerados requieren y/o con otras restricciones impuestas a la modelación (ej. se privilegia la superficie disponible cercana a la zona agrícola actual).
- Se adicionó nueva superficie, sin embargo, la estructura y superficie de cultivos asignada a una UA en particular bajo ambos escenarios fue la misma, por lo que la demanda hídrica asociada a dicha unidad no difiere entre ambos escenarios.

Por otra parte, la situación (ii) se ejemplifica en las UA 11 (Tabla XI.7), 5 (Tabla XI.8), 29, 32, 34, 38, 42 (Tabla XI.9), 43, 53, 54, 55 y 60 (Tabla XI.10). La explicación radica, principalmente, en que la estructura de cultivos asignada a cada UA, en particular bajo un escenario, se caracteriza por presentar diferentes requerimientos hídricos en el tiempo que la estructura de cultivos asignada a la misma unidad bajo el otro escenario.

**Tabla XI.7. Demanda hídrica (hm<sup>3</sup>/año) al año 2030, 2040 y 2050 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis (regiones Arica y Parinacota y Tarapacá).**

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
Arica y Parinacota	1	Conservador	3,73	3,73	3,73
		Optimista	3,73	3,73	3,73
	2	Conservador	65,78	88,82	65,78
		Optimista	97,47	113,43	97,47
	3	Conservador	0,19	0,19	0,19
		Optimista	0,19	0,19	0,19
	4	Conservador	239,46	376,10	239,46
		Optimista	499,31	520,97	499,31
6	Conservador	0,26	0,26	0,26	
	Optimista	0,26	0,26	0,26	
Tarapacá	7	Conservador	14,27	25,34	14,27
		Optimista	38,43	53,30	38,43
	8	Conservador	0,27	0,27	0,27
		Optimista	0,27	0,27	0,27
	9	Conservador	0,20	0,20	0,20
		Optimista	0,20	0,20	0,20
	10	Conservador	0,18	0,18	0,18
		Optimista	0,18	0,18	0,18
	11	Conservador	28,19	43,51	28,19
		Optimista	107,96	333,42	107,96
	12	Conservador	0,74	0,74	0,74
		Optimista	0,74	0,74	0,74
	13	Conservador	3,31	3,31	3,31
		Optimista	3,31	3,31	3,31
	14	Conservador	0,83	0,83	0,83
		Optimista	0,83	1,52	0,83
	16	Conservador	0,59	0,59	0,59
Optimista		0,59	0,59	0,59	
17	Conservador	0,02	0,02	0,02	
	Optimista	0,02	0,02	0,02	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XI.8. Demanda hídrica (hm<sup>3</sup>/año) al año 2030, 2040 y 2050 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis (Región de Antofagasta)

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
Antofagasta	5	Conservador	7,85	12,23	7,85
		Optimista	54,61	167,89	54,61
	15	Conservador	0,06	0,06	0,06
		Optimista	0,06	0,06	0,06
	18	Conservador	12,17	12,17	12,17
		Optimista	12,17	12,17	12,17
	19	Conservador	66,42	93,57	66,42
		Optimista	183,35	328,14	183,35
	20	Conservador	0,04	0,04	0,04
		Optimista	0,04	0,04	0,04
	21	Conservador	0,01	0,01	0,01
		Optimista	0,01	0,01	0,01
	22	Conservador	21,39	21,39	21,39
		Optimista	21,39	21,39	21,39
	23	Conservador	0,01	0,01	0,01
		Optimista	0,01	0,01	0,01
	24	Conservador	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00
	25	Conservador	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00
26	Conservador	0,00	0,00	0,00	
	Optimista	0,00	0,00	0,00	
27	Conservador	0,08	0,08	0,08	
	Optimista	0,08	0,08	0,08	
28	Conservador	0,00	0,00	0,00	
	Optimista	0,00	0,00	0,00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XI.9. Demanda hídrica (hm<sup>3</sup>/año) al año 2030, 2040 y 2050 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis (Región de Atacama).

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
Atacama	29	Conservador	2,89	2,89	2,89
		Optimista	2,89	222,70	222,70
	30	Conservador	0,05	0,05	0,05
		Optimista	0,05	0,05	0,05
	31	Conservador	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00
	32	Conservador	0,48	0,48	0,48
		Optimista	46,26	1.494,09	1.519,66
	33	Conservador	0,05	0,05	0,05
		Optimista	0,05	0,05	0,05
	34	Conservador	0,14	0,14	0,14
		Optimista	0,14	4,62	8,38
	35	Conservador	260,22	411,90	685,44
		Optimista	1.175,70	1.319,31	1.327,74
	36	Conservador	6,60	7,42	7,46

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
	37	Optimista	7,46	7,46	7,46
		Conservador	4,44	6,92	6,92
	38	Optimista	6,96	6,96	6,96
		Conservador	4,14	16,19	21,94
	39	Optimista	142,34	204,04	212,26
		Conservador	83,34	202,62	227,74
	40	Optimista	326,00	329,83	329,83
		Conservador	18,38	21,64	26,29
	41	Optimista	60,22	65,36	65,36
		Conservador	3,56	3,56	3,56
	42	Optimista	3,56	3,56	3,56
		Conservador	0,20	35,70	98,70
		Optimista	324,61	541,96	541,97
		Conservador			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla XI.10. Demanda hídrica (hm<sup>3</sup>/año) al año 2030, 2040 y 2050 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis (regiones de Coquimbo y Valparaíso).**

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
Coquimbo	43	Conservador	10,40	10,74	13,76
		Optimista	22,92	25,04	142,43
	44	Conservador	133,83	134,48	156,03
		Optimista	154,92	161,85	193,92
	45	Conservador	59,11	60,04	60,04
		Optimista	60,01	60,45	60,47
	46	Conservador	4,07	4,07	4,07
		Optimista	4,07	4,07	4,07
	47	Conservador	106,09	134,47	269,33
		Optimista	151,70	367,41	664,36
	48	Conservador	319,27	371,09	390,99
		Optimista	476,58	613,47	746,08
	49	Conservador	21,34	40,14	43,45
		Optimista	42,50	58,44	67,23
	50	Conservador	11,40	11,40	11,40
		Optimista	11,40	11,40	11,40
	51	Conservador	3,63	3,63	3,63
		Optimista	3,63	3,63	3,63
	52	Conservador	36,89	44,28	44,28
		Optimista	44,28	44,28	46,60
	53	Conservador	11,27	11,99	11,99
		Optimista	11,99	158,75	182,18
	54	Conservador	3,82	3,82	3,82
		Optimista	3,82	35,43	44,93
	55	Conservador	0,72	0,72	0,72
		Optimista	0,72	9,94	11,55
	56	Conservador	7,32	7,32	7,32
		Optimista	7,32	10,71	45,38
57	Conservador	90,57	138,09	138,09	
	Optimista	138,09	186,25	195,12	

Región	UA	Escenario	Total anual (hm <sup>3</sup> /año)		
			2030	2040	2050
	58	Conservador	5,68	5,68	5,68
		Optimista	5,68	5,68	5,68
	59	Conservador	12,92	12,92	12,92
		Optimista	12,92	12,92	12,92
	60	Conservador	4,87	4,87	4,87
		Optimista	4,87	16,33	18,83
	61	Conservador	117,47	127,00	197,84
		Optimista	127,00	196,72	196,93
	62	Conservador	265,50	266,12	327,76
		Optimista	269,74	319,78	326,10
	63	Conservador	1,68	1,68	1,68
		Optimista	1,68	1,68	1,68
Valparaíso	64	Conservador	21,66	22,30	22,53
		Optimista	22,53	22,53	22,54
	65	Conservador	367,63	367,63	381,27
		Optimista	400,60	410,13	411,25
	66	Conservador	589,20	668,99	731,38
		Optimista	719,95	799,52	807,38
	67	Conservador	134,43	446,56	667,95
		Optimista	364,01	637,17	642,59

Fuente: Elaboración propia

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, la Figura XI.9 muestra que la mayor presión por recursos hídrico al año 2050 se materializaría, en las UA ubicadas, en general, en las zonas interiores y costeras de las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso. Este patrón de distribución no difiere significativamente de la condición actual (Figura XI.9). En relación a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta la variabilidad espacial de la demanda hídrica que caracteriza al escenario actual se mantiene al año 2050 independiente del escenario proyectado. Finalmente, importante es señalar el gran aumento de la demanda hídrica en relación a la situación actual (Figura X.5) en las Unidades 4, 11, 19, 32, 35 y 48 al año 2050 y en particular bajo el escenario optimista.

### Alcance de los resultados sector agrícola

En el caso de agricultura se presentan dos escenarios (EC, EO) que deben ser interpretados cuidadosamente:

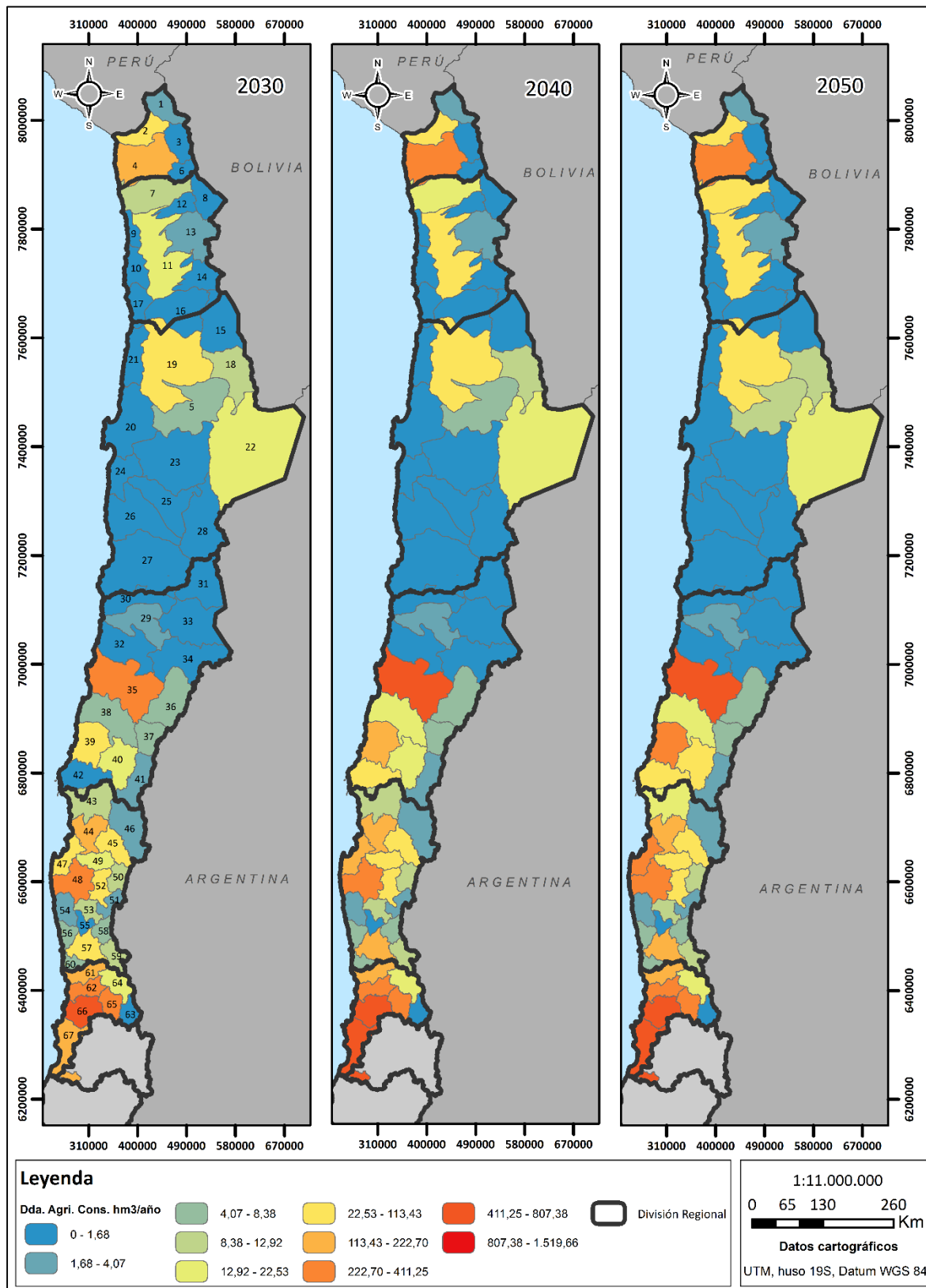
1) La matriz agrícola considerada para proyectar la demanda hídrica se basó exclusivamente en cultivos frutícolas. Al respecto, los componentes de esta matriz fueron validados -con criterio experto- como potenciales cultivos a desarrollarse en la zona de estudio si es que el recurso hídrico está disponible. No obstante, se asume que la demanda proyectada no sufriría mayores variaciones -en términos de órdenes de magnitud- si se considera una matriz de cultivos diferentes a los incluidos en la presente estimación.

2) Ambos escenarios (EC, EO) consideran tasas de crecimiento de superficie asimiladas desde otras condiciones en las cuales los cultivos se han desarrollado históricamente. Al respecto, hay regiones en las cuales históricamente nunca ha existido producción de los cultivos elegidos. Debido a esto para realizar la proyección futura se aplicaron tasas de crecimiento potencial que han caracterizado el desarrollo de dichos cultivos en otras zonas agrícolas del país. Es importante señalar que estas tasas pueden estar condicionadas por una diversidad de factores. Al respecto, el desarrollo agrícola en una región particular dependerá de muchos factores -diferentes a la disponibilidad de agua- que no han sido considerados en las proyecciones de superficie dentro del presente estudio: disponibilidad de mano de obra, nivel de mecanización de labores agrícolas (ej. cosecha, podas), calidad de los suelos de la zona de estudio, comportamiento de los mercados (ej. variedades nuevas, países consumidores y competidores, nuevos estándares ambientales), existencia de infraestructura (ej. carreteras, puertos, packing), y el nivel de conocimiento científico respecto de la producción y manejo de sistemas frutícolas en condiciones agroecológica de la zona de estudio. Aunque las tasas utilizadas integran los efectos de los factores antes mencionados, estos efectos están supeditados al comportamiento del sistema en la región en la cual la tasa fue calculada. Por lo tanto, los escenarios de demanda hídrica deben ser interpretados cuidadosamente dada las condiciones ya explicadas.

3) La zonificación agrícola no considera el tipo de suelo, el cual podría transformarse en un factor limitante en la zona norte (ej. suelos con alta conductividad eléctrica), sin embargo, se asume que se cuenta con tecnología probada y de fácil acceso para mejorar la condición de dichos suelos. Además, es importante señalar que la resolución de la información (90 x 90 m) no es -en muchos casos- suficiente para describir la variabilidad a nivel predial de aquellas variables que son claves para determinar la aptitud agrícola de especies frutales (ej. acumulación de horas frío). Por otra parte, la zonificación está basada en requerimientos agroclimáticos estándares de los cultivos obtenidos desde la literatura. Al respecto, la materialización de proyectos frutícolas particulares debe basarse en estudios agronómicos de carácter local. En especial variables como la acumulación de horas frío deben ser tratadas con especial atención para el caso de las especies caducas como los cerezos y nogales y así como la ocurrencia de heladas para el caso de especies perennes.

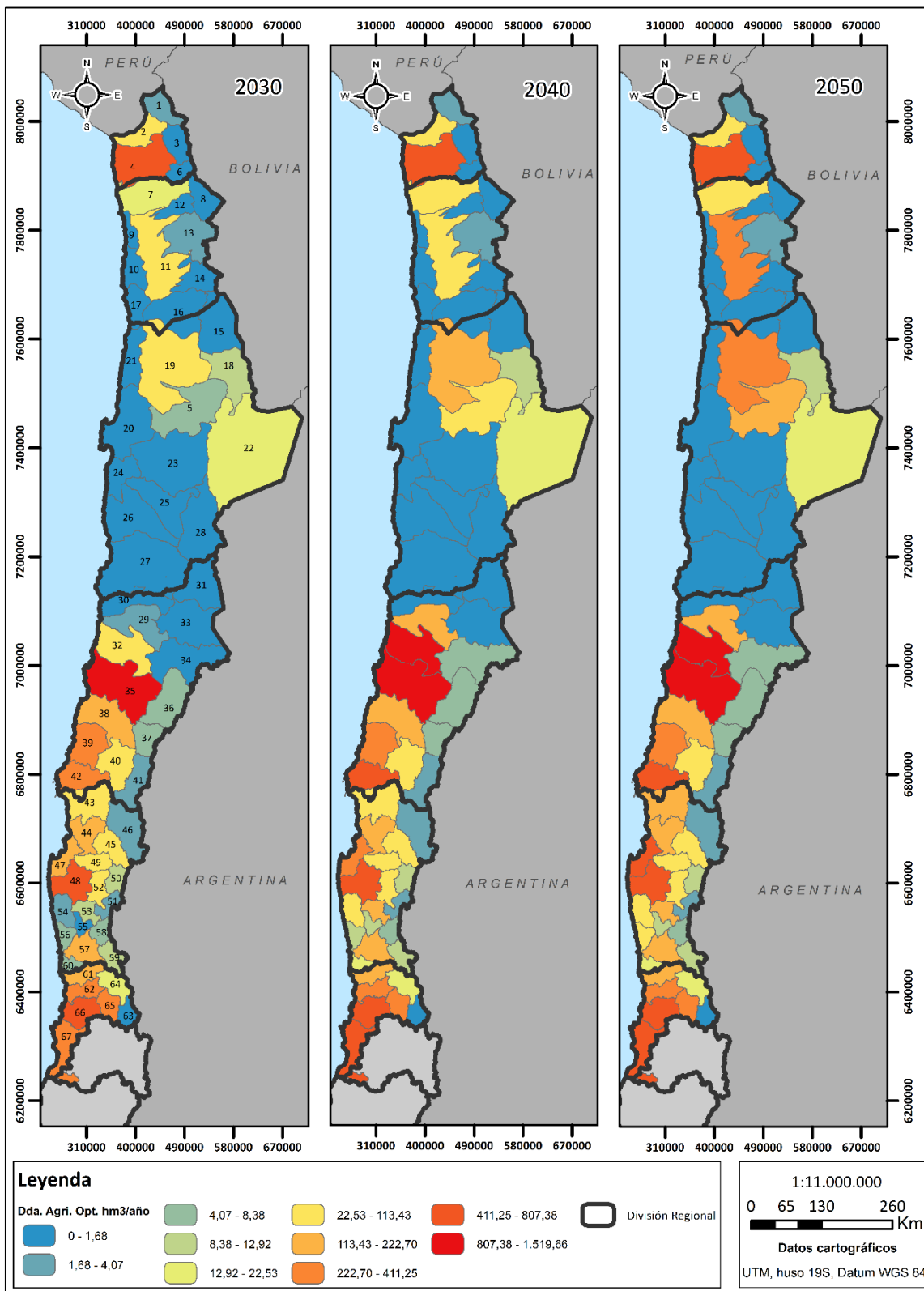
Finalmente, es importante señalar que la no consideración del cambio climático en la estimación de la demanda futura a 2050 podría subestimar los resultados entregados. Al respecto y en términos generales, se esperan cambios en variables claves que podrían redefinir los valores absolutos y la variabilidad espacio-temporal de éstas y/o redefinir las áreas aptas para la agricultura. Dentro de las variables se pueden mencionar las tasas de precipitación y evapotranspiración, la acumulación de horas frío, entre otras (AGRIMED, 2017; Boisier et al., 2018; Garreaud et al., 2017). Por tanto, es imperativo la inclusión de este factor en el caso de que desarrollen estudios más particulares y decisivos respecto de la demanda hídrica futura del sector agrícola en la zona de estudio.

Figura XI.9. Distribución espacial de la demanda hídrica futura del sector agrícola por Unidad de Análisis. Escenario conservador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura XI.10. Distribución espacial de la demanda hídrica futura del sector agrícola por Unidad de Análisis. Escenario optimista.



Fuente: Elaboración propia.



## XI.5. Validación de la estimación de la demanda de agua proyectada

### XI.5.A. Metodología

Para efectos de validar las proyecciones de demanda hídrica se llevaron a cabo un conjunto de consultas a expertos de los diferentes sectores productivos considerados en el presente estudio. En particular, se consultaron a aquellos representantes sectoriales relacionados con las cuencas identificadas como potenciales receptoras de un proyecto de trasvase. Estos representantes eran ya conocidos como buenos informantes por el equipo consultor, o bien fueron recomendados por personas ligadas a dichos sectores.

De este modo, se intentó contactar a cerca de una decena de expertos de estos tres sectores, a quienes se les aplicaron consultas vía telefónica o presencial (ver Tabla XI.11).

**Tabla XI.11. Expertos contactados para estimación de Disposición a Pago y proyección de Demanda Hídrica**

Sector	Empresa / Organización	Nombre	Cargo
Sanitario	Experto independiente	Camilo Prats	-
	Aguas Nuevas	Alberto Kresse	Gerente Corporativo de Planificación
	ESVAL	Oscar Viera	Jefe Departamento Planificación de Recursos Hídricos
		Rodrigo Osorio	Subgerente de Planificación
Minería	BHP Billiton	Rodolfo Camacho	Gerente Medio Ambiente y Comunidades
	SCM Minera Lumina Copper Chile	Jaime Andrade	Gerente de Relaciones Comunitarias
Agricultura	Universidad de Chile	Rodrigo Callejas	Académico experto en sistemas productivos zona norte
	Universidad de Chile	Marcos Mora	Académico experto economía agraria
	Universidad de Chile	Gabino Reginato*	Académico experto en frutales de hoja caduca
	Universidad de Chile	Thomas Fichet*	Académico experto en frutales de hojas perennes

\*La consulta experta a estos académicos se realizó de forma semi-estructurada sin considerar el protocolo de envío de entrevistas vía correo electrónico. Además, estos expertos entregaron una visión proveniente desde su calidad de académicos y no necesariamente como un actor una zona particular del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Aunque algunos de estos expertos podían tener un conocimiento más específico ya sea de las empresas en las cuales se desempeñan o de un área académica particular, siempre demostraron dominio de la realidad país.

Como parte del proceso de solicitud de entrevista, en el correo electrónico enviado se les explicó acerca del estudio y el contexto de la consulta. Además, se les envió parte de las consultas a realizarles (el instrumento incluyó preguntas de otro tema también relacionado con disposición a pagar) para que fuese más expedita la comunicación posterior. Esto fue importante, pues incluía diversas cifras relacionadas con la estimación de la demanda actual, los supuestos y alcance considerado y de la demanda proyectada. Al respecto, mientras que para el caso de la minería se presentó como un solo valor al 2050, especificando en algunos casos los valores por región (de acuerdo al entrevistado), para el sector sanitario se diferenció entre consumo y producción y entre las distintas regiones consideradas en el análisis. En el caso de la agricultura, se incluyó la demanda mensual actual por región, los supuestos sobre los cuales se proyectó la demanda y la proyección de hectáreas bajo los dos escenarios desarrollados (conservador y optimista) por región, para los años 2030, 2040 y 2050 junto a las demandas hídricas para el año 2050 asociadas a estos dos escenarios

(ver XVIII.11. Pauta de entrevista para la Consulta y Validación de resultados de Demanda de Agua y Disposición a Pago para los sectores minero, sanitario y agrícola).

### XI.5.B. Resultados validación

Tal como se señala en el apéndice XVIII.11, para el **sector minero** se presentó a validación la demanda futura, señalando que hubo una estimación inicial de 7.793 l/s como demanda de agua del sector, considerando el territorio comprendido entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Valparaíso. Luego se indicó: *Los resultados, proyectados al año 2050 indican un aumento en la demanda de un 30%, alcanzando un requerimiento permanente de 10.159 l/s, teniendo en consideración a todo el sector minero (no solo al cobre).*

Ambos valores resultaron razonables, no obstante, se puso mucho énfasis en que en la medida que se sigan construyendo plantas desaladoras –hay varias en proceso y otras planificadas–, la demanda por agua dulce irá cada vez más a la baja.

Para el caso particular de la Región de Atacama, la demanda proyectada (1.112 l/s) se considera adecuada en términos de orden de magnitud, aunque algo inferior a lo posible de materializarse, que en cualquier caso provendría de agua desalada como fuente principal, si las condiciones de abastecimiento no cambian.

Para el **sector sanitario** en dicho apéndice, se señalan los datos por región, teniendo hasta ahora resultados para tres regiones (Arica, Tarapacá y Atacama), en las cuales se consideró una estimación adecuada tanto para el caso de las regiones de Arica como de Atacama, encontrándose algunas diferencias con las Región de Tarapacá en la que se consideró un poco bajo el consumo (21 Mm<sup>3</sup>/año) el cual alcanzaría los 23 millones de m<sup>3</sup>/año. Se señala además que para el caso de la Región de Atacama la demanda actual (al año 2015) se acercó al orden de los 17 millones de m<sup>3</sup>/año por efecto del aluvión ocurrido en 2015, por lo cual bajó la demanda con dicho evento, y porque además existía una baja en la demanda del sector minero.

Considera en cambio, que las proyecciones no se corresponden con sus estimaciones a excepción de la Región de Atacama donde, por efecto de la recuperación por aluvión, la tasa de crecimiento sea mayor acercándose a los 20 millones de m<sup>3</sup>/año, tal como se presenta en la demanda proyectada. Estas diferencias se deban, probablemente a la tasa de crecimiento utilizada, pues este sector no utiliza el crecimiento poblacional como referencia, sino que la de crecimiento de sus clientes, la cual en estas regiones al menos es del orden del 2 al 3% anual, crecimientos lineales, con tendencia a la baja.

En el caso de las regiones de Coquimbo y Valparaíso, se reconocen diferencias con la proyección del estudio, tanto en términos de proyección de clientes como de consumo. Al parecer, los supuestos que sustentan estas proyecciones son diferentes, puesto que las tasas de consumo por cliente como las tasas de aumento de la demanda son variables en dichos casos, no así con las tasas de este estudio que mantienen un consumo fijo por cliente y una tasa de crecimiento fija en el tiempo.

Respecto al agua producida, solo se señala que, dado que esta incluye las pérdidas, se puede indagar en las pérdidas a nivel regional que identifica la SISS, y se recomienda considerar como un escenario conservador, de forma constante el porcentaje de pérdidas de acuerdo a los resultados que se presenten en los dos últimos años. No obstante, como referencia se señala un porcentaje de pérdida para la Región de Tarapacá que se minimizó a un 29%. Así también se indica el porcentaje que se tiene en una región fuera del análisis (Araucanía) del orden del 35%. Teniendo estos datos, se aprecia de forma general que los datos actuales de agua producida –salvo para la Región de Valparaíso– estarían en ese orden de pérdidas, no así en la producción proyectada, en cuyo caso, las pérdidas promedian el 21% solamente.

Para el **sector agrícola** la validación estaba centrada más bien en los supuestos que sustentaban las proyecciones de crecimiento agrícola y sus demandas asociadas, dada la generación de escenarios sobre las cuales se generaron. En general, los expertos consideran este ejercicio metodológico y sus supuestos subyacentes como una aproximación genérica coherente, validándose la matriz de cultivos propuesta y la superficie agrícola potencial simulada. Sin embargo, desde una mirada más profunda reconocen que no solo el agua es y sería el factor limitante del desarrollo agrícola en la zona de estudio, sino que también otros factores tales como:

- *Condición de los suelos.* Al respecto se resaltó la importancia de reconocer como un factor limitante la condición de los suelos (pH muy alto o presencia de caliza, por ejemplo), presente en algunas zonas, aun cuando estos se puedan manejar con tecnología, dado que esto último también depende de una disposición del agricultor a adoptarla –además de un costo asociado- que no siempre está presente. No obstante, en el escenario de contar con agua dulce de buena calidad proveniente de la zona sur, sería posible mejorar el desarrollo de cultivos en suelos con mayores limitaciones, si además se suma el desarrollo de trabajo mecanizado del suelo y la introducción de nuevas variedades.
- *Disponibilidad de mano de obra.* Otros factores que se resaltaron como importantes son la disponibilidad de mano de obra, que en la zona norte puede ser escasa dada la oferta proveniente del sector minero y por la preferencia hacia trabajos más bien ligados al sector terciario. Al respecto, los periodos de mayor demanda de mano de obra en la fruticultura son de carácter temporal (ej. aproximadamente dos meses para cosecha), lo cual no garantiza que grandes masas de personas vayan a migrar y establecerse en las nuevas zonas agrícolas. Esto último tendría como consecuencia que la disponibilidad de mano de obra no esté garantizada para toda la temporada agrícola. Por tal motivo, puede ser que gran parte de la producción frutícola que se desarrolle en las nuevas zonas agrícolas demande la mecanización de gran parte de las labores agrícola que demanda, lo cual podría disminuir el potencial número de cultivos a considerar en la matriz.
- *Nuevos estándares ambientales.* Esto puede ser un aspecto fundamental para evaluar el desarrollo agrícola. Por ejemplo, la uva de mesa se ha desarrollado con nuevas variedades que han prosperado en el norte pero que, sin embargo, conlleva la aplicación de cianamida hidrogenada para el cumplimiento de sus requerimientos de horas frío, lo que puede provocar colapso en el futuro al aumentar los estándares ambientales. De este escenario se desprende que los mercados están buscando productores con buenas prácticas de sustentabilidad, aún más al pensar en una estructura de comercialización en base a exportación, donde los mercados europeos, por ejemplo, demandan mejores prácticas.
- *Condiciones de mercado.* Este como un factor de primer orden que puede condicionar la proyección desarrollada en el presente estudio. Al respecto, es importante señalar la existencia de nuevos competidores que son capaces -por condiciones agroclimáticas adecuadas- llegar a abastecer los principales mercados en momentos en que nuestro aún no puede. Por otra parte, es de importancia considerar el potencial surgimiento de escenarios de sobreoferta como consecuencia del desarrollo de las nuevas superficies agrícolas, lo cual jugaría en contra del crecimiento sustentable del sector. Una expansión del sector agrícola, como el que potencialmente ocurriría producto de la construcción de una carretera hídrica, demandaría la diversificación tanto de los mercados de destino como de los productos agrícolas a transar (ej. variedades exclusivas) para efectos de evitar condiciones de sobreoferta.

- *Logística.* En este ámbito, por ejemplo, los costos de transporte de la producción frutal representan otro de los puntos clave para el desarrollo productivo, pues al no existir la infraestructura necesaria para el transporte de la producción o que no existan centros de distribución cercanos, puede verse mermado el desarrollo agrícola, así como también por la necesidad de recorrer grandes distancias para comercializar la producción o la falta de puertos para su exportación.

Con respecto a la eficiencia de riego (85%) considerada para estimar la demanda futura de agua, los expertos indican que el valor utilizado es optimista y que aplica a nivel macro, pues, a nivel predial, esta eficiencia puede ser considerablemente menor producto de manejos deficientes de los sistemas de riego a pesar de tener un sistema tecnológico adecuado. Esta última situación no es ajena a la situación actual del manejo del riego en el país.

Finalmente, para los expertos es de suma importancia señalar que, aunque la zonificación agrícola es un ejercicio que metodológicamente está bien logrado, la resolución de la información que deriva de ésta (90 x 90 m) no es -en muchos casos- suficiente para describir la variabilidad a nivel predial de aquellas variables que son claves para determinar la aptitud agrícola de especies frutales (ej. acumulación de horas frío). Al respecto, la materialización de proyectos frutícolas particulares debe basarse en estudios agronómicos de carácter local y en función de los requerimientos agroclimáticos y de suelo propios de las variedades a considerar (la zonificación desarrollada en el presente estudio está basada en requerimientos agroclimáticos estándares de los cultivos obtenidos desde la literatura). En especial variables como la acumulación de horas frío deben ser tratadas con especial atención para el caso de las especies caducas como el cerezos y nogales y así como la ocurrencia de heladas para el caso de especies perennes.

## XII. NODOS DE ENTREGA

### XII.1. Criterios de ubicación de Nodos de Entrega

Los nodos de entrega corresponden a puntos en el norte del país en los cuales existiría demanda de agua potencial y donde se propone eventualmente entregar el recurso hídrico proveniente de las cuencas excedentarias del sur. Los nodos de entrega se ubicaron dentro de las UA, cercanos a centros poblados y redes viales, dada la inexistencia de un trazado *a priori* de la carretera hídrica.

En específico, los nodos de entrega son puntos en los cuales se abastecería de agua en consideración de la estimación de demanda, estos se definieron en base a la infraestructura existente en las UA, entendiendo que a mayor infraestructura mayor capacidad de recibir agua trasvasada desde las cuencas excedentarias de la zona sur, junto con un criterio administrativo, utilizando ciudades que pudieran concentrar la demanda. Es así como en primer lugar se asignan como nodos a las capitales regionales, provinciales o comunales que se encuentren dentro de una UA. En aquellas UA donde no se presenten capitales, se optó por la utilización de poblados y, no existiendo poblados, se priorizaron nodos en base a la red vial (priorizando intercepción de vías o el extremo de ellas).

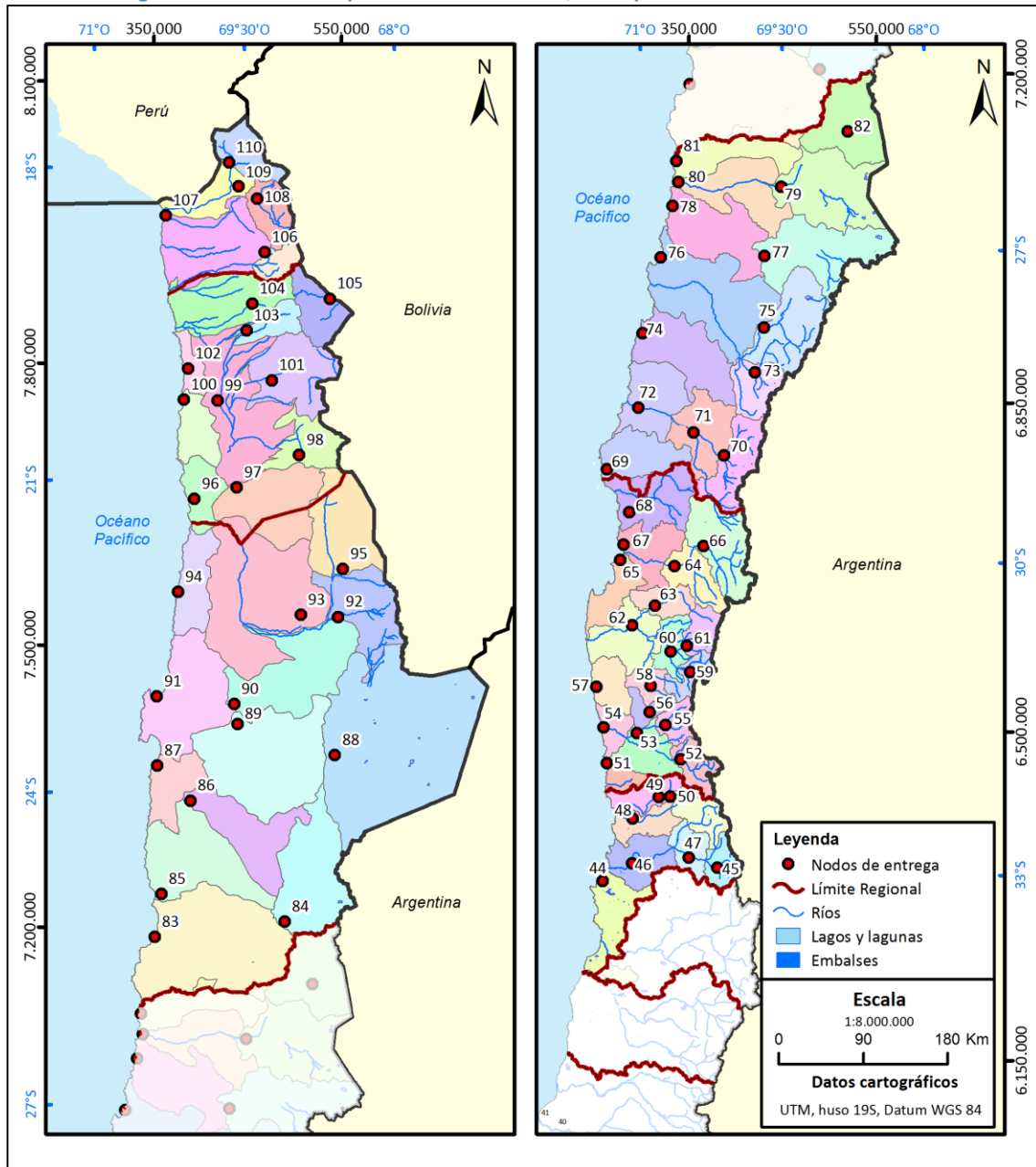
En resumen, los criterios utilizados y sus respectivas fuentes de datos para definir los nodos de captación fueron:

- Ubicación de capitales regionales, provinciales o comunales; Mapoteca de la DGA.
- Ubicación de Poblados; Centro poblados de la Mapoteca de la DGA.
- Intercepción de redes viales o extremos de ellas; Mapoteca de la DGA.

### XII.2. Definición de Nodos de Entrega

En la Figura XII.1 se pueden observar los nodos de entrega distribuidos en las cuencas deficitarias de la zona norte. Junto con la ubicación, los nodos se nombran por un número correlativo que aumenta desde sur a norte. Es necesario destacar que se comienza desde el nodo número 44 pues la contabilización inicia desde el último número identificador de los nodos de captación en las cuencas excedentarias (IV. Nodos de Captación).

Figura XII.1. Nodos de captación en la zona norte, correspondiente a cuencas deficitarias



Fuente: Elaboración propia.

### XIII. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y DISPOSICIÓN A PAGO

Habiéndose estimado el crecimiento esperado del consumo de agua para los distintos sectores económicos en las cuencas de destino de un potencial proyecto de trasvase de agua, se procedió a estimar el valor que tendría esta agua en los puntos de destino.

Dependiendo del sector económico potencialmente demandante del agua, este valor se aproximó mediante la disposición a pagar o por medio del cálculo de la capacidad de pago.

La primera aproximación se considera una medida más directa del valor buscado, sin embargo, sólo es aplicable en aquellos casos en que es posible identificar agentes económicos que se encuentren desarrollando una actividad económica equivalente a la esperable con posterioridad a la inyección de recursos hídricos desde una fuente externa, que para el área de estudio corresponden al sector minero, el industrial y el sanitario.

Para el caso del sector agrícola la situación es diferente, por cuanto se ha supuesto que una inyección de recursos hídricos tendría un efecto transformador significativo, que entre otros aspectos se reflejarían en la modificación de la matriz de cultivos y en la entrada de nuevos agentes que probablemente seguirían además una lógica económica diferente a la que es posible encontrar actualmente en las cuencas de destino. Por esta razón, si bien es posible consultar la disposición a pagar por parte de la agricultura en la situación actual y en el caso hipotético de la existencia de una fuente alternativa, es importante conocer el precio que puede pagar la actividad por el insumo.

En los párrafos siguientes se explica en detalle la metodología de estimación y los resultados obtenidos.

#### XIII.1. Estimación de la Capacidad de Pago del sector agrícola.

La capacidad de pago se entiende como el valor que se puede pagar por un insumo para que el proceso productivo sea viable, dada la participación del insumo en la estructura de costos de dicho proceso y una rentabilidad exigida a la inversión.

Una buena aproximación a este valor se puede obtener a partir de la simulación del efecto del precio del agua como insumo sobre el valor actualizado neto (VAN) de un proyecto de inversión agrícola. El VAN es una medida de rentabilidad de un proyecto y consiste en traer a valor presente los flujos caja descontados. Matemáticamente se expresa como:

##### Ecuación XIII.1. Valor actualizado neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t}$$

Donde,

- $I_0$ = Inversión inicial del proyecto
- $F_t$ = Flujo de caja para el periodo t
- n= número de periodos (años)
- k= tasa de descuento

En esta expresión, la tasa de descuento (k) se puede interpretar como la rentabilidad exigida al proyecto, por consiguiente, si el VAN toma un valor mayor a cero significa que el proyecto está rentando más de lo que

se le exige como mínimo, si es inferior a cero el proyecto no cumple con lo mínimo exigido y si es igual a cero el proyecto está rentando exactamente el interés exigido a la inversión.

Aprovechando esta característica del indicador VAN y puesto que el agua de riego es un insumo productivo que forma parte del flujo de caja del proyecto ( $F_t$ ), es posible determinar la capacidad de pago del proyecto calculando el precio del agua de riego al cual *-ceteris paribus-* el VAN del proyecto se iguala a cero, ya que este sería el valor al que el proyecto asegura la rentabilidad exigida.

Para efectos de este estudio, la capacidad de pago del sector agrícola se calculó a partir de un grupo de nueve cultivos que corresponden a los mismos que componen la matriz sobre la que se calculó el potencial de expansión agrícola en las cuencas o UA de destino. La información requerida para el cálculo de los flujos de caja de estos cultivos se obtuvo de las fichas técnicas y económicas de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y la Comisión Nacional de Riego (CNR). La rentabilidad mínima exigida fue la misma para todos los proyectos, equivalente al 15%<sup>77</sup>.

De manera particular, dentro de los ítems de costos considerados para el cálculo del flujo de caja se encuentran: i) insumos tales como fertilizantes y pesticidas, ii) mano de obra y iii) maquinaria. Además, con respecto al ítem ingresos, se consideraron los rendimientos promedios por cultivo y la proporción de la producción en venta en mercados internos y externos (los precios estuvieron diferenciados en relación al mercado de destino).

Con respecto a los valores de demanda hídrica por cultivo, se utilizó la misma información de coeficientes de cultivo y evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) utilizada para la estimación de la demanda futura del sector agrícola. En el caso de la ET<sub>o</sub>, se utilizó un valor promedio de ET<sub>o</sub> calculado para toda el área potencial agrícola proyectada a 2050 la cual fue modelada por región.

En las regiones en las cuales se modeló la presencia potencial de un cultivo sin participación histórica en la matriz agrícola (ej. cerezo en Región de Antofagasta), se replicó el flujo de la región más cercana en donde se ha desarrollado históricamente dicho cultivo (ej. cerezo en Región de O'Higgins). En el caso de arándano y cerezo -especies no cultivadas tradicionalmente en la zona de estudio- se consideraron los flujos de caja de la región en la cual el cultivo históricamente se ha desarrollado.

Finalmente, se consideró -dentro del ítem inversión- un sistema de riego tecnificado, incorporando las respectivas depreciaciones de este a lo largo del tiempo considerado en el flujo de caja. Por consiguiente, y para la estimación de la demanda hídrica del cultivo por región, se consideró una eficiencia promedio de riego del 85%<sup>78</sup>. La Tabla XIII.1 muestra los resultados obtenidos.

<sup>77</sup> El TIR de 15% fue calculado en base a un modelo denominado *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) que consideró una tasa libre de riesgo de largo plazo nominal de 4% para Chile (esta tasa es una aproximación de la TPM disponible en el Banco Central), y una expectativa de rentabilidad esperada de largo plazo del mercado chileno de 12% anual (cifra construida en base a criterio experto). El Beta de la industria utilizado fue obtenido desde la página web [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html) del ítem *Food Processing* (2019) el que fue corregido por un 50% adicional en atención de que esta fuente es elaborada en base al mercado estadounidense y responde a negocios con menor factor de riesgo. Lo anterior arroja una estimación de 14.3% la que fue aproximada a un 15% para contar con un sesgo de subestimación, es decir, si supera el 15% nos aseguramos de que supere cualquier tasa estimada con factores de error.

<sup>78</sup> Expertos señalan que la eficiencia de un 85% es teórica, pero aplica a una estimación general de demanda hídrica como la de este estudio. Sin embargo, a nivel predial esta eficiencia puede ser considerablemente menor producto de manejos deficientes de los sistemas de riego a pesar de tener un sistema tecnológico adecuado.



**Tabla XIII.1. Máxima capacidad de pago por un metro cúbico de agua para riego por especie y región. La tabla reporta cifras de pesos chilenos por metro cúbico de agua para riego (CLP/m<sup>3</sup>) para especies frutales evaluadas a 20 años.**

Región/Especie	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso
Arándano	188	155	168	175	198	206
Cerezo	258	213	230	240	272	284
Limón	174	143	83	13	98	53
Mandarino	68	56	61	64	72	75
Naranja	38	32	34	36	40	42
Nogales	242	200	217	226	256	304
Olivo	102	46	50	101	59	62
Palto	134	111	120	82	160	148
Uva de mesa	241	199	215	224	126	116
Promedio	<b>161</b>	<b>128</b>	<b>131</b>	<b>129</b>	<b>142</b>	<b>143</b>
Máximo	258	213	230	240	272	304
Mínimo	38	32	34	13	40	42

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, los resultados muestran que la capacidad de pago en un mismo cultivo es diferente en distintas regiones, lo cual se debe, en general, a que los cultivos presentan distintos consumos de agua dependiendo de la condición agroecológica donde se desarrollen.

La orientación experta recibida<sup>79</sup> y los valores de referencia obtenidos en otros estudios (Universidad de Chile, 2013a) permiten validar los resultados obtenidos en el presente estudio. Al respecto se señala como referencia un costo del agua por hectárea al año no superior a 2 millones de pesos, con un consumo entre 8 y 9 mil m<sup>3</sup>/año, lo que resulta en un precio por m<sup>3</sup> en un rango de \$222 - \$250 (precios máximos). Esto puede variar de acuerdo a la eficiencia de riego y al margen de ganancia que se obtenga de los cultivos, tal como es posible apreciar en la (Tabla XIII.1).

Según expertos, otro aspecto relevante que condiciona la capacidad de pago son las épocas de cosecha. Un caso que ejemplifica estas diferencias puede ser que la producción de algún cultivo en una nueva ventana de mercado, es decir, en alguna época del año donde el mercado mundial demande mayor cantidad del producto y no exista demasiada oferta, permita obtener mejores precios de venta y, por tanto, una mayor capacidad de pago por un volumen de agua. Esto se diferencia con la venta en mercados internos, donde los precios de venta tienden a ser menores, realidad que podría verse modificada en el mediano plazo a partir de un aumento en los niveles de ingresos del país.

### XIII.2. Disposición a pagar de los sectores

Para estimar cuál sería el valor del agua en los puntos de destino considerando los sectores agrícolas, minero, sanitario e industrial, se recurrió a consulta a informantes clave de los distintos sectores, siguiendo la metodología señalada en el apartado 0 de este informe correspondiente a la metodología para validar las proyecciones de demanda de agua. Esta información se complementó con el análisis de datos disponibles en los reportes de gestión del sector sanitario (SISS) desde el año 2010 a 2016.

<sup>79</sup> A través de criterio experto se estimó un costo no mayor a los \$2.000.000 por hectárea, es decir, para un cultivo que demande 10.000 m<sup>3</sup> por hectárea al año (cómo el caso del palto), el costo sería del orden de los \$200 por hectárea al año. Ahora, debido a escenarios de mayores ingresos por incremento del precio de venta o por mayor eficiencia de riego, se podría incluso incurrir en mayores gastos en volumen de agua por hectárea al año.

En el documento de la encuesta se incluyó la pregunta: *En un escenario hipotético en que el sector contara con acceso a agua de calidad, fruto de trasvases provenientes de cuencas de la zona centro-sur y sur, y con un suministro seguro del recurso, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar el sector por metro cúbico?* A partir de esta pregunta, se derivaron otras como los factores que inciden en esta disposición.

El principal hallazgo de esta investigación es que la disposición a pagar por estos sectores es variable dependiendo del costo de la fuente alternativa que existe para abastecerse de agua que, tanto para el sector minero como sanitario, tienen su mayor expresión en el agua desalada.

Según lo señalado por los informantes, actualmente el costo del agua desalada puesta en planta fluctúa entre los **US\$0.85 a los US\$2** el m<sup>3</sup>, considerando los costos de inversión y operación. Sin embargo, este costo estaría tendiendo a la baja producto de una disminución en el costo de la energía -que en el proceso de desalación representa aproximadamente el 85% de los costos de operación- debido a su vez a la introducción de energías renovables obtenidas *in situ*.

Cabe señalar que los valores señalados son inferiores a los que indica el consejo minero como promedio para el costo del agua desalada, que en 2013 sería de US\$5.1. Sin embargo, este valor corresponde al agua desalada puesto en faena, vale decir que incluye el traslado desde la planta desaladora hacia la faena. Lo anterior fue refrendado por los informantes, que señalaron que en efecto el costo de traslado -dependiendo de la distancia y la diferencia de cota entre la desaladora y la faena- puede quintuplicar el costo de la desalación propiamente tal. Por consiguiente, el valor de referencia para estimar la disposición a pagar por los sectores minero y sanitario debe ser el del costo de desalación, sin considerar el costo de traslado.

Finalmente se señaló también que un proyecto de trasvase que tuviera un costo mayor a UD\$2 el m<sup>3</sup> -incluyendo inversión y operación- no será competitivo. Por otro lado, se menciona que para que un proyecto de trasvase reemplazara totalmente a las desaladoras, este debería ofrecer el recurso a un valor del orden de los US\$0,4 el m<sup>3</sup>. Este valor se señala en un escenario, en el que las plantas mineras llegaran a prescindir de sus propias desaladoras a cambio de agua proveniente de un proyecto de trasvase.

En cuanto al sector agrícola, se plantea, por un lado, que la disposición a pagar no debiese superar los \$100 el m<sup>3</sup> en la Región de Valparaíso, ascendiendo hasta \$50 por cada región hacia el norte, pero estabilizándose en los \$250, en las zonas más difíciles para el desarrollo de la agricultura, esto es sector norte de la Región de Atacama (excluyendo el valle del Huasco), y las regiones de Iquique y Antofagasta. Al igual que en los otros sectores productivos, siempre será el máximo, el costo del agua desalada que es del orden de los \$700 m<sup>3</sup>, pero que en el caso de la agricultura es una opción descartada por su imposibilidad de cubrir este costo.

Una aproximación más conservadora señalaría que la disposición de pago no sería mayor a los 10 centavos (\$65-\$70) por m<sup>3</sup>, considerando que no existe una alta eficiencia de riego. Llegar a 20 centavos no sería sustentable. Ahora bien, es importante considerar que existen costos mayores relacionados al riego que son de tipo energético, producto de la necesidad de subir de cota el agua (ej. riego en laderas). Por tanto, a este costo por el agua habría que sumarle el costo actual de la energía para riego para hacer una estimación que represente mejor el costo que tiene el agua para el agricultor.

En la Tabla XIII.2 muestra la disposición a pagar de los sectores que pudieron ser consultados. Como se menciona anteriormente, en el caso de los sectores minería y sanitario estos presentan un mismo rango de precios debido a que se aproxima en base a los actuales precios del agua desalada.

Tabla XIII.2. Disposición a pagar por sector.

Sector	Disposición a pagar
Minería	US\$ 0,4 - US\$ 2
Sanitario	
Agricultura	US\$ 0,01 - US\$ 0,35

Fuente: Elaboración propia

### XIII.3. Análisis de disposición y capacidad de pago sectorial.

En función de los resultados obtenidos es posible concluir que en el área de estudio existe una importante dispersión en el precio a pagar por el agua proveniente de un potencial proyecto de trasvase, dispersión que proviene por diferencias significativas entre las capacidades de pago de los distintos sectores económicos usuarios del agua y a la existencia de una escasez hídrica que ha sido en parte subsanada con la introducción de la tecnología de desalación.

Esta fuente se puede entender como una inyección de recursos hídricos a las cuencas desde una fuente externa y por consiguiente su efecto resulta equivalente al de una carretera hídrica. Por esta razón, el costo del agua proveniente de desaladoras es vista localmente como el precio de referencia para cualquier otra fuente externa.

Sin embargo, dado los costos relativamente altos de esta fuente alternativa, el sector agrícola -principal demandante de grandes volúmenes de agua- no podría acceder a esta fuente alternativa dada que en términos generales su capacidad de pago se encuentra por debajo del costo que representa el agua desalada. De hecho, según los resultados de los análisis, si un proyecto de trasvase requiere llegar a la agricultura debe ser capaz de entregar el insumo a un precio cercano a los US\$0,25 (entendido éste, como un valor medio), lo que es significativamente más bajo que el valor actual del agua desalada.

Lo anterior, de ser técnica y económicamente posible, generaría efectos en el mercado del agua destinado a otros usos los que, aunque no son posibles de anticipar, seguramente implicarían un reemplazo de a lo menos una parte del agua desalada por agua proveniente de la carretera hídrica.

## XIV. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Durante el transcurso del proyecto se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) que se compone por bases de datos cartográficas que almacenan la información generada en el proceso y tal información se encuentra implementada en una Geodatabase de ArcGIS 10.x.

Para asegurar una concordancia entre las cartografías digitales respecto al sistema de referencia y proyección, todos los datos se trasladaron a la proyección UTM, datum WGS84 y huso 19S independiente de su información original. Adicionalmente, se adjunta, un archivo de documentación o metadata de la cartografía generada en el desarrollo del proyecto, que incluye la información de las coberturas según las normas nacionales e internacionales ISO.

El SIG se compone de 5 geodatabase, la geodatabase Carta Base contiene todas las coberturas provenientes de fuentes externas y que fueron requeridas para la obtención de los productos del proyecto. Las 4 geodatabase restantes contienen información generada en el contexto de este proyecto.

1. Dentro de la Carta Base se encuentran las siguientes capas:
  - División político administrativa regional (Mapoteca de la DGA)
  - Límite internacional (Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE))
  - Capital provincial (Mapoteca de la DGA)
  - Capital regional (Mapoteca de la DGA)
  - Chile (Elaboración propia)
  - Ciudades nacionales (Mapoteca de la DGA)
  - Red vial (obtenido de la Mapoteca de la DGA)
  - Cuencas BNA (Mapoteca de la DGA)
  - Subcuencas BNA (Mapoteca de la DGA)
  - Subsubcuencas BNA (Mapoteca de la DGA)
  - Ríos principales (Mapoteca de la DGA)
  - Bocatomas (Información generada en estudio de la DGA, no publicado)
  - Canales de riego (Información generada en estudio de la DGA, no publicado)
  - Embalses (Mapoteca de la DGA)
  - Estaciones fluviométricas (Mapoteca de la DGA)
  - Lagos y lagunas (Mapoteca de la DGA)
  - Áreas de jurisdicción (Información generada en estudio de la DGA, no publicado)
  - Máscara Chile (Mapoteca de la DGA)
2. Dentro de la geodatabase de las UA se encuentran las siguientes capas:
  - UA de todas las cuencas excedentarias
  - UA de todas las cuencas deficitarias de la zona norte
3. Dentro de la geodatabase de la Oferta Natural en cuencas excedentarias se encuentran las siguientes capas:
  - Caudal con 85% de probabilidad de excedencia por UA
  - Caudal con 50% de probabilidad de excedencia por UA
  - Caudal con 10% de probabilidad de excedencia por UA
4. Dentro de la geodatabase de la Demanda Comprometida se encuentran las siguientes capas:

- Caudales considerados en la Demanda AAC del tipo no consuntivo y ejercicio permanente por UA
  - Caudales considerados en la Demanda AAC del tipo consuntivo y ejercicio permanente por UA
  - Caudales considerados en la Demanda AAC del tipo no consuntivo y ejercicio eventual por UA
  - Caudales considerados en la Demanda AAC del tipo consuntivo y ejercicio eventual por UA
  - Caudal ecológico por UA
5. Dentro de la geodatabase de la OJ se encuentran las siguientes capas:
- Caudal disponible en términos jurídicos para un 85% de probabilidad de excedencia por UA
  - Caudal disponible para un 50% de probabilidad de excedencia en términos jurídicos por UA
  - Caudal disponible para un 10% de probabilidad de excedencia en términos jurídicos por UA
6. Dentro de la geodatabase de los Nodos de Captación se encuentran las siguientes capas
- Nodos de captación
7. Dentro de la geodatabase de la Demanda Actual se encuentran las siguientes capas:
- Demanda actual por UA
8. Dentro de la geodatabase de la Demanda Futura se encuentran las siguientes capas:
- Estimación de demanda futura al año 2030 por UA
  - Estimación de demanda futura al año 2040 por UA
  - Estimación de demanda futura al año 2050 por UA
9. Dentro de la geodatabase de los Nodos de entrega se encuentran las siguientes capas
- Nodos de entrega

## XV. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

### XV.1. Nodos de Captación

Para efectos de este estudio, se consideró que la disponibilidad de agua existente en cuencas excedentarias para un eventual proyecto de trasvase depende fundamentalmente de las regulaciones que establece el Código de Aguas y que serían las mismas que son aplicables al uso de aguas superficiales al interior de la propia cuenca. Así, se analizaron tres opciones principales para obtener caudales potencialmente disponibles para un proyecto de trasvase de agua en distintas cuencas consideradas a priori como excedentarias: solicitar DAA en cuencas donde exista disponibilidad, obtener caudales vía mercado a través de transacciones derechos o bien transando agua (arriendos temporales) mediante acuerdos institucionales.

Entendiendo lo anterior, y posteriormente a la estimación de OJ se procedió a delimitar nodos de captación que corresponden a puntos en los cuales existiría un caudal excedente y donde se propone eventualmente captar el recurso hídrico desde las cuencas excedentarias para ser transportado a las cuencas del norte del país. De esta forma, a partir de los resultados de este estudio, en esta sección se ahonda en dos de las principales formas de obtener caudales en distintos puntos de captación: solicitar nuevos DAA en aquellas áreas donde se presente OJ o negociar agua a partir de una estimación de CONCAA.

Además, y para ambas aproximaciones para estimar de posibles caudales a utilizar en un proyecto de carretera, se propone una configuración espacial de captación de nodos conforme a tres secciones por cuenca: desembocadura, parte media y parte alta. Así, se agrupan caudales, para tres probabilidades de excedencia, y se entregan resultados por secciones de la OJ y CONCAA considerando una toma por cuenca (nodo). La propuesta de agrupación responde a la premisa de que las Ofertas Jurídicas y los CONCAA no son aditivos para un mismo sistema hídrico, dado que, al extraer agua desde una cuenca, los balances cambian, y por consiguiente la disponibilidad general de la cuenca.

#### XV.1.A. Oferta Jurídica

La estimación de la OJ permitió aproximarse a caudales susceptibles de ser constituidos como DAA en las distintas cuencas determinadas como excedentarias.

La OJ en las cuencas excedentarias, según las estimaciones realizadas en este estudio, posee dos características fundamentales. La primera, tiene relación con que existiría una mayor disponibilidad de agua, en términos absolutos, en las partes bajas de las cuencas, es decir, más cercanas a sus desembocaduras. Además, y a propósito de una estimación de OJ para distintas probabilidades de excedencia, esta situación de mayor disponibilidad se daría tanto para caudales de ejercicio permanente como eventuales. Bajo una probabilidad de excedencia del 85%, las cuencas de los ríos Maule, Biobío, Toltén y Bueno presentan a desembocadura como las UA con mayor OJ. Esta cuestión se extiende a las cuencas del río Valdivia e Imperial bajo una probabilidad de excedencia del 50 y 10%.

La segunda característica tendría relación con que, a pesar de existir menor disponibilidad en las altas y medias de las cuencas excedentarias para solicitar DAA, existe una interesante variabilidad dentro de un año que permitiría tener caudales disponibles con características eventuales e incluso permanentes en la época de invierno, por tanto, cualquier diseño que contemple un proyecto de trasvase tendría que considerar las grandes diferencias dentro del año dentro de su modelo de operación. En efecto, las máximas disponibilidades en todas las cuencas para distintas probabilidades de excedencia se concentran en el periodo de invierno, específicamente entre los meses de junio y agosto.

En cuanto a los resultados específicos, se presentan grandes caudales bajo una probabilidad del 85%, tanto en oferta medio anual, con 445 m<sup>3</sup>/s y 430 m<sup>3</sup>/s, como en las máximas disponibilidades mensuales (1.083 y 997 m<sup>3</sup>/s), en las desembocaduras de las cuencas del río Biobío y río Bueno.

Para un escenario con una probabilidad de excedencia del 50%, probabilidad en la que se incorporan los caudales eventuales, la oferta medio anual es menor en estas UA, con desembocadura de Río Biobío con 380 m<sup>3</sup>/s y de río Bueno con 282 m<sup>3</sup>/s. Además, se destaca la desembocadura de la cuenca del río Maule con 240 m<sup>3</sup>/s. En este mismo orden, las máximas disponibilidades mensuales alcanzan 1.057, 811 y 780 m<sup>3</sup>/s.

Bajo una probabilidad de excedencia del 10%, estas tres cuencas siguen siendo las predominantes, pero en otro orden. Así, la cuenca del río Biobío presenta en desembocadura una oferta media anual de 1.200 m<sup>3</sup>/s con un *peak* de 3.020 m<sup>3</sup>/s; le sigue la desembocadura de la cuenca del río Maule, con un promedio de 1.050 m<sup>3</sup>/s y una disponibilidad mensual que puede llegar a los 2.813 m<sup>3</sup>/s, y finalmente la cuenca del río Bueno, cuya desembocadura presenta una oferta media anual de 765 m<sup>3</sup>/s, con un máximo mensual disponible de 1.487 m<sup>3</sup>/s.

Las cuencas costeras no tendrían caudales considerables para trasvasar. Así, las cuencas entre los ríos Bueno y Puelo, Puelo y Yelcho, y Yelcho y límite regional, no presentan OJ significativa bajo ninguna de las probabilidades de excedencia, llegando una de sus UA a una máxima oferta promedio anual de 84 m<sup>3</sup>/s (UA 46), en el escenario menos probable (10% probabilidad de excedencia). Esto se suma la dificultad de construir infraestructura para trasvasar agua desde esta zona.

Un hecho a recalcar más allá de estas dos marcadas características se refiere a que esta estimación no debe ser entendida como una cantidad aditiva de agua disponible para ser utilizada en un eventual proyecto, dado que, al constituir un derecho en una determinada sección de la cuenca, el balance cambia y, con ello, también el caudal disponible para otorgar derechos (OJ), siendo una situación dinámica.

Por último, y dado que en el país no existiría un costo directo por concepto de solicitar DAA en los casos donde existe OJ, no aplican posibles precios para obtener caudales para un eventual proyecto de trasvase por esta vía.

Tabla XV.1. Caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) correspondientes a la Oferta Jurídica, diferenciados por probabilidad de excedencia, con su respectiva ubicación referencial (identificador de cuenca y número de nodo) y precios (en este caso nulos).

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio	
Maule <sub>39</sub>	6.054.633	249.105	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	231,9	156,5	44,1	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	306,0	189,9	160,3	37,1	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	984,9	1.395,2	1.011,3	614,0	411,1	183,7	0,0	0,0	-	
Maule <sub>36</sub>	6.005.731	222.037	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	81,2	151,9	133,5	90,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
Maule <sub>42</sub>	6.076.722	208.430	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	448,6	272,6	156,2	118,4	24,8	28,5	-	
			50%	16,1	0,0	0,0	0,0	218,6	752,4	523,9	432,2	244,6	65,5	171,7	167,0	-	
			10%	263,4	56,0	0,0	125,2	2.082,3	2.640,2	1.607,0	1.300,0	1.035,9	651,2	546,1	441,2	-	
Maule <sub>38</sub>	6.046.212	308.553	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	63,8	-
Maule <sub>37</sub>	6.022.470	224.522	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,8	56,7	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
Maule <sub>43</sub>	6.086.342	190.189	85%	46,9	2,6	0,0	0,0	29,5	220,5	578,5	337,3	207,1	131,8	154,7	120,7	-	
			50%	64,0	51,0	26,4	44,7	191,8	780,5	431,1	459,0	272,1	173,5	162,8	201,9	-	
			10%	311,1	148,2	101,7	222,7	2.389,4	2.813,4	2.328,3	1.506,5	1.106,9	746,0	468,9	452,6	-	
Maule <sub>40</sub>	6.061.384	254.465	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	60,2	120,0	68,1	61,1	18,3	1,1	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	47,7	250,5	166,2	112,0	74,5	28,2	115,3	109,2	-	
			10%	156,9	0,0	0,0	0,0	875,2	838,9	755,1	421,8	382,9	317,5	275,5	355,3	-	
Maule <sub>41</sub>	6.072.965	251.719	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	149,0	54,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
Biobío <sub>31</sub>	5.817.238	181.059	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	



Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
Biobío <sub>30</sub>	5.812.971	262.160	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biobío <sub>33</sub>	5.868.693	170.194	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biobío <sub>34</sub>	5.914.949	137.526	85%	88,0	22,4	0,0	0,0	282,3	1.051,1	1.083,1	992,9	820,4	507,4	312,9	179,8	-	
			50%	128,0	91,9	68,7	180,7	416,5	1.060,5	709,6	609,8	430,0	384,0	282,1	218,2	-	
			10%	293,2	128,8	0,0	490,9	3.016,2	2.370,8	2.038,9	1.753,0	1.236,4	1.104,5	811,9	555,0	-	
Biobío <sub>32</sub>	5.837.645	182.605	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,8	122,2	109,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Biobío <sub>35</sub>	5.917.857	130.033	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	95,0	70,9	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	372,4	268,9	183,1	665,3	3.020,8	2.375,1	2.042,4	1.755,8	1.239,7	1.107,4	814,9	597,0	-	
Imperial <sub>28</sub>	5.699.860	156.903	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	153,8	407,7	411,6	316,0	167,0	88,4	0,0	0,0	-	
Imperial <sub>29</sub>	5.719.317	164.718	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0	778,9	810,9	720,7	548,7	235,2	40,9	0,0	-	
			50%	48,7	0,0	0,0	6,3	413,5	1.057,6	706,8	607,0	426,7	381,1	279,1	176,2	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	86,1	277,6	281,0	199,8	130,3	75,0	0,0	0,0	-	
Imperial <sub>27</sub>	5.698.577	116.687	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,6	226,2	222,8	144,6	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	291,2	277,4	233,9	143,2	108,5	24,0	0,0	-	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	583,9	844,0	804,6	593,3	419,3	399,4	216,9	107,4	-	
Toltén <sub>25</sub>	5.673.311	146.265	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	255,8	320,2	309,2	241,8	60,5	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	16,3	124,5	290,7	232,4	156,8	144,3	127,9	74,5	11,5	-	
			10%	93,9	46,3	36,2	158,2	660,5	675,8	687,7	469,4	335,3	386,1	396,6	235,2	-	

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio	
Toltén <sub>26</sub>	5.679.728	219.717	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Toltén <sub>24</sub>	5.666.303	207.203	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Toltén <sub>23</sub>	5.666.235	159.542	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	13,4	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Toltén <sub>22</sub>	5.665.293	181.250	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	34,9	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Toltén <sub>21</sub>	5.647.899	135.921	85%	68,7	53,7	35,4	67,9	174,7	466,3	530,5	519,5	452,0	270,6	205,8	107,7	-	
			50%	79,9	76,3	61,0	121,5	170,7	352,5	267,2	242,5	168,0	147,1	97,4	127,7	-	
			10%	230,9	171,4	176,4	272,6	759,1	770,2	767,6	589,7	376,1	422,9	440,5	364,9	-	
Valdivia <sub>16</sub>	5.580.590	172.573	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Valdivia <sub>19</sub>	5.601.313	160.941	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	21,6	22,5	21,3	12,9	0,3	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	14,3	10,4	6,4	4,3	4,3	0,0	0,0	0,0	-
			10%	2,7	0,0	0,0	8,7	39,3	36,8	36,7	24,8	17,0	16,7	9,1	7,3	-	
Valdivia <sub>17</sub>	5.589.250	158.612	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	335,1	306,8	297,6	207,6	23,1	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	33,3	188,7	269,0	224,7	160,9	130,0	115,7	77,0	35,9	-	
			10%	83,4	47,0	46,2	203,2	746,6	607,4	508,2	470,3	295,8	393,8	237,4	209,7	-	
Valdivia <sub>18</sub>	5.591.992	202.127	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Valdivia <sub>14</sub>	5.566.776	145.609	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	24,9	30,0	29,2	15,7	1,2	0,0	0,0	-	

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio
			50%	0,0	0,0	0,0	0,7	15,2	28,3	17,4	13,0	9,2	5,8	2,4	0,0	-
			10%	4,2	0,5	0,8	22,0	53,0	48,6	45,6	37,3	20,6	19,4	10,6	11,2	-
Valdivia <sub>20</sub>	5.614.547	164.665	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,6	76,4	72,4	39,7	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	61,5	57,1	33,2	20,7	10,9	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	22,5	150,5	146,5	136,5	108,9	73,1	64,3	28,5	20,6	-
Valdivia <sub>15</sub>	5.575.963	124.240	85%	63,3	41,1	32,7	68,7	194,5	655,1	640,9	623,7	471,6	208,0	154,1	85,7	-
			50%	53,5	43,8	47,2	102,5	391,0	442,9	374,4	256,0	201,8	173,5	122,9	121,0	-
			10%	205,2	146,7	154,6	392,5	1.165,9	998,1	844,9	746,4	459,0	577,5	365,4	434,9	-
Bueno <sub>5</sub>	5.484.061	142.645	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	52,3	71,6	72,4	36,1	4,4	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	52,3	47,6	35,1	12,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	6,7	95,5	124,3	107,7	102,6	48,5	16,8	0,0	0,0	-
Bueno <sub>9</sub>	5.505.704	136.885	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,1	83,1	44,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	128,5	320,9	333,9	263,3	86,7	4,2	0,0	0,0	-
Bueno <sub>6</sub>	5.493.546	146.381	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	29,8	102,6	108,2	105,6	68,0	13,1	5,2	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	93,9	61,1	50,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	53,8	144,1	162,0	161,9	145,8	83,8	47,1	1,6	2,1	-
Bueno <sub>10</sub>	5.521.537	160.040	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,4	54,1	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	138,5	268,9	220,1	195,1	53,3	35,8	0,0	0,0	-
Bueno <sub>12</sub>	5.534.270	152.550	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	11,0	6,0	1,4	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	53,6	47,7	33,8	17,0	0,8	0,0	0,0	-
Bueno <sub>11</sub>	5.529.169	162.723	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,3	89,4	47,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	348,4	457,7	373,8	316,0	71,3	52,2	0,0	0,0	-
Bueno <sub>7</sub>	5.495.344	156.378	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	13,2	18,4	18,1	11,8	2,5	0,3	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	16,8	10,3	8,4	1,7	0,0	0,0	0,0	-

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio
			10%	0,0	0,0	0,0	1,9	28,8	31,4	29,6	24,0	11,2	7,8	0,0	0,0	-
Bueno <sub>13</sub>	5.535.321	100.402	85%	124,4	100,3	89,5	138,6	366,9	849,7	991,4	997,3	696,4	356,4	271,4	172,4	-
			50%	71,9	62,7	64,6	145,9	477,8	811,8	479,4	359,8	299,1	243,5	192,3	176,6	-
			10%	302,3	239,2	245,6	594,5	1.378,8	1.486,6	1.217,5	1.038,7	652,6	819,6	568,7	623,1	-
ByP <sub>2</sub>	5.388.967	124.094	85%	36,6	27,2	23,2	22,0	30,6	61,2	77,2	104,5	99,8	78,7	64,8	51,1	-
			50%	17,0	13,8	11,4	13,7	28,6	64,5	70,2	32,8	22,5	20,7	17,8	15,8	-
			10%	44,1	37,1	32,4	46,2	103,9	146,2	134,9	99,3	70,0	60,3	57,6	54,1	-
ByP <sub>4</sub>	5.417.910	94.481	85%	3,3	1,4	0,6	3,2	10,3	37,0	44,9	43,7	29,5	15,1	9,4	5,5	-
			50%	15,6	10,7	10,0	29,6	67,0	65,4	53,3	52,5	30,2	27,2	19,4	16,7	-
			10%	4,6	3,1	2,8	2,8	20,0	29,1	23,7	18,1	13,3	7,4	5,8	5,3	-
ByP <sub>3</sub>	5.398.678	179.076	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	28,2	16,7	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-
			10%	0,0	0,0	0,0	11,4	57,4	63,8	47,6	44,7	6,8	4,6	0,0	6,7	-
ByP <sub>8</sub>	5.499.512	101.204	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	9,8	13,8	16,1	7,4	2,4	1,4	0,0	-
			50%	0,0	0,0	0,0	0,3	8,3	11,4	9,5	7,3	6,8	3,6	2,5	1,2	-
			10%	3,1	1,0	1,5	9,1	24,0	29,1	25,9	20,8	14,4	12,6	7,4	6,8	-
ByY <sub>1</sub>	5.239.938	196.393	85%	2,6	2,0	1,7	2,0	3,0	3,9	4,3	4,8	4,7	4,4	3,9	3,4	-
			50%	1,2	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0	1,1	-
			10%	3,5	3,1	2,8	2,5	2,7	4,0	3,5	3,4	3,3	3,0	3,2	3,1	-

Fuente: Elaboración propia.

### XV.1.B. Caudal observado no comprometido aguas abajo

Al considerar el caudal observado bajo distintas probabilidades de excedencia y descontando las obligaciones aguas abajo (demanda externa) se presenta un escenario interesante de analizar. A pesar de que pueda existir o no OJ en los distintos nodos de captación propuestos en este estudio, sería posible aun así negociar caudales en distintos lugares del área de estudio.

En las cuencas excedentarias donde existe un importante desarrollo agrícola (Maule, Biobío, Imperial, Toltén), la mayor demanda de agua corresponde a los requerimientos para riego, la que es mayor en meses de primavera y verano, y menor en invierno a pesar de que, en general, existen derechos permanentes por el mismo caudal para todo el año. Teniendo en consideración esta variabilidad temporal de la demanda agrícola, parte de estos caudales excedentes invernales podrían formar parte de potenciales acuerdos de compra de volúmenes de agua. Este comportamiento se reflejaría en las estaciones fluviométricas, mostrando caudales altos en invierno que no estarían comprometidos aguas abajo, probablemente porque la extracción de agua no es completa en esa época. Sin embargo, un aspecto interesante de considerar sería que a pesar de que en invierno la demanda agrícola no sería fuerte, la demanda hidroeléctrica podría serlo, por lo que negociar caudales para ser trasvasados sería más complejo.

La estadística de caudales observados además reflejaría los regímenes habituales de extracción de aguas arriba de las estaciones fluviométricas, por lo que recurrentemente se podría contar con esos caudales. No obstante, es necesario recalcar que los caudales obtenidos no necesariamente están disponibles en su totalidad pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales, lo que influye en la estadística de caudales empleada. De esta forma, el caudal estimado no representa una oferta física de agua asegurada para ser utilizada en un proyecto de trasvase. Además, si se llegara a negociar parte de este caudal en determinado lugar, los balances cambiarían y se debiera ajustar nuevamente la estimación, considerando un nuevo escenario más restrictivo, en que se podrían presentar mayores extracciones, o extracciones concentradas en épocas donde antes no se presentaban.

Los resultados de la estimación de este caudal muestran que bajo una probabilidad del 85% las cuencas del río Biobío (UA 29) y del río Toltén (UA 10), presentan el mayor caudal disponible, cuyos promedios anuales están entre los 395 y 340 m<sup>3</sup>/s -aunque con gran dispersión (en todas las probabilidades de excedencia)-, alcanzando máximos mensuales en el mes de julio de 838 y 634 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Esta tendencia se mantiene en estas UA bajo una probabilidad de excedencia del 50%, con caudales que alcanzan los 1.412 m<sup>3</sup>/s para el caso de la cuenca del río Biobío (con un promedio anual de 715 m<sup>3</sup>/s) y los 1.060 m<sup>3</sup>/s en la cuenca del río Toltén (con promedio anual de 530 m<sup>3</sup>/s). Los máximos caudales en esta probabilidad se presentan entre los meses de junio y agosto. En el escenario menos probable de un 10% de probabilidad de excedencia, también se destaca la cuenca del río Maule (UA 21) con disponibilidades máximas de 1.794 m<sup>3</sup>/s en julio y un promedio anual de 820 m<sup>3</sup>/s, encontrándose en tercer lugar de importancia luego de Biobío y Toltén cuyas UA (29 y 10), presentan caudales que alcanzan 3.030 m<sup>3</sup>/s y los 1.861 m<sup>3</sup>/s en julio (y promedios anuales de 820 y 865 m<sup>3</sup>/s).

En relación a los posibles pagos referenciales, y como ya fue señalado, se propone una modalidad de arriendo temporal de caudales a los titulares actuales bajo la lógica de transar agua en épocas donde no se esté haciendo un uso efectivo de los derechos ya otorgados. Dada la falta de información de precios referente a volúmenes, dado que no sería un mercado habitual en el país (contrario a lo que ocurre con transferencias de DAA), se siguió una aproximación de precios relacionada al costo de oportunidad relacionada al sector agrícola (ver V. Recomendaciones generales para acuerdos entre privados). Así, se consideró tanto la capacidad de pago (costo en que la VAN se iguala a 0) como considerar el costo del agua

como un porcentaje de los costos totales. Se eligió dicho sector pues representa el principal sector consumidor de agua en el país y, por tanto, sería el principal propietario de DAA consuntivos.

Tabla XV.2. Caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) correspondientes a caudales observados no comprometidos aguas abajo, diferenciados por probabilidad de excedencia, con su respectiva ubicación referencial (identificador de cuenca y número de nodo).

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maule <sub>39</sub>	6.054.633	249.105	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	43,6	171,6	99,3	62,5	10,5	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5	339,4	457,3	343,4	222,6	37,8	17,2	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	43,5	1.007,9	1.242,6	991,9	750,0	722,7	309,0	112,5	57,3
Maule <sub>36</sub>	6.005.731	222.037	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	123,0	124,2	183,5	79,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Maule <sub>42</sub>	6.076.722	208.430	85%	30,9	22,7	46,8	98,6	162,8	208,6	240,8	167,9	233,4	149,5	100,9	62,2
			50%	110,7	67,2	14,9	159,3	294,5	452,9	680,6	515,3	474,0	312,4	248,9	181,5
			10%	259,9	150,4	176,6	331,3	1.412,2	1.723,3	1.794,4	1.608,8	924,2	617,1	460,5	404,9
Maule <sub>38</sub>	6.046.212	308.553	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maule <sub>37</sub>	6.022.470	224.522	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	44,2	103,0	55,8	66,3	9,8	0,0	0,0	0,0
Maule <sub>40</sub>	6.061.384	254.465	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	15,6	22,8	9,4	12,6	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	8,2	70,8	94,3	146,9	115,3	84,0	71,0	85,1	45,5
			10%	195,0	0,0	68,3	91,1	173,0	260,9	300,3	313,4	250,1	270,6	297,1	380,0
Maule <sub>41</sub>	6.072.965	251.719	85%	6,7	5,7	6,3	16,1	21,8	32,8	43,0	21,9	33,3	29,6	24,1	20,4
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	83,0	76,4	77,9	63,1	37,9	32,4	17,1
			10%	14,4	7,4	16,3	23,5	78,6	326,5	200,0	261,3	139,7	72,2	43,3	36,9
Biobío <sub>31</sub>	5.817.238	181.059	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	38,2	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biobío <sub>30</sub>	5.812.971	262.160	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Biobío <sub>33</sub>	5.868.693	170.194	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	122,7	225,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biobío <sub>34</sub>	5.914.949	137.526	85%	67,7	50,3	81,5	115,8	240,2	693,1	838,3	824,7	795,1	555,2	335,6	171,2	
			50%	166,4	134,9	115,2	275,1	658,8	1.349,7	1.412,4	1.410,7	1.225,3	925,1	596,5	326,9	
			10%	440,2	293,2	273,5	573,3	1.851,2	3.030,4	2.880,8	2.135,4	2.030,2	1.617,4	1.198,0	768,2	
Biobío <sub>32</sub>	5.837.645	182.605	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Imperial <sub>28</sub>	5.699.860	156.903	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	83,8	81,8	40,2	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	202,1	284,1	207,1	108,4	23,6	0,0	0,0	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	243,5	561,5	573,8	441,5	307,8	174,1	62,5	0,0	
Imperial <sub>29</sub>	5.719.317	164.718	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	68,1	66,7	30,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	169,0	153,3	68,6	3,3	0,0	0,0	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	133,4	366,4	387,2	291,8	174,2	86,4	0,0	0,0	
Toltén <sub>26</sub>	5.679.728	219.717	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,3	121,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toltén <sub>24</sub>	5.666.303	207.203	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8	187,8	31,0	44,6	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,0	450,7	242,6	226,5	0,0	0,0	0,0
Toltén <sub>23</sub>	5.666.235	159.542	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	45,3	13,0	5,6	0,0	0,0	0,0
Toltén <sub>22</sub>	5.665.293	181.250,8	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	40,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	81,8	32,6	19,3	0,9	0,0	0,0



Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Toltén <sub>25</sub>	5.673.311	146.265	85%	166,5	154,6	150,2	167,1	178,1	559,9	633,7	623,6	553,3	399,5	290,5	201,9	
			50%	258,0	216,0	197,8	228,9	323,4	1.011,7	1.060,9	859,9	790,5	588,4	468,4	355,0	
			10%	372,1	292,0	249,1	344,6	823,6	1.570,9	1.861,0	1.302,6	1.235,0	935,8	801,8	642,1	
Valdivia <sub>16</sub>	5.580.590	172.573	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Valdivia <sub>19</sub>	5.601.313	160.941	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	17,1	20,3	11,6	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,1	4,8	26,7	28,9	31,5	19,3	5,5	0,4	1,2	
			10%	2,3	1,3	0,5	4,5	22,7	55,9	61,0	52,5	33,7	16,7	12,1	9,6	
Valdivia <sub>17</sub>	5.589.250	158.612	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	329,9	341,4	329,3	236,4	64,9	27,0	0,0	
			50%	22,4	0,0	0,0	14,7	179,2	646,3	583,2	538,9	369,3	195,4	124,7	86,0	
			10%	151,2	66,8	41,8	268,1	506,0	1.048,6	1.041,3	759,5	533,6	402,5	330,2	349,7	
Valdivia <sub>18</sub>	5.591.992	202.127	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Valdivia <sub>14</sub>	5.566.776	145.609	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	36,8	29,9	24,2	9,8	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	53,9	41,9	52,3	20,8	1,8	0,0	0,0	
			10%	1,3	2,2	0,0	24,8	190,8	89,0	79,2	82,5	41,4	67,8	8,1	6,9	
Valdivia <sub>20</sub>	5.614.547	164.665	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,5	86,0	85,1	55,6	2,9	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	152,2	130,3	127,2	85,4	27,9	4,3	0,7	
			10%	4,9	0,0	0,0	26,3	147,1	254,2	259,5	229,4	141,2	80,8	46,7	33,9	
Bueno <sub>5</sub>	5.484.061	142.645	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	50,2	75,9	43,7	1,8	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	98,3	116,2	91,9	63,0	15,4	0,0	0,0	
			10%	0,0	0,0	0,0	24,7	95,3	186,8	197,7	176,9	98,8	65,2	2,6	0,0	
Bueno <sub>9</sub>	5.505.704	136.885	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,3	93,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,6	173,1	169,1	9,7	0,0	0,0	0,0	
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	200,2	413,9	415,6	308,6	106,7	67,5	0,0	0,0	
Bueno <sub>6</sub>	5.493.546	146.381	85%	5,7	3,3	0,0	14,5	33,7	102,5	151,7	145,9	105,5	27,8	12,7	11,6	

Id Nodo	Coordenada norte	Coordenada este	Prob. Exc.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	145,7	190,3	212,9	138,0	57,5	0,0	0,0	
			10%	0,0	0,0	0,0	2,4	72,4	226,5	262,4	267,3	195,2	86,3	0,0	0,0	
Bueno <sub>10</sub>	5.521.537	160.040	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,5	53,6	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	2,4	116,7	206,6	195,5	152,7	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Bueno <sub>12</sub>	5.534.270	152.550	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	6,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	9,4	16,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,2	15,3	34,6	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Bueno <sub>11</sub>	5.529.169	162.723	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,2	179,8	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	407,3	401,1	217,7	122,1	150,5	0,0	0,0	0,0
Bueno <sub>7</sub>	5.495.344	156.378	85%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	5,8	9,1	3,3	0,0	0,0	0,0	
			50%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,5	15,1	13,2	7,0	0,4	0,0	0,0	0,0
			10%	0,0	0,0	0,0	1,8	14,0	29,6	31,5	22,7	12,1	7,2	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

### XV.1.C. Nodos de captación por secciones de las cuencas excedentarias

Para obtener caudales totales por sección a nivel mensual se procedió a adicionar, para distintas probabilidades de excedencia, los caudales obtenidos por ambas formas de estimación de caudales susceptibles de ser utilizados en un eventual proyecto de trasvase de alcance nacional, consiguiendo por tanto nueve resultados para cada forma de estimar caudales (tres probabilidades de excedencia por cada una de las tres secciones de las cuencas).

La división en secciones no responde necesariamente a criterios de elevación (tomas con mayor elevación con respecto al nivel del mar), sino más bien a un criterio hidrológico. Por ejemplo, en la cuenca del río Maule, la parte alta está en la cordillera, sino que es el Nodo que se encuentra más aguas arriba en relación al total de nodos.

Por su parte, y en los casos donde se presentaba más de un posible nodo por sección, se seleccionaron aquellos que tuvieran mayor cantidad de caudales mensuales susceptibles a ser utilizados en un eventual proyecto de carretera hídrica.

En algunos casos no fue posible seleccionar nodos por la falta de disponibilidad de datos. En el caso de la OJ, esta situación se produjo en la parte alta, pues en algunas cuencas no se contaban con nodos para delimitar esta sección (casos de las cuencas del río Imperial y Bueno). Esta situación se repitió para el CONCAA, donde se agrega la falta de nodos en las secciones de desembocadura debido a la falta de estaciones fluviométricas de la DGA en dicha sección (casos de las cuencas del río Imperial, Valdivia y Bueno).

Se privilegió el análisis para aquellas cuencas no costeras, es decir, que tenían más de una UA y, por tanto, nodos. Así, las cuencas costeras entre ríos Bueno y Puelo, cuencas costeras entre ríos Puelo y Yelcho y cuencas entre ríos Yelcho y límite regional fueron excluidas.

Los nodos asignados por sección se presentan en la Tabla XV.3, mientras que la ubicación de cada nodo diferenciado por cada sección de las cuencas se presenta en la Figura XV.1 y Figura XV.2.

**Tabla XV.3. Nodos asignados por cada cuenca excedentaria en estudio diferenciado por sección y por formas de estimación de caudales susceptibles de utilizar en un eventual proyecto de carretera.**

Secciones de cuencas	Cuenca	Nodos OJ	Nodos CONCAA
Desembocaduras	Maule	43	42
	Biobío	35	34
	Imperial	27	-
	Toltén	21	25
	Valdivia	15	-
	Bueno	13	-
Parte Media	Maule	39	39
	Biobío	32	31
	Imperial	29	29
	Toltén	24	24
	Valdivia	17	17
	Bueno	10	10
Parte Alta	Maule	38	38
	Biobío	30	30
	Imperial	-	-
	Toltén	26	26
	Valdivia	18	18
	Bueno	-	-

Fuente: Elaboración propia.

### Alcance de los resultados de la OJ y el CONCAA

*La propuesta de agrupación de nodos en partes medias y desembocaduras responde a la premisa de que las OJ y los CONCAA no son aditivos para un mismo sistema hídrico, dado que, al extraer agua desde una cuenca, los balances cambian, y por consiguiente también lo hace la disponibilidad en otros puntos de la cuenca.*

*En este sentido los resultados deben ser considerados como opciones de trasvase, no como puntos de captación de caudal que pueden sumarse a otros en una misma cuenca. La OJ y el CONCAA no son variables aditivas dentro de un territorio.*

*Así también, ambas variables no pueden ser analizadas aritméticamente entre ellas, pues provienen de datos de distinta naturaleza y con metodologías de estimación diferentes: la OJ proviene de una estimación teórica de caudal, mientras que el CONCAA, proviene de un análisis de los caudales medidos en las estaciones fluviométricas. Así también, el valor del CONCAA puede incluir caudal asociado a OJ.*

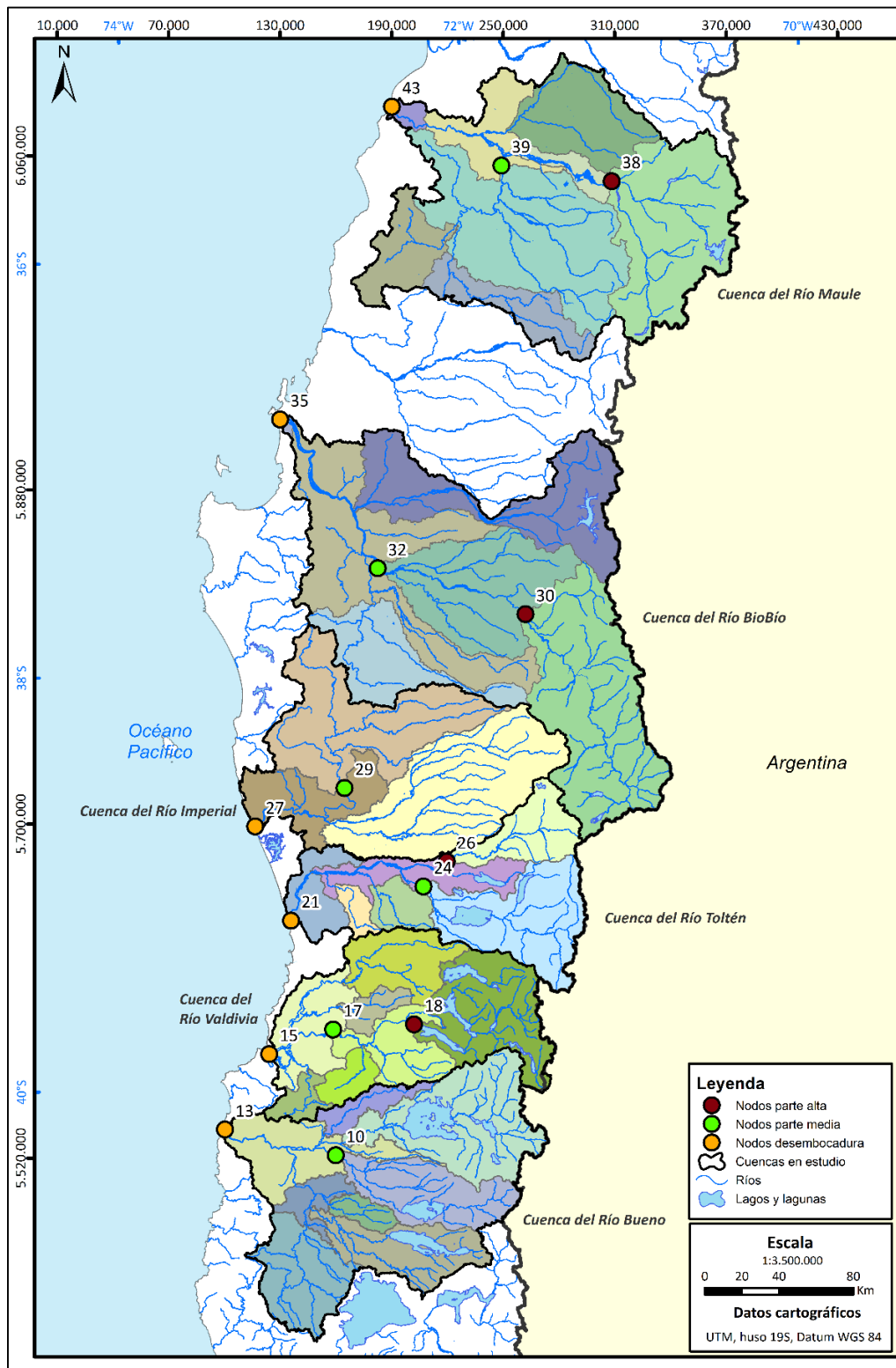
*Considerando que la Oferta Jurídica podría representar un caudal teóricamente disponible para otorgamiento de DAA para un proyecto de trasvase, es necesario recalcar dos puntos: 1) la DGA es el organismo encargado de resolver solicitudes de DAA, por lo cual, independientemente de estos resultados, la disponibilidad oficial es estimada por este organismo; 2) se debe tener presente que existe un orden de prelación en la evaluación de solicitudes de nuevos DAA, por lo que, futuros estudios debieran incorporar las solicitudes de nuevos DAA que están en curso, así como también indagar en aquellos derechos de aguas que no están registrados en el RPDA. Con respecto al último punto, algunos de los derechos a respetar son constituidos por:*

- Derechos inscritos en el CBR*
- Derechos regularizados vía SAG que no están en el CBR*
- Derechos regularizados vía 2º transitorio que no están en el CBR*
- Derechos regularizables reconocidos por las OU sin inscripción en ningún registro*

*La información disponible ha permitido estimar un error asociado a la determinación de la oferta natural (simplificado en un valor del orden del 30% para el caudal medio anual) no así de la estimación de la Demanda AAC ni de la OJ. La incertidumbre de la OJ viene dada tanto por su estimación final como por la estimación de sus componentes, salvo la oferta natural con error ya señalado. En consecuencia, sus resultados para cualquiera de las probabilidades de excedencia no deben considerarse como un valor preciso respecto a la disponibilidad del recurso para el otorgamiento de nuevos DAA, sino que como una aproximación en términos de órdenes de magnitud que sin duda debiese profundizarse con estudios posteriores más exhaustivos que esta primera aproximación general.*

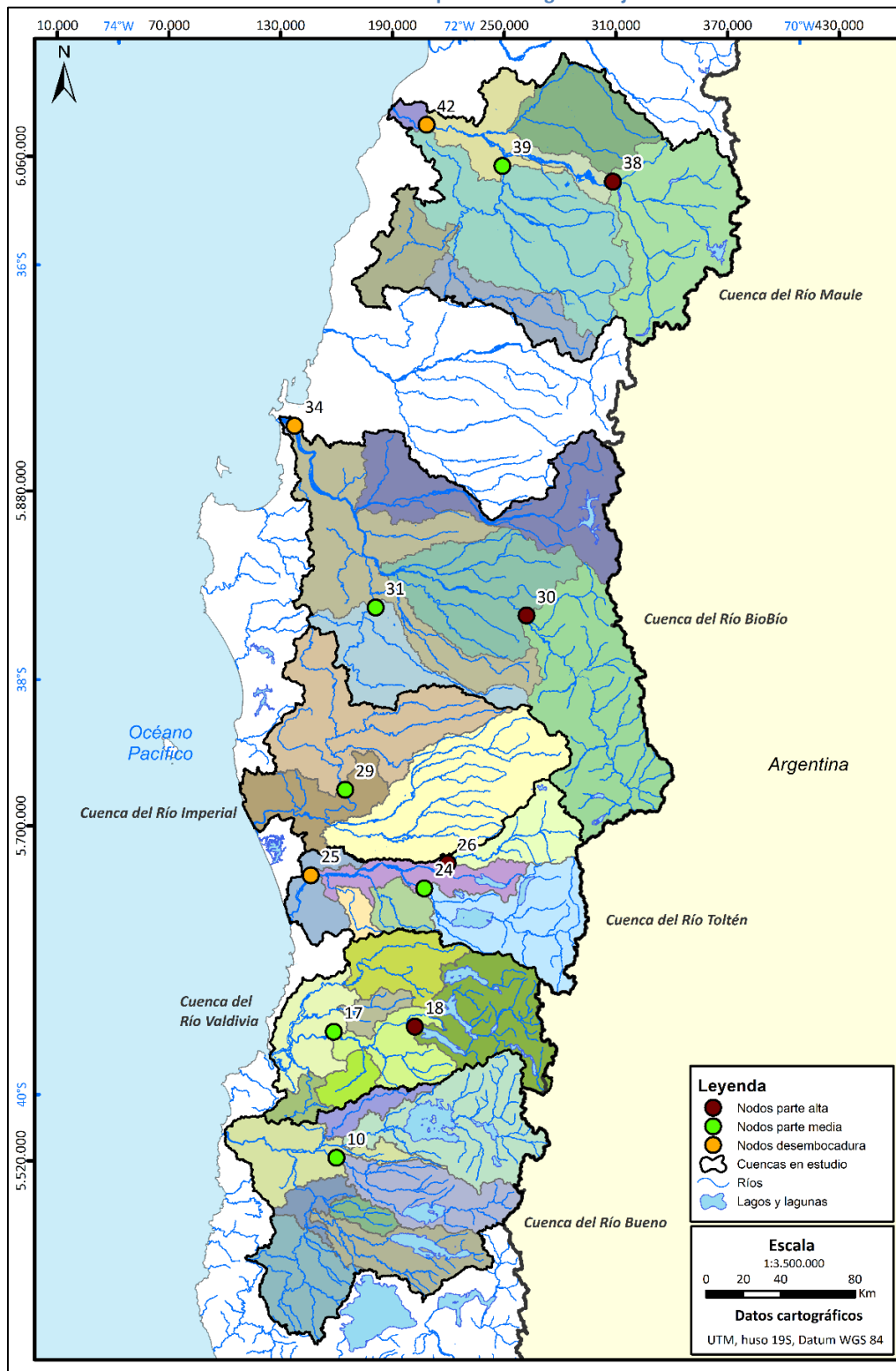
*Es necesario dejar en claro que los CONCAA que se han estimado están sujetos situaciones en la práctica, que implican una variabilidad en su disponibilidad, por lo que parte de ellos podrían no estar disponibles para ser extraídos, pues el caudal observado es el producto de una compleja interacción de factores territoriales*

Figura XV.1. Ubicación geoespacial de nodos por cuencas excedentarias, diferenciadas por secciones, para la Oferta Jurídica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura XV.2. Ubicación geoespacial de nodos por cuencas excedentarias, diferenciadas por secciones, para el caudal observado no comprometido aguas abajo.



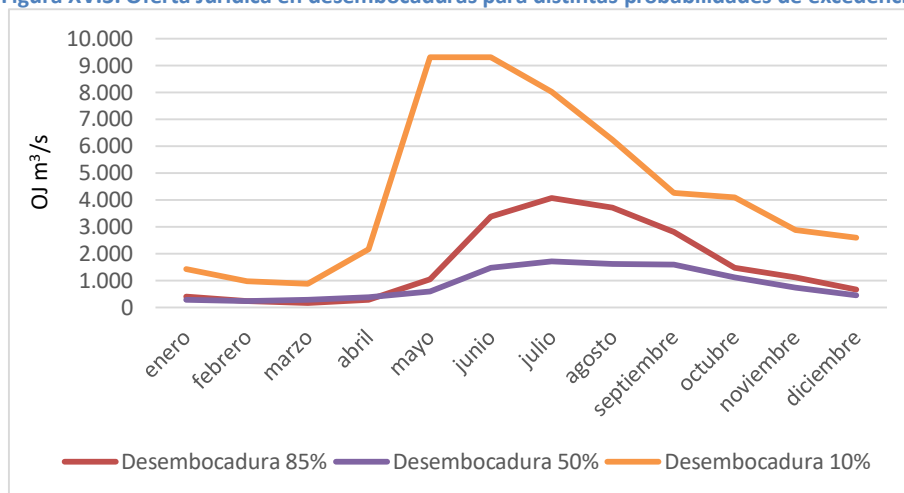
Fuente: Elaboración propia.

A partir de las agrupaciones anteriores, en el apéndice XVIII.14 se presentan resultados por secciones, diferenciados por cuenca y probabilidades de excedencia, de caudales susceptibles de ser utilizados en un potencial proyecto de trasvase. En el caso de las partes altas, se omite presentar resultados debido a los bajos montos de caudales susceptibles de ser utilizados para un eventual proyecto de carretera.

En el caso del caudal total por sección (considerando la extracción del caudal máximo susceptible a ser constituido como DAA por cada desembocadura de las cuencas en estudio, por ejemplo) se refuerzan los resultados hallados en los apartados anteriores, en donde se presentan mayores caudales con posibilidades de ser parte de un proyecto de trasvase en las partes bajas (desembocadura) y durante los meses de invierno. Además, se presenta una posible oferta interesante en las partes medias, considerando caudales de invierno bajo distintas probabilidades de excedencia. En la Figura XV.3 y Figura XV.4. se presentan los resultados globales de la OJ y el CONCAA en las desembocaduras, donde se observan mayores caudales para el caso de la primera, sin embargo, en el caso de la segunda, se desprende que incluso existiría oferta permanente (85% probabilidad de excedencia) para poder ser utilizada. Además, en los meses de invierno, la disponibilidad se mantiene alta para las distintas probabilidades de excedencia.

En el caso de la OJ, la disponibilidad bajo una probabilidad de excedencia del 50% tiende a ser menor a la estimada bajo una probabilidad del 85%. Esto que inicialmente puede parecer erróneo, es posible de presentarse debido a situaciones como la existencia de un déficit de caudal para derechos permanentes, y la existencia de un gran caudal comprometido de tipo eventual que merma la disponibilidad. Es importante recordar que los DAA eventuales se asignan bajo una probabilidad del 10% (o 5% inclusive), por lo cual bajo un escenario del 50%, la OJ es estimada a partir del descuento de los DAA permanentes (otorgados bajo una probabilidad de excedencia del 85%) y de los DAA eventuales. Estos últimos, al ser otorgados bajo una probabilidad de excedencia menor, pueden llegar a representar en conjunto, un caudal superior a la disponibilidad eventual bajo la probabilidad de excedencia del 50%.

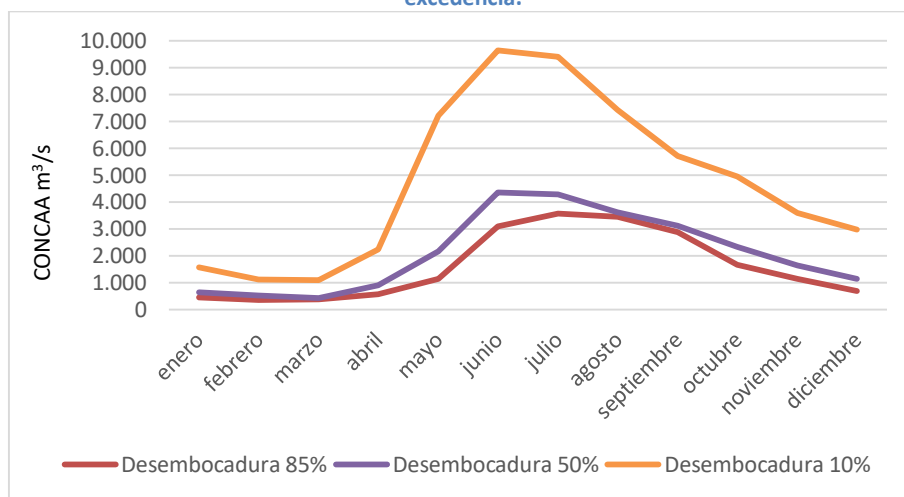
Figura XV.3. Oferta Jurídica en desembocaduras para distintas probabilidades de excedencia.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del CONCAA, se desprende que existirían caudales tanto de ejercicio permanente (85% probabilidad de excedencia) como eventual (10% y 50% de probabilidad de excedencia) que podrían ser parte de negociaciones en un potencial mercado de agua tipo *spot*. Además, en los meses de invierno se concentran los mayores caudales (entre junio y septiembre), llegando sobre los 3.100 m<sup>3</sup>/s (50%) y sobre los 1.600 m<sup>3</sup>/s (85%).

Figura XV.4. Caudal observado no comprometido aguas abajo en desembocaduras para distintas probabilidades de excedencia.

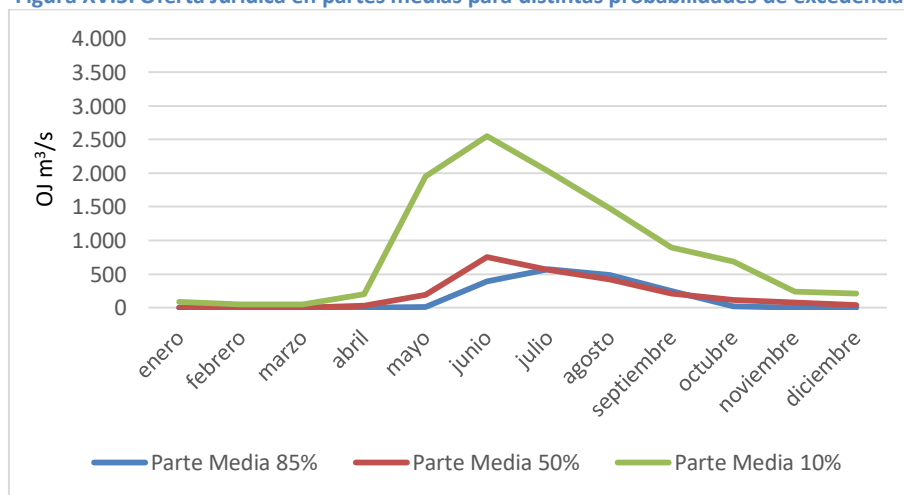


Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el comportamiento intraanual en las secciones de desembocadura, es evidente la importancia de los caudales en el periodo de invierno para cualquiera de las variables y probabilidades de excedencia. Bajo una probabilidad del 85% donde solo se consideran los DAA permanentes, los caudales susceptibles de ser utilizados en un proyecto de trasvase son superiores a los 1.000 m<sup>3</sup>/s, siendo más significativa en el caso de la OJ.

En la Figura XV.5 y Figura XI.6 se presentan los resultados globales de las cuencas en estudio para la OJ y el CONCAA para las partes medias, donde se observan un patrón similar que, en el caso de las desembocaduras, aunque con menores caudales, bajo cualquier probabilidad de excedencia, entre los meses de noviembre y marzo. Se presentan entonces caudales susceptibles de ser utilizados en un proyecto de carretera en la parte media de las cuencas en estudio, con una concentración importante de caudales eventuales (50% y 10% de probabilidad de excedencia entre los meses de mayo y septiembre).

Figura XV.5. Oferta Jurídica en partes medias para distintas probabilidades de excedencia.



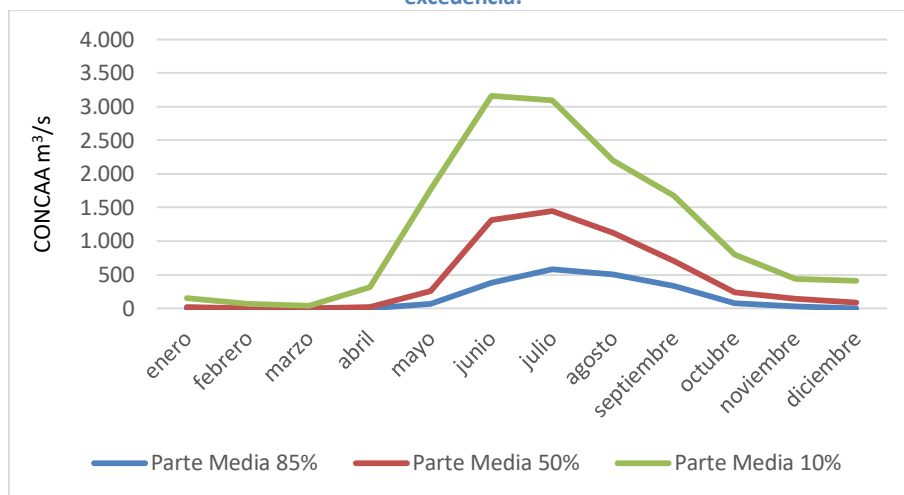
Fuente: Elaboración propia.

En el caso del CONCAA, se desprende que existirían caudales tanto de ejercicio permanente (85% probabilidad de excedencia) cómo eventual (10% y 50% de probabilidad de excedencia) que podrían ser



parte de negociaciones en partes medias, con mayores caudales concentrados en los meses de invierno (entre junio y septiembre), llegando sobre los 700 m<sup>3</sup>/s (50%) y sobre los 300 m<sup>3</sup>/s (85%).

**Figura XV.6. Caudal observado no comprometido aguas abajo en partes medias para distintas probabilidades de excedencia.**



Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, este comportamiento de mayor disponibilidad en el periodo invernal se mantiene en las partes medias, con caudales más bajos que pueden llegar a cerca de los 500 m<sup>3</sup>/s en el caso de una probabilidad de excedencia del 85%, lo cual se incrementa bajo una probabilidad del 50% solo para el CONCAA.

La Tabla XV.4 presenta un resumen de la sección de desembocadura de las cuencas analizadas tanto para la OJ y el CONCAA en las probabilidades de excedencia del 85% y 50%, al igual que la Tabla XV.6 para sección media de las cuencas. Los resultados se presentan como rangos diferenciados por colores, cuya equivalencia se presenta en las mismas tablas. En ambas tablas los colores representan los mismos rangos de valores de caudal, lo cual facilita la comparación entre cuencas, entre probabilidades de excedencia y entre secciones. En estas tablas se aprecia que para el CONCAA no hay información en algunas cuencas, dado lo ya expuesto sobre la ausencia de estaciones fluviométricas, lo cual no permitió en dichos casos, su estimación en la sección de desembocadura.

Por su parte, en la Tabla XV.5 y Tabla XV.7, se presenta el total de caudal de ambas variables por sección: desembocadura y partes medias respectivamente (valores aproximados al múltiplo de 50 inferior para facilitar la visualización de los resultados). Es importante señalar que, dado que el CONCAA no fue posible estimarlo en algunas cuencas, se consideró en dichos casos, la existencia de un CONCAA equivalente en valor al estimado de OJ para la desembocadura de la cuenca en cuestión. Esto se hizo, pese a que estas variables representan conceptualmente cosas distintas, debido a que los resultados de la OJ tienden a ser menores a los del CONCAA, por lo que utilizar este valor permite aproximarse de una forma conservadora a un caudal total que represente el CONCAA total en la sección de desembocadura. Al hacerlo de esta forma, el valor se puede comparar con los otros resultados totales presentados en esas tablas.

Tabla XV.4. OJ y CONCAA para dos probabilidades de excedencia, para los nodos de desembocadura en las cuencas excedentarias estudiadas. Al costado se muestra la equivalencia de caudales potenciales (m<sup>3</sup>/s) en rango de colores.

Cuenca	Id Nodo	P.E.	Método	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Maule	42	85%	CONCAA												
	43		OJ												
	42	50%	CONCAA												
	43		OJ												
Biobío	34	85%	CONCAA												
	35		OJ												
	34	50%	CONCAA												
	35		OJ												
Imperial	27	85%	CONCAA	s/d											
		OJ													
	50%	CONCAA	s/d												
		OJ													
Toltén	25	85%	CONCAA												
	21		OJ												
	25	50%	CONCAA												
	21		OJ												
Valdivia	15	85%	CONCAA	s/d											
		OJ													
	50%	CONCAA	s/d												
		OJ													
Bueno	13	85%	CONCAA	s/d											
		OJ													
	50%	CONCAA	s/d												
		OJ													

**Equivalencia de colores**

Rango (m <sup>3</sup> /s)	Color
0 - 20	Amarelo
20 - 50	Verde claro
50 - 100	Verde
100 - 200	Verde oscuro
200 - 300	Azul claro
300 - 400	Azul
>500	Rojo

s/d: sin dato medido (no existe estación fluviométrica en el nodo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla XV.5. OJ (m<sup>3</sup>/s) y CONCAA (m<sup>3</sup>/s) total integrado de los nodos de desembocadura para dos probabilidades de excedencia en las cuencas excedentarias estudiadas.

	P.E.	Método	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Caudal total	85%	CONCAA	450	350	400	550	1.100	3.050	3.550	3.450	2.850	1.650	1.150	650
		OJ	350	200	150	250	1.000	3.350	4.050	3.650	2.750	1.450	1.050	650
integrado (m <sup>3</sup> /s)	50%	CONCAA	650	500	400	900	2.150	4.350	4.250	3.600	3.100	2.350	1.650	1.150
		OJ	350	300	250	550	1.650	3.700	2.500	2.150	1.500	1.200	850	800

Fuente: Elaboración propia

**Tabla XV.6. OJ y CONCAA para dos probabilidades de excedencia, para los nodos de partes medias en las cuencas excedentarias estudiadas. Al costado se muestra la equivalencia de caudales potenciales (m<sup>3</sup>/s) en rango de colores.**

Cuenca	Id Nodo	P.E.	Método	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Maule	39	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												
Biobío	32	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												
Imperial	29	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												
Toltén	24	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												
Valdivia	17	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												
Bueno	10	85%	CONCAA												
			OJ												
		50%	CONCAA												
			OJ												

Equivalencia de colores	
Rango (m <sup>3</sup> /s)	Color
0 - 20	Amarelo
20 - 50	Verde claro
50 - 100	Verde
100 - 200	Verde oscuro
200 - 300	Azul claro
300 - 400	Azul
>500	Negro

Fuente: Elaboración propia

**Tabla XV.7. OJ (m<sup>3</sup>/s) y CONCAA (m<sup>3</sup>/s) total en nodos de partes medias para dos probabilidades de excedencia en las cuencas excedentarias estudiadas.**

	P.E.	Método	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Caudal total	85%	CONCAA	0	0	0	0	50	350	500	400	250	50	0	0
		OJ	0	0	0	0	0	350	550	450	250	0	0	0
integrado (m <sup>3</sup> /s)	50%	CONCAA	0	0	0	0	250	1.300	1.450	1.100	700	200	100	50
		OJ	0	0	0	0	150	750	550	400	200	100	50	0

Fuente: Elaboración propia

Observando los resultados por sección y cuenca, es posible apreciar que en el caso de desembocadura (Tabla XV.4), los caudales de la cuenca del río Biobío se destacan por caudales mayores a los 500 m<sup>3</sup>/s a lo largo del año, con 5 meses (junio - octubre) en esta condición bajo una probabilidad de excedencia del 85%. Con disponibilidad eventual, la situación en esta cuenca varía de acuerdo a si es OJ o CONCAA, disminuyendo los meses en esta condición o aumentando, respectivamente. Le siguen la cuenca del río Toltén con el CONCAA especialmente, y las cuencas de los ríos Bueno y Valdivia con caudales de OJ en este rango. Por el contrario, la cuenca del río Imperial es la que se reconoce con los rangos más bajos de caudal de esta sección con una OJ entre 200 y 300 m<sup>3</sup>/s en 2 o 3 meses del año, según probabilidad de excedencia. Importante señalar, que tanto esta cuenca como la del río Valdivia y río Bueno (más las cuencas costeras no presentadas en estas tablas) no tienen un CONCAA asociado por ausencia de estaciones fluviométricas.

Por el contrario, al observar estos resultados por cuencas en la parte media (Tabla XV.6), se aprecia, que predomina una disponibilidad menor a los 20 m<sup>3</sup>/s (que incluye aquellos casos con disponibilidad nula). En relación con la sección de desembocadura, también se presentan situaciones con caudal mayor a los 500 m<sup>3</sup>/s, pero solo se reduce al CONCAA para la cuenca del río Valdivia bajo una probabilidad del 50% durante 3 meses. En todos los casos, se presenta una mayor disponibilidad de agua en el periodo de invierno, salvo la cuenca del río Biobío en la cual se presenta el rango más bajo en cualquier mes del año, pues en efecto presenta OJ y CONCAA nula.

De acuerdo a los resultados globales (Tabla XV.5 y Tabla XV.7), los mayores caudales están en desembocadura, presentando órdenes de magnitud de miles de m<sup>3</sup>/s entre los meses de mayo y octubre tanto para ejercicio permanente como eventual. En el caso del CONCAA se observa con mayor claridad caudales permanentes en los meses de invierno, presentándose magnitudes por sobre los 300 m<sup>3</sup>/s de ejercicio permanente durante el año en las desembocaduras, y sobre los 200 m<sup>3</sup>/s entre junio y septiembre en las partes medias. Se reconocen, además, caudales eventuales tanto en desembocaduras como en partes medias, que en el primer caso son del orden de miles de m<sup>3</sup>/s a partir del mes de mayo.

Los resultados muestran que hay nodos con disponibilidades tanto para la constitución de DAA permanentes –OJ bajo una probabilidad de excedencia del 85%- como para DAA eventuales –OJ al 50% y 10% de probabilidad de excedencia-. Así también ocurre con los CONCAA.

De este modo: 1) se puede constatar la presencia de una disponibilidad permanente, aun cuando ya se estén otorgando DAA eventuales; 2) pueden existir ambas disponibilidades de DAA permanentes o eventuales, o inclusive, 3) en ocasiones se puede evidenciar algunos resultados en los que el caudal disponible permanente es superior al eventual, lo cual se puede asociar a los altos caudales asociados a los DAA eventuales otorgados. Estos casos (1, 2 y 3) se evidencian también en estudios de disponibilidad (Comisión Regional de Recursos Hídricos, 2017; DGA, 2016a) e información regional de disponibilidad<sup>80</sup>, por lo que es coherente con el conocimiento actual ligado al análisis de disponibilidad de recursos hídricos.

En cualquier caso, los resultados numéricos, deben ser más bien ser considerados como aproximaciones que aportan con órdenes de magnitud más que un valor de caudal exacto, con respecto a las disponibilidades de agua para la conformación de nuevos DAA y la obtención de caudales susceptibles de ser utilizados para un eventual proyecto de carretera

## XV.2. Nodos de Entrega

### XV.2.A. Demanda hídrica futura

La demanda hídrica total estimada para el año 2050 por nodo de entrega se muestra en la Tabla XV.8.

Al respecto, las regiones de Atacama, Antofagasta y Coquimbo son las que presentan los mayores requerimientos hídricos del área estudio con valores que superan los 85 m<sup>3</sup>/s en el escenario optimista. Le sigue las regiones de Antofagasta y Arica y Parinacota con una estimación cercana a 20 m<sup>3</sup>/s. Los mayores valores de demandas se presentan entre los meses de octubre y marzo. Este patrón estacional se debe exclusivamente al comportamiento de la demanda agrícola, cuyos valores dentro del año son altamente variables.

<sup>80</sup> Información a la que se accedió en las entrevistas con los agentes de expedientes (Tabla I.2. Agentes de expedientes entrevistados) fue posible conocer información de disponibilidad de sus regiones.

Respecto a las diferencias existentes entre ambos escenarios se aprecia que, en general, el escenario optimista está asociado a mayores niveles de demanda hídrica que el escenario conservador. Estas diferencias responden a los valores estimados para el sector agrícola; único sector en el cual se consideraron escenarios para proyectar la demanda hídrica.

Si el análisis se realiza a nivel nodos de entrega surgen diversas condiciones que no pueden ser inferidas a través de un análisis a escala regional. Dentro de estas condiciones se observan: i) nodos con demanda hídrica invariable a través del año; ii) un nodo de entrega presenta un patrón de variabilidad temporal de la demanda hídrica que difiere entre ambos escenarios.

Respecto al primer caso (i) esta se explica a la inexistencia de demanda hídrica por parte del sector agrícola. Importante es señalar nuevamente que para los sectores diferentes al agrícola se asume una demanda uniforme a nivel mensual, sin estacionalidad dentro del año.

En relación a la segunda condición (ii) la explicación radica principalmente en que la estructura de cultivos asignada a una UA (en donde se encuentra el nodo) bajo un escenario se caracteriza por presentar diferentes requerimientos hídricos en el tiempo que aquella estructura asignada a la misma unidad bajo el otro escenario. Esta particularidad se puede observar, por ejemplo, en los nodos Los Vilos 51, Canela 54, Illapel 56, Ovalle 57, Copiapó 74, Copiapó 77, Sierra Gorda 90 y Pozo Almonte 99.

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica total, se puede inferir, de manera general, que los nodos con mayores requerimientos hídricos anuales se localizan en los sectores medios y costeros de la zona de estudio. Sin embargo, no es posible distinguir un patrón definido y consistente. Por ejemplo, mientras en la zona cordillerana de las regiones de Atacama y Coquimbo se localizan nodos asociados a bajos niveles de demanda hídrica en la Región de Antofagasta no es posible aseverar lo mismo. Al respecto, el nodo asociado a la UA 22, 15 y 18 están asociados a un nivel de demanda medio (Figura XV.7 y Figura XV.8).

Tabla XV.8. Demanda Hídrica mensual estimada para el año 2050 (m<sup>3</sup>/s)

Id Nodo	UA	Coordenada norte	Coordenada este	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio (CLP) <sup>81</sup>
Valparaíso <sub>44</sub>	67	257.974	6.340.798	Conservador	54,43	43,65	36,40	21,78	5,95	4,71	4,71	5,35	16,80	20,26	45,03	55,09	42 - 304
				Optimista	52,01	40,62	33,93	20,47	6,75	4,71	4,71	5,63	17,27	21,25	44,09	52,94	
Los Andes <sub>45</sub>	63	380.319	6.354.792	Conservador	0,93	0,90	0,88	0,84	0,81	0,80	0,80	0,81	0,84	0,85	0,91	0,93	42 - 304
				Optimista	0,93	0,90	0,88	0,84	0,81	0,80	0,80	0,81	0,84	0,85	0,91	0,93	
Quillo <sub>46</sub>	66	289.579	6.359.391	Conservador	57,43	47,51	40,10	26,33	12,98	7,61	7,61	10,63	24,80	26,97	52,03	59,46	42 - 304
				Optimista	64,29	51,98	43,44	27,88	11,18	7,61	7,61	10,44	25,41	28,53	57,21	67,21	
Los Andes <sub>47</sub>	65	350.029	6.365.780	Conservador	26,94	21,41	17,60	10,63	4,76	1,10	1,10	4,00	10,28	11,05	23,81	27,60	42 - 304
				Optimista	29,89	23,63	19,18	11,26	3,67	1,10	1,10	3,83	10,26	11,29	25,76	30,90	
La Ligua <sub>48</sub>	62	290.257	6.407.323	Conservador	21,60	17,48	14,93	9,61	4,06	0,35	0,35	3,37	8,57	8,76	19,31	22,24	42 - 304
				Optimista	22,57	17,42	14,42	8,92	3,30	0,35	0,35	2,86	8,00	8,87	19,52	23,40	
Petorca <sub>49</sub>	61	317.944	6.429.984	Conservador	13,09	10,58	9,06	5,82	2,28	0,23	0,23	2,23	5,13	5,20	11,65	13,60	42 - 304
				Optimista	13,19	10,55	8,97	5,71	2,17	0,23	0,23	2,15	5,03	5,19	11,63	13,70	
Petorca <sub>50</sub>	64	330.152	6.430.912	Conservador	1,61	1,25	1,00	0,51	0,09	0,02	0,02	0,07	0,54	0,67	1,46	1,69	42 - 304
				Optimista	1,61	1,25	1,00	0,51	0,09	0,02	0,02	0,07	0,54	0,67	1,46	1,69	
Los Vilos <sub>51</sub>	60	262.543	6.466.422	Conservador	0,42	0,34	0,29	0,20	0,15	0,09	0,09	0,13	0,22	0,22	0,37	0,42	40 - 272
				Optimista	1,24	1,04	0,92	0,63	0,40	0,11	0,09	0,31	0,60	0,59	1,14	1,26	
Salamanca <sub>52</sub>	59	341.348	6.470.217	Conservador	1,81	1,51	1,36	1,09	0,87	0,82	0,82	0,84	1,09	1,16	1,61	1,81	40 - 272
				Optimista	1,81	1,51	1,36	1,09	0,87	0,82	0,82	0,84	1,09	1,16	1,61	1,81	
Illapel <sub>53</sub>	57	294.512	6.498.527	Conservador	9,85	7,76	6,25	3,40	1,32	0,34	0,28	1,40	3,34	3,54	8,15	9,94	40 - 272
				Optimista	13,14	10,51	8,72	5,09	2,46	0,65	0,52	2,26	4,84	4,97	11,17	13,25	
Canela <sub>54</sub>	56	259.188	6.504.153	Conservador	0,51	0,42	0,30	0,13	0,09	0,03	0,02	0,09	0,21	0,21	0,44	0,53	40 - 272
				Optimista	2,67	2,23	1,94	1,26	0,88	0,26	0,20	0,69	1,22	1,17	2,43	2,70	
Illapel <sub>55</sub>	58	325.067	6.506.935	Conservador	0,39	0,30	0,24	0,11	0,06	0,01	0,00	0,04	0,15	0,16	0,34	0,39	40 - 272
				Optimista	0,39	0,30	0,24	0,11	0,06	0,01	0,00	0,04	0,15	0,16	0,34	0,39	
Illapel <sub>56</sub>	55	308.424	6.520.704	Conservador	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	40 - 272

<sup>81</sup> Rango basado en sector agrícola

Id Nodo	UA	Coordenada norte	Coordenada este	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio (CLP) <sup>81</sup>
				Optimista	0,69	0,56	0,48	0,31	0,22	0,09	0,07	0,18	0,28	0,29	0,61	0,69	
Ovalle <sub>57</sub>	54	251.402	6.547.626	Conservador	0,26	0,22	0,15	0,06	0,04	0,02	0,02	0,05	0,12	0,11	0,24	0,27	40 - 272
				Optimista	2,70	2,15	1,84	1,17	0,82	0,40	0,35	0,72	1,08	1,12	2,35	2,72	
Combarbalá <sub>58</sub>	53	309.093	6.548.799	Conservador	0,84	0,65	0,53	0,31	0,20	0,08	0,06	0,17	0,32	0,35	0,71	0,85	40 - 272
				Optimista	10,91	8,83	7,71	5,11	3,53	1,30	1,06	2,77	4,47	4,55	9,57	10,94	
Monte Patria <sub>59</sub>	51	351.378	6.563.480	Conservador	0,25	0,20	0,16	0,06	0,03	0,00	0,00	0,02	0,11	0,11	0,23	0,25	40 - 272
				Optimista	0,25	0,20	0,16	0,06	0,03	0,00	0,00	0,02	0,11	0,11	0,23	0,25	
Monte Patria <sub>60</sub>	52	330.588	6.585.065	Conservador	3,00	2,22	1,83	1,12	0,62	0,23	0,18	0,59	0,99	1,13	2,44	3,04	40 - 272
				Optimista	3,11	2,29	1,90	1,16	0,65	0,23	0,18	0,64	1,08	1,23	2,61	3,22	
Monte Patria <sub>61</sub>	50	347.802	6.591.433	Conservador	0,78	0,61	0,49	0,21	0,12	0,00	0,00	0,06	0,32	0,33	0,69	0,79	40 - 272
				Optimista	0,78	0,61	0,49	0,21	0,12	0,00	0,00	0,06	0,32	0,33	0,69	0,79	
Ovalle <sub>62</sub>	48	289.367	6.612.963	Conservador	27,36	20,64	16,32	9,73	5,07	3,17	2,84	5,88	8,73	9,98	22,00	27,75	40 - 272
				Optimista	48,36	36,84	30,35	18,77	11,07	6,60	5,95	11,82	17,24	19,24	40,54	49,66	
Río Hurtado <sub>63</sub>	49	313.902	6.634.020	Conservador	3,09	2,23	1,76	0,91	0,48	0,24	0,20	0,50	0,89	1,08	2,42	3,10	40 - 272
				Optimista	4,43	3,35	2,75	1,58	0,94	0,51	0,45	0,91	1,45	1,65	3,60	4,44	
Vicuña <sub>64</sub>	45	334.845	6.676.110	Conservador	4,18	3,00	2,43	1,48	0,95	0,59	0,53	0,90	1,30	1,61	3,28	4,19	40 - 272
				Optimista	4,20	3,02	2,44	1,49	0,95	0,60	0,54	0,90	1,31	1,62	3,30	4,21	
Coquimbo <sub>65</sub>	47	276.933	6.682.826	Conservador	16,66	13,50	11,31	8,07	6,36	4,66	4,47	6,52	8,65	8,85	15,80	17,76	40 - 272
				Optimista	40,25	33,12	28,60	19,44	11,84	7,99	7,45	13,21	17,64	17,89	35,88	41,69	
Vicuña <sub>66</sub>	46	365.487	6.697.484	Conservador	0,27	0,20	0,16	0,10	0,06	0,03	0,02	0,05	0,09	0,10	0,22	0,27	40 - 272
				Optimista	0,27	0,20	0,16	0,10	0,06	0,03	0,02	0,05	0,09	0,10	0,22	0,27	
La Serena <sub>67</sub>	44	280.521	6.698.920	Conservador	9,99	8,26	6,91	4,88	3,60	2,80	2,79	3,69	4,83	4,90	9,02	10,32	40 - 272
				Optimista	11,81	9,49	8,10	5,62	4,05	3,26	3,26	4,58	6,13	6,29	11,22	12,81	
La Higuera <sub>68</sub>	43	286.616	6.733.748	Conservador	0,74	0,58	0,52	0,35	0,25	0,18	0,19	0,27	0,39	0,39	0,74	0,82	40 - 272
				Optimista	7,81	6,11	5,49	3,67	2,57	2,00	2,10	2,70	3,66	3,90	6,93	8,14	
Freirina <sub>69</sub>	42	262.374	6.779.190	Conservador	5,26	4,41	4,04	2,85	1,96	1,27	1,33	1,68	2,68	2,60	4,80	5,28	13 - 240
				Optimista	31,77	25,06	21,79	14,50	9,33	6,16	6,41	8,33	12,96	13,99	26,99	31,88	
	41	387.417	6.794.232	Conservador	0,25	0,19	0,15	0,06	0,04	0,02	0,02	0,04	0,08	0,10	0,20	0,25	13 - 240

Id Nodo	UA	Coordenada norte	Coordenada este	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio (CLP) <sup>81</sup>
Alto del Carmen <sup>70</sup>				Optimista	0,25	0,19	0,15	0,06	0,04	0,02	0,02	0,04	0,08	0,10	0,20	0,25	
Alto del Carmen <sup>71</sup>	40	354.973	6.818.375	Conservador	1,71	1,23	1,00	0,59	0,34	0,25	0,26	0,38	0,58	0,72	1,44	1,79	13 - 240
				Optimista	4,01	3,08	2,61	1,66	1,01	0,68	0,70	0,96	1,50	1,71	3,37	4,07	
Freirina <sup>72</sup>	39	296.258	6.844.715	Conservador	12,99	10,59	9,38	6,08	4,29	3,05	3,21	4,03	6,42	6,50	11,82	13,23	13 - 240
				Optimista	18,60	15,18	13,51	8,97	6,26	4,35	4,58	5,73	9,06	9,17	16,75	18,82	
Tierra Amarilla <sup>73</sup>	37	420.696	6.882.444	Conservador	0,51	0,39	0,35	0,25	0,20	0,17	0,17	0,21	0,28	0,32	0,50	0,58	13 - 240
				Optimista	0,54	0,39	0,34	0,24	0,19	0,17	0,17	0,21	0,27	0,32	0,51	0,60	
Copiapó <sup>74</sup>	38	300.473	6.924.231	Conservador	1,11	0,94	0,88	0,64	0,46	0,31	0,33	0,41	0,63	0,59	1,04	1,12	13 - 240
				Optimista	10,74	9,01	8,43	6,18	4,46	3,01	3,20	3,99	6,04	5,78	10,10	10,96	
Tierra Amarilla <sup>75</sup>	36	430.386	6.930.297	Conservador	0,82	0,69	0,62	0,50	0,44	0,41	0,42	0,44	0,51	0,55	0,74	0,84	13 - 240
				Optimista	0,82	0,69	0,62	0,50	0,44	0,41	0,42	0,44	0,51	0,55	0,74	0,84	
Caldera <sup>76</sup>	35	319.832	7.004.673	Conservador	37,93	31,04	28,39	20,47	14,54	10,31	10,83	13,43	19,60	19,84	34,41	38,66	13 - 240
				Optimista	73,93	59,25	53,43	37,74	26,65	18,62	19,57	24,26	35,76	37,30	65,63	75,12	
Copiapó <sup>77</sup>	34	430.974	7.006.230	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	13 - 240
				Optimista	0,43	0,31	0,28	0,19	0,13	0,09	0,09	0,16	0,26	0,28	0,48	0,53	
Chañaral <sup>78</sup>	32	332.461	7.059.834	Conservador	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	13 - 240
				Optimista	80,81	67,11	61,59	43,77	30,22	19,88	20,79	26,25	40,80	41,03	72,90	81,50	
Diego de Almagro <sup>79</sup>	33	448.470	7.080.301	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13 - 240
				Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Chañaral <sup>80</sup>	29	338.735	7.085.274	Conservador	0,34	0,27	0,23	0,18	0,17	0,17	0,17	0,18	0,20	0,23	0,33	0,37	13 - 240
				Optimista	11,47	9,69	9,07	6,69	4,87	3,31	3,49	4,24	6,41	6,23	10,60	11,57	
Chañaral <sup>81</sup>	30	336.551	7.107.361	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	13 - 240
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	
Diego de Almagro <sup>82</sup>	31	519.544	7.139.009	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13 - 240
				Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Taltal <sup>83</sup>	27	351.024	7.189.278	Conservador	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	34 - 230
				Optimista	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	
Antofagasta <sup>84</sup>	28	489.740	7.205.113	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34 - 230

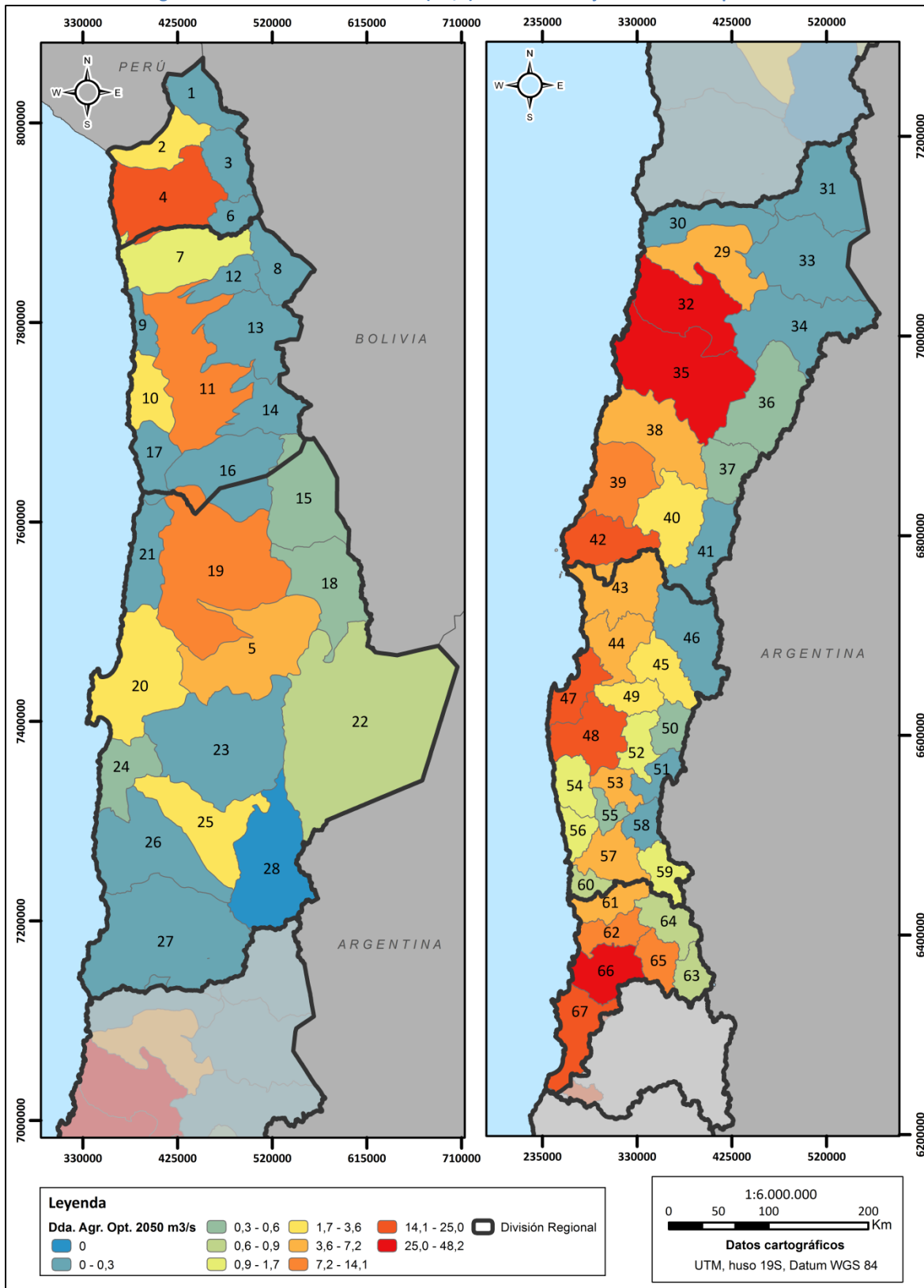


Id Nodo	UA	Coordenada norte	Coordenada este	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio (CLP) <sup>81</sup>
				Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Taltal <sup>85</sup>	26	358.063	7.234.711	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34 - 230
				Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Antofagasta <sup>86</sup>	25	389.242	7.334.051	Conservador	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	34 - 230
				Optimista	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02		
Antofagasta <sup>87</sup>	24	353.512	7.371.526	Conservador	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	34 - 230
				Optimista	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47		
San Pedro de Atacama <sup>88</sup>	22	543.216	7.382.777	Conservador	1,42	1,23	1,06	0,51	0,45	0,39	0,41	0,45	0,84	0,83	1,32	1,43	34 - 230
				Optimista	1,42	1,23	1,06	0,51	0,45	0,39	0,41	0,45	0,84	0,83	1,32	1,43	
Sierra Gorda <sup>89</sup>	23	439.503	7.415.501	Conservador	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	34 - 230
				Optimista	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24		
Sierra Gorda <sup>90</sup>	5	435.958	7.436.803	Conservador	1,53	1,35	1,20	0,97	0,90	0,87	0,88	0,93	1,06	1,09	1,42	1,57	34 - 230
				Optimista	11,57	9,78	8,45	5,57	2,08	1,83	1,88	3,39	4,13	4,44	9,05	11,67	
Mejillones <sup>91</sup>	20	353.373	7.444.819	Conservador	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	34 - 230
				Optimista	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10		
Calama <sup>92</sup>	18	546.828	7.529.596	Conservador	0,83	0,68	0,55	0,29	0,31	0,28	0,30	0,33	0,50	0,48	0,74	0,83	34 - 230
				Optimista	0,83	0,68	0,55	0,29	0,31	0,28	0,30	0,33	0,50	0,48	0,74	0,83	
Calama <sup>93</sup>	19	507.053	7.531.815	Conservador	6,87	5,75	5,03	3,52	2,83	2,62	2,69	3,45	4,08	4,25	6,37	7,59	34 - 230
				Optimista	21,01	17,38	14,80	9,42	5,56	4,89	5,10	7,72	9,38	9,96	17,80	22,55	
Tocopilla <sup>94</sup>	21	376.011	7.556.321	Conservador	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	34 - 230
				Optimista	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		
Calama <sup>95</sup>	15	551.786	7.580.836	Conservador	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	34 - 230
				Optimista	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49		
Iquique <sup>96</sup>	17	393.556	7.655.312	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	32 - 213
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
Pozo Almonte <sup>97</sup>	16	438.567	7.667.533	Conservador	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	32 - 213
				Optimista	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	
Pica <sup>98</sup>	14	505.134	7.701.936	Conservador	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	32 - 213

Id Nodo	UA	Coordenada norte	Coordenada este	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precio (CLP) <sup>81</sup>
				Optimista	0,08	0,07	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,07	0,08	
Pozo Almonte <sup>99</sup>	11	418.056	7.759.878	Conservador	2,67	2,09	2,04	1,68	1,56	1,45	1,49	1,99	2,40	2,53	3,16	3,31	32 - 213
				Optimista	18,53	15,30	14,63	10,86	4,65	4,11	4,32	8,19	9,82	10,38	17,30	20,12	
Iquique <sup>100</sup>	10	382.390	7.760.724	Conservador	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	32 - 213
				Optimista	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	
Pozo Almonte <sup>101</sup>	13	476.092	7.781.537	Conservador	0,25	0,23	0,20	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,18	0,18	0,25	0,26	32 - 213
				Optimista	0,25	0,23	0,20	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,18	0,18	0,25	0,26	
Huará <sup>102</sup>	9	386.688	7.794.070	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	32 - 213
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Huará <sup>103</sup>	12	449.074	7.834.664	Conservador	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	32 - 213
				Optimista	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	
Camiña <sup>104</sup>	7	455.171	7.863.238	Conservador	1,47	1,27	1,13	0,81	0,28	0,26	0,26	0,49	0,61	0,65	1,24	1,52	32 - 213
				Optimista	3,15	2,71	2,48	1,78	0,47	0,42	0,43	1,02	1,22	1,30	2,59	3,21	
Colchane <sup>105</sup>	8	538.210	7.868.338	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	32 - 213
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	
Camarones <sup>106</sup>	6	468.377	7.917.685	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	38 - 258
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	
Arica <sup>107</sup>	4	362.979	7.957.087	Conservador	19,57	17,29	16,94	13,53	10,91	8,66	9,01	10,43	13,91	13,93	19,11	20,25	38 - 258
				Optimista	25,56	22,21	22,01	17,62	14,50	11,34	11,83	13,94	18,79	18,88	25,68	27,07	
Putre <sup>108</sup>	3	460.484	7.974.930	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	38 - 258
				Optimista	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	
Putre <sup>109</sup>	2	440.724	7.987.997	Conservador	3,85	3,21	3,06	2,22	1,89	1,51	1,60	2,10	3,06	3,13	4,29	4,44	38 - 258
				Optimista	4,82	3,88	3,76	2,74	2,35	1,92	2,04	2,83	4,02	4,16	5,57	5,77	
General Lagos <sup>110</sup>	1	430.657	8.013.361	Conservador	0,16	0,14	0,14	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,15	0,14	0,22	0,21	38 - 258
				Optimista	0,16	0,14	0,14	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,15	0,14	0,22	0,21	

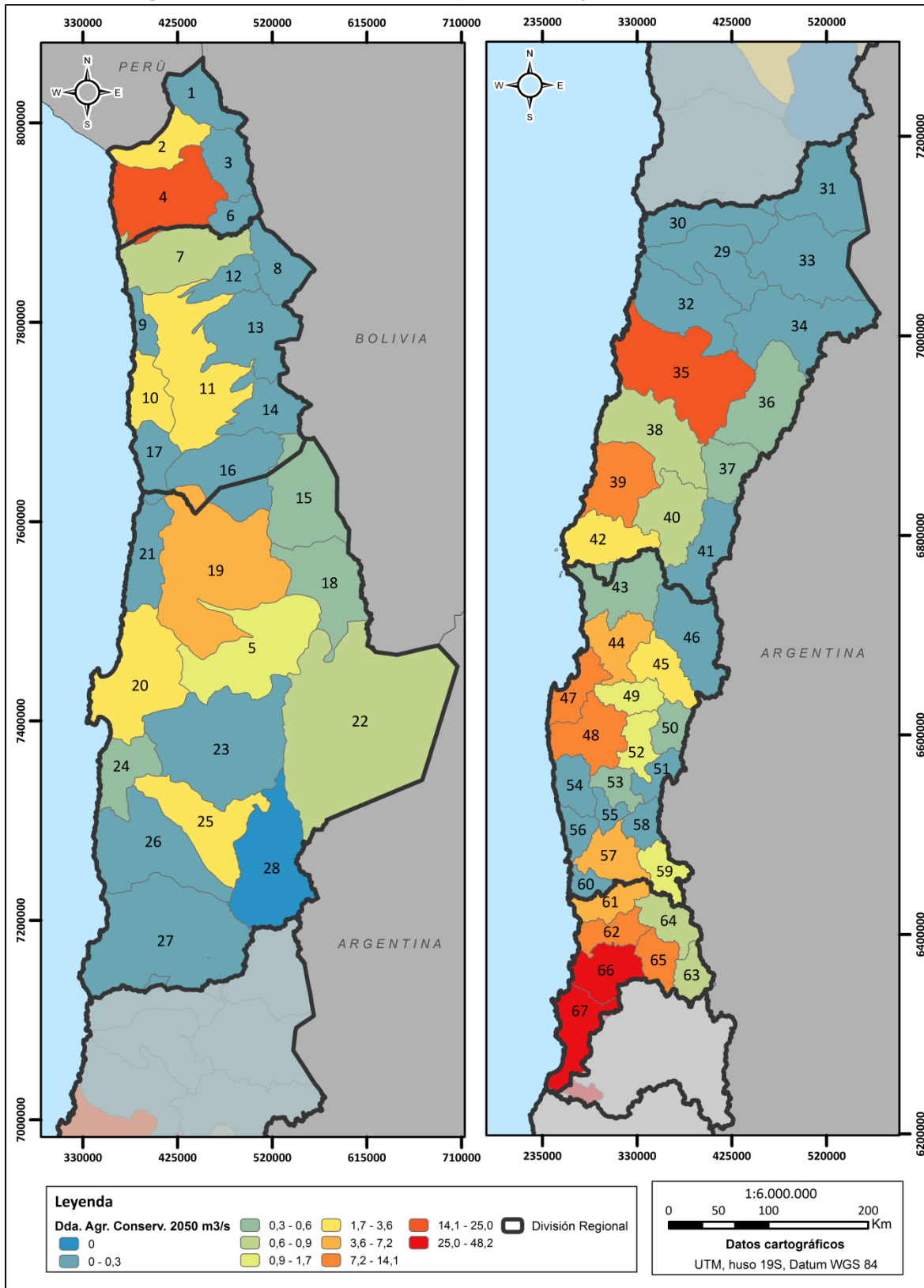
Fuente: Elaboración propia.

Figura XV.7. Demanda hídrica total (m³/s) al año 2050 bajo el escenario optimista.



Fuente: Elaboración propia.

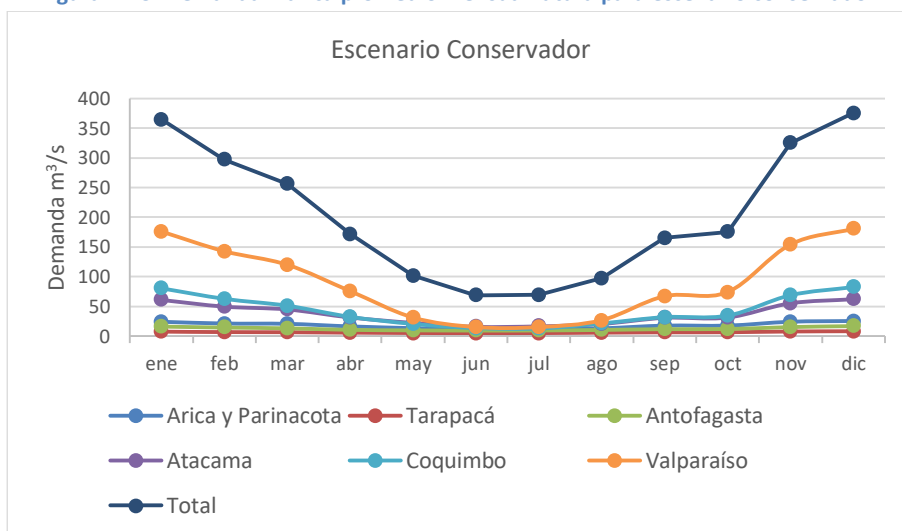
Figura XV.8. Demanda hídrica total (m<sup>3</sup>/s) al año 2050 bajo el escenario conservador.



Fuente: Elaboración propia.

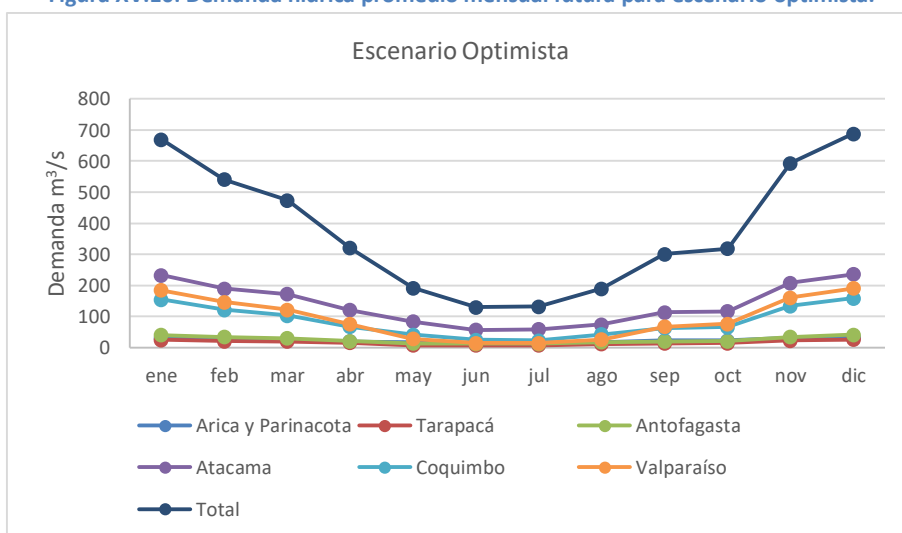
Finalmente, en relación a la variabilidad que la demanda hídrica experimenta dentro del año -en general e independiente del escenario- se observa que los mayores requerimientos hídricos a 2050 se proyectan para las estaciones de primavera y verano (noviembre y marzo; Figura XV.9 y Figura XV.10). Este patrón característico describe a todas las regiones del área de estudio. La variabilidad de esta demanda responde exclusivamente al comportamiento estacional de los requerimientos hídricos por parte de la agricultura.

**Figura XV.9: Demanda hídrica promedio mensual futura para escenario conservador.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura XV.10: Demanda hídrica promedio mensual futura para escenario optimista.**



Fuente: Elaboración propia.

## XVI. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO

Este estudio tuvo como objetivo, por una parte, estimar disponibilidad jurídica de caudales para eventuales trasvases desde cuencas consideradas excedentarias hacia cuencas consideradas deficitarias y, por otra, estimar las demandas de estos recursos que se establecerían en el futuro en las cuencas de destino en el escenario en que estos proyectos se verificasen.

Para lograr lo anterior se aplicó una metodología que permitió realizar estas estimaciones con un nivel de certeza suficiente para el objetivo planteado, sin embargo -dada ciertas limitaciones de información y por la naturaleza de las estimaciones que fue necesario realizar- esta metodología comprendió una serie de supuestos que es clave comprender para una correcta interpretación de los resultados.

Por tanto, en esta sección se muestran los hallazgos principales que responden a cada objetivo, las limitaciones y alcances de este estudio en sus distintos componentes y posibles estudios futuros que se desprenden de lo anterior.

### XVI.1. Hallazgos principales

#### XVI.1.A. Caudales potencialmente disponibles para un proyecto de trasvase de agua

Las estimaciones de caudales potenciales que podrían ser utilizados para un eventual proyecto de trasvase fueron realizadas en base a la información de carácter pública disponible, con aproximaciones metodológicas coherentes con el actual estado del arte de estimación de caudales en régimen natural y análisis de disponibilidad de aguas.

En el caso de la estimación de los caudales en régimen natural se siguieron aproximaciones similares a los últimos estudios desarrollados por la DGA, como el Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a). En este sentido, la metodología empleada es la mejor que se puede desarrollar a la fecha, de acuerdo a los datos y tiempos disponibles para este estudio. En general, se tiene que la Oferta Natural (caudal en régimen natural) sobrepasa las mediciones existentes, resultado deseable y esperable puesto que estas últimas incorporan los diversos usos consuntivos y trasvases existentes entre estas hoyas hidrográficas. Además, se logró estimar el error asociado a las simulaciones de caudal.

Para la Demanda AAC, clave para respetar derechos actuales en la estimación de caudales potenciales, se reconoció la baja certeza en torno a los derechos comprometidos<sup>82</sup> en las potenciales cuencas excedentarias y, por tanto, se trabajó en términos de corregir errores del CPA disponible en la página web de la DGA, junto con incorporar información de caudales en base a entrevistas e información secundaria vinculada a 23 OU en la zona de estudio, de modo de complementar la base de datos de caudales comprometidos y evitar caudales duplicados. De este modo, debe tenerse en consideración que pueden existir una mayor cantidad de caudal comprometido, y eso puede modificar la estimación de caudales potenciales a ser utilizados para un eventual proyecto de trasvase.

---

<sup>82</sup> Dada las limitaciones de información sobre los derechos existentes debido al estado de desactualización del Registro Público de DAA del CPA (principal fuente de información de este estudio), del cual no es posible afirmar con certeza qué tan incompleto se encuentra. Aunque se cuentan con algunas estimaciones como las presentadas por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2011), en que se indica que sólo el 20% del total de DAA del país (llamados legítimos en la publicación) estarían inscritos en el RPDAA “lo que demuestra un desfase importante entre el régimen catastral y la realidad”.

Para los análisis de disponibilidad de agua (OJ), se contó con los aportes externos de los agentes de expedientes regionales y también el agente de expedientes a nivel central de la DGA, además de una extensa revisión bibliográfica de modelos de estimación de disponibilidad de agua, de modo de establecer una metodología coherente con lo realizado histórica y técnicamente por este servicio, dado que es uno de los resultados más importantes de este estudio<sup>83</sup>. Asimismo, se propuso una forma complementaria de estimar caudales que podrían ser objetos de negociación bajo la premisa de que no estén siendo usados en su totalidad durante todo el año. El Caudal Observado No Comprometido Aguas Abajo (CONCAA), por tanto, representa un aporte metodológico que resulta como una primera aproximación para profundizar el estudio de zonas donde no sea posible constituir DAA o se prefiera negociar caudales en lugar de solicitarlos.

En base a las estimaciones tanto de OJ como de CONCAA, es posible observar dos características principales. En términos de magnitud, los nodos de captación ubicados en las desembocaduras, en conjunto, totalizan mayor caudal que los nodos ubicados en las partes medias y partes altas. Esta situación se repite en la mayoría de los nodos de desembocadura de las cuencas estudiadas, a excepción de la cuenca del río Imperial. Otra característica destacada sobre dichos nodos es que tendrían un potencial de extracción de agua durante todo el año, pero con caudales mayores concentrados entre los meses de junio y noviembre. La segunda característica es que, en partes medias, existen caudales que pueden ser solicitados como DAA o que pueden ser objeto de negociación con mayor certeza en los meses de invierno (junio-septiembre) y aún más para un ejercicio eventual, que en el último caso alcanzan con mayor frecuencia caudales medios mensuales del orden de los cientos de m<sup>3</sup>/s en dicho periodo.

#### XVI.1.B. Estimación de la demanda de agua actual y futura

Como análisis general, las estimaciones actuales de demanda hídrica fueron calculadas en relación a la información histórica de **carácter pública** disponible para cada sector con aproximaciones metodológicas estándares. En efecto, la consideración de los marcos metodológicos utilizados por la DGA para actualizar la demanda hídrica sectorial a nivel país hace que los resultados obtenidos por el presente estudio sean comparables en órdenes de magnitud, lo que robustece la validez de éstos. Esto último es clave al momento de desarrollar las proyecciones futuras ya que permite contar con una condición inicial razonable que enmarca las proyecciones futuras dentro de escenarios plausibles.

Por otra parte, los resultados de las proyecciones desarrolladas para el año 2050 en la zona de estudio revelan un aumento en los niveles de demanda hídrica para todos los sectores económicos considerados en el análisis. Al respecto, es importante señalar que la interpretación de los resultados se debe realizar con atención a los principales supuestos establecidos en los diferentes marcos metodológicos aplicados, los cuales se consideran robustos y coherentes con el estado del arte (ej. disponibilidad de información y datos históricos, proyecciones sectoriales futuras, herramientas de simulación), existente al momento de realizar el presente estudio y al tiempo destinado a este último para su realización. En este sentido, es importante destacar que uno de los supuestos transversales a todos los ejercicios de simulación -suposición de que el comportamiento futuro de un sector determinado está condicionado directamente por su comportamiento histórico- limita la estimación futura de la variabilidad dentro o entre años de la demanda hídrica sectorial. Esta potencial variabilidad podría ser función de un conjunto de forzantes tanto externas como internas al entorno de un sector no consideradas por el método de proyección o consideradas como variables fijas en el tiempo (ej. evapotranspiración potencial en el caso de agricultura, número de faenas para el caso del

---

<sup>83</sup> Cabe recordar que la DGA es el organismo encargado de resolver solicitudes de DAA, por lo cual, independientemente de los resultados obtenidos en este estudio, la disponibilidad oficial es estimada por este organismo. Además, futuros estudios debieran incorporar las solicitudes de nuevos DAA que están en curso, así como también indagar en aquellos derechos de aguas que no están registrados en el RPDAA

sector minero, etc.). Esto es absolutamente relevante para el caso de la actividad económica que más agua demandaría a futuro: la agricultura.

Al respecto, la sola consideración de la disponibilidad de agua (que se supone como factor no limitante), del comportamiento histórico de cada cultivo, y de las condiciones agroclimáticas como los principales forzantes de un potencial desarrollo agrícola, simplifica los escenarios futuros al no considerar la variación de otras variables de importancia. Como fue mencionado en la sección XI.5. Validación de la estimación de la demanda de agua proyectada estas variables se relacionan con el comportamiento del mercado (ej. competidores, nuevas variedades, etc.), el cambio climático, la disponibilidad de mano de obra, la existencia de infraestructura (ej. puertos, carreteras) y el desarrollo científico y tecnológico que supone la producción agrícola en regiones en las cuales nunca ha prevalecido históricamente. Estas forzantes, algunas con comportamiento aleatorio, pueden suponer un desarrollo agrícola futuro probablemente menor al proyectado en el presente estudio, lo cual redundaría en una menor demanda hídrica. Lo anterior no necesariamente es trasladable a las otras actividades económicas, pero si el hecho de que hay variables con comportamientos aleatorios en el tiempo (ej. precio de los metales para el caso de la minería) no consideradas y que pudiesen tener un efecto no menor en las estimaciones de demanda hídrica al año 2050.

No obstante lo anterior, y como fue declarada anteriormente las proyecciones estimadas al año 2050 para cada sector se consideran robustas en base a las metodologías adoptadas. Esto permite afirmar que **los órdenes de magnitud** de las estimaciones futuras de demanda hídrica son completamente plausibles independiente de los potenciales efectos que se podrían esperar producto del comportamiento de aquellas variables no consideradas en las simulaciones.

## XVI.2. Consideraciones territoriales de las cuencas excedentarias

En base a los aspectos relevados por las OU que administran aguas de las cuencas excedentarias y sus características, se reconocen los siguientes hallazgos y elementos críticos:

1. El conocimiento de las OU sobre los caudales que eventualmente podrían disponer para un proyecto de trasvase depende, entre otros, de sus opciones de mejorar sus sistemas de medición e infraestructura lo cual se relaciona con la capacidad de gestión que tengan como organización. En este sentido, se observa que las OU consultadas presentan distintos niveles de especialización, lo cual incide en este conocimiento, y, en consecuencia, en sus posibilidades de señalar si cuentan o no con agua excedentaria.
2. Las posiciones de las OU consultadas respecto a si es favorable o no poner agua en arriendo, responde a una multiplicidad de factores propios de sus características como organización (si ya aprovechan sus excedentes o no, o si reconocen otras funciones en el agua “excedentaria” relacionadas con otros (no) usos, por ejemplo); así como de los territorios en los que se emplazan y en particular del sistema hídrico que administran (si sus usuarios se caracterizan por una cultura agrícola, o si ya presentan condiciones de escasez más permanentes).
3. Tal como se indica anteriormente, la identificación de una demanda comprometida, en uso, ya sea sustentado en un DAA o en un derecho regularizable, es más complejo que la sola estimación a partir de los derechos registrados, pues los caudales utilizados se pueden basar en acuerdos sociales, locales extendidos en el tiempo, que no trascienden a los sistemas formales de registro, pero que no por ello pierden su condición de derechos.
4. Hay una evidente preocupación por cómo se está ponderando el desarrollo de las propias cuencas excedentarias. Se resalta la necesidad de reconocer las proyecciones de desarrollo de los usos que hoy



demandan el recurso en dichas cuencas, y con ello, el comprometer los caudales que se requieran para su materialización. Es en efecto, importante completar el análisis de una iniciativa de trasvase, identificando también las proyecciones de demanda de las cuencas excedentarias.

### XVI.3. Propuestas de estudios e investigaciones futuras

#### **Cambio climático.**

Dentro de los factores no considerados en las proyecciones de demanda hídrica está el efecto del cambio climático. Al respecto y en términos generales, se esperan cambios significativos en variables claves que definen la dinámica y comportamiento del ciclo hidrológico (ej. temperatura del aire, las precipitaciones, la evapotranspiración, entre otras - ej. AGRIMED, 2017; Boisier et al., 2018; Garreaud et al., 2017); lo que tendrá un efecto directo en las demandas hídricas sectoriales, en especial para el caso de la agricultura. Por tanto, es imperativo la inclusión de este factor en el caso de que desarrollen estudios más detallados y decisivos respecto de la demanda hídrica futura en la zona de estudio.

Finalmente, en base al actual conocimiento científico, es importante señalar que el cambio climático es también un factor determinante a considerar en el caso que se desarrollen proyecciones futuras de disponibilidad hídrica al 2050 en las cuencas excedentarias. En este sentido será importante -tanto para el robustecimiento de las estimaciones futuras de la oferta y como de la demanda hídrica- el desarrollo de diversos escenarios en consideración al hecho de que la actual trayectoria del sistema climático está siguiendo un escenario absolutamente pesimista (se espera un calentamiento promedio de 1.5° C respecto al periodo 1850-1900 al año 2040; IPCC, 2018) respecto a lo consensuado en el Acuerdo de París (Schleussner et al., 2016).

#### **Derechos de agua comprometidos.**

Un aspecto relevante, se vincula a la brecha de derechos contemplados en la estimación de la demanda AAC. Se requiere un estudio más acucioso respecto a los derechos comprometidos en las cuencas excedentarias que se vayan a considerar, lo que conlleva, por un lado, la identificación de los DAA en otros registros -registros de los CBR, derechos fijados por el SAG o reconocidos por los tribunales de justicia- y por otro, al reconocimiento de derechos regularizables relacionados con prácticas reconocidas a nivel local, muchas veces bajo la gestión de OU. Esta mayor cobertura de fuentes enriquecerá y mejorará la certeza en la estimación de la demanda AAC. Sin perjuicio de lo anterior, también se vuelve relevante tanto desde la perspectiva del reconocimiento de caudales susceptibles de ser trasvasados a partir de un mercado *spot* el conocimiento del ejercicio efectivo de estos derechos, dado por aspectos como trasvases locales y las fluctuaciones propias de la demanda del sector agrícola.

#### **Caudales para traspaso temporal.**

La posibilidad del traspaso temporal de caudales, especialmente en el caso de los excedentes generados por mejoras en la eficiencia de riego, aparece como una oportunidad interesante de explorar con estudios futuro. Puesto que, en este caso, el mercado que se establecería se percibe en primera instancia como un incentivo a la mejora de eficiencia en el uso de los recursos para riego, sería importante estudiar con más detalle la viabilidad y el alcance de esta potencial externalidad positiva de los proyectos de trasvase.

#### **Proyecciones de demanda futura en cuencas excedentarias.**

El diseño futuro de un proyecto de trasvase debiese hacerse cargo no solo de las demandas hídricas de la zona norte, sino que tal como ya se ha señalado, requiere que se contemplen las proyecciones de demanda de las cuencas excedentarias para poder reconocer los beneficios y costos de este proyecto para los

territorios involucrados, en cuanto a sus posibilidades de desarrollo productivo. En este sentido, se hace necesario profundizar la investigación en torno a la superficie potencial agrícola en la zona sur, y las demandas de los otros sectores, incluyéndose también aquella “demanda” del sector turístico.

#### **Reconocimiento sobre otros usos del agua.**

La consideración de la zona sur en estudios futuros, también conlleva a una preocupación de los aspectos sociales involucrados, al considerar las proyecciones de demanda del sector sanitario y de reconocer aquellas necesidades no relacionadas directamente con el uso del agua -y por lo tanto tampoco con sus DAA- sino que se relacionan con la recreación y otros objetivos sociales de las comunidades locales, y por la preocupación por aspectos ecológicos, reconociendo la funcionalidad del recurso hídrico en torno la mantención de los servicios ecosistémicos de las cuencas aportantes y de protección de ecosistemas relevantes, entre otros.

#### **Efectos sobre ecosistemas de agua dulce y salada.**

Está bien documentado por la literatura científica que intervenciones y modificaciones de los sistemas hídricos de agua dulce tienen un efecto detrimental sobre los diferentes ecosistemas naturales tanto de agua dulce como de aquellos existentes en zonas de transición y costeras (ej. Iriarte, León-Muñoz, Marcé, Clément, & Lara, 2016; Shumilova, Tockner, Thieme, Koska, & Zarfl, 2018; ej. Winder, Carstensen, Galloway, Jakobsen, & Cloern, 2017; Xenopoulos, Downing, Kumar, Menden-Deuer, & Voss, 2017; Zhuang, 2016). Al respecto, de importancia es señalar la poca atención prestada a los ecosistemas marinos de zonas costeras, los cuales -además de poseer un alto valor ecológico- sustentan actividades económicas de importancia para el país (ej. pesca). Al respecto, son los ríos los componentes de los sistemas naturales que definen en parte la productividad de aquellos ecosistemas al transportar en sus sedimentos los nutrientes y elementos necesarios para sustentar los procesos y funciones ecosistémicas correspondientes. Por tanto, la construcción de una carretera hídrica -al modificar potencialmente los patrones de descarga de sedimentos de los ríos- debiese demandar estudios particulares sobre el efecto de su construcción sobre la productividad tanto ecológica como económica de los ecosistemas marinos costeros.

## XVII. LITERATURA CITADA

- AGRIMED. (2017). *Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima*. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudio FAO Riego Y Drenaje No 56*, 298.
- Altman, K. A., Cox, J. J., Moore, C. M., & Weir, I. (2017). *Technical Report on the Guanaco and Amancaya Gold Project, Region II, Chile*. Recuperado de <https://www.australgold.com/wp-content/uploads/2018/07/RPA-Austral-Guanaco-Amancaya-Technical-Report-Jun-16-2017.pdf>
- Alvarez-Garretón, 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. Discussions*, 2018. <https://doi.org/10.5194/hess-2018-23>
- Álvarez-Garretón, 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. Discussions*, 2018. <https://doi.org/10.5194/hess-2018-23>
- Álvarez-Garretón, C., & Muñoz, F. (2018). *Explorador de Cuencas (CAMELS-CL)*.
- Antúnez, A., & Felmer, S. (2009). *Boletín del Nodo Tecnológico de Riego en el Secano, Región de O'Higgins. Boletín INIA N°190*. Litueche, Chile, Chile.
- Asociación de Canalistas Canal Bío Bío Sur. (2010). *Estatutos de la Asociación de Canalistas del Canal Bío-Bío Sur*. Recuperado de <https://www.google.com/url?q=http://www.canalistasbiobiosur.cl/wp-content/uploads/2015/03/estatutos-asociacion.pdf&sa=D&source=hangouts&ust=1559077377355000&usg=AFQjCNGyqCGQ8hRmCiFPPx68jWMMkNZaQ>
- Asociación de Canalistas Canal Melado. (2013). *Modificación de estatutos en Asamblea extraordinaria* (No. 1402, a fojas 771). Conservador de Bienes Raíces de Linares.
- Asociación de Canalistas del Canal Bio Bio Negrete. (s. f.). Sistema de Riego. Recuperado de <https://www.biobionegrete.cl/infraestructura.php>
- Asociación de Canalistas Embalse Digua. (s. f.). Embalse Digua. Recuperado de [http://embalsedigua.cl/web/?page\\_id=7274](http://embalsedigua.cl/web/?page_id=7274)
- Banco Mundial. (2011). *Chile. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/452181468216298391/pdf/633920ESWOSPAN0le0GRH0finalODR0REV-0doc.pdf>
- Bauer, C. (2005). La experiencia de los bancos de agua en las Américas: Los casos de California y Chile. En *Jornada sobre los Bancos Públicos del Agua* (pp. 1–3).
- Beck, H. E., van Dijk, A. I. J. M., de Roo, A., Miralles, D. G., McVicar, T. R., Schellekens, J., & Bruijnzeel, L. A. (2016). Global-scale regionalization of hydrologic model parameters. *Water Resources Research*, 52(5), 3599–3622. <https://doi.org/10.1002/2015WR018247>
- Bergström, S. (1992). *The HBV Model: Its Structure and Applications*. SMHI. Recuperado de <https://books.google.cl/books?id=u7F7mWEACAAJ>
- Blöschl, G., Sivapalan, M., Savenije, H., Wagener, T., & Viglione, A. (2013). *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis Across Processes, Places and Scales*. Cambridge University Press.
- Boisier, J. P., Alvarez-Garretón, C., Cordero, R. R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R. D., ... Rondanelli, R.

- (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6(1), 74. <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
- Bravo, P., Aedo, M. P., & Larraín, S. (2004). *Agua: ¿Dónde está y de quién es? Para entender lo que ocurre con las aguas en Chile*.
- Cheeseman, P., Kelly, J., Self, M., Stutz, J., Taylor, W., & Freeman, D. (1988). AutoClass: A Bayesian Classification System. En J. Laird (Ed.), *Machine Learning Proceedings 1988* (pp. 54–64). San Francisco (CA): Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-64-4.50011-6>
- CNR. (2011). *Estudio de Perfil “Mejoramiento del Riego en Río Achibueno, Región del Maule”*.
- CNR. (2013a). *Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del Río Malleco y sus afluentes, Región de la Araucanía. Informe Final*.
- CNR. (2013b). *Fortalecimiento de la Gestión Privada de los Recursos Hídricos del río Renaico, regiones del Bio Bío y La Araucanía. Informe Final*.
- CNR. (2013c). *Programa de Transferencia Desarrollo Riego en Ancoa. Etapa ejecución. Informe Final*.
- CNR. (2013d). *Programa transferencia para la constitución de juntas de vigilancia zona sur*.
- CNR. (2015a). *Estudio de Prefactibilidad “Construcción Sistema de Riego Embalse Longaví”, Región Del Maule*.
- CNR. (2015b). *Estudio Diagnóstico para el fortalecimiento de Juntas de Vigilancia Zona Sur*.
- CNR. (2017a). *Estudio básico Diagnóstico para desarrollar plan de riego Cuenca del Maule*.
- CNR. (2017b). *Estudio básico Diagnóstico para desarrollar plan de riego en cuenca del Biobío*.
- CNR. (2017c). *Estudio básico Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la Región de la Araucanía*.
- COCHILCO. (2018). *Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 1998-2017*. Santiago. Recuperado de <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/18/Anuario Cochilco 2017 final.pdf>
- Comisión Regional de Recursos Hídricos. (2017). *Política regional de recursos hídricos: Región de la Araucanía*. Temuco.
- Damodaran, A. (2019). *Betas by Sector (US)*. Recuperado de [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- Departamento de Riego. (1935). *Reserva 15 m<sup>3</sup>/s Canal Allipén* (Decreto Mercedes de Agua. No. 578).
- Departamento de Riego. (1940). *Reserva 500 l/s Canal Allipén* (Decreto Mercedes de Agua. No. 2102).
- DGA. (s. f.-a). *Decretos de Reserva*.
- DGA. (s. f.-b). *Mapas*. Recuperado 20 de agosto de 2002, de <http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx#ocho>
- DGA. (1982). *Catastro General de Usuarios. Área de Riego Complejo Colbún Machicura. Río Maule - Ribera Sur* (Vol. 1).
- DGA. (1983). *Estudios de determinación de los usuarios y títulos de derechos de agua en el agua en el área de riego del complejo Colbún-Machicura 2da. Etapa. VII Región*.
- DGA. (1984). *Catastro de Usuarios de Aguas del Río Claro Tributario del Maule y sus afluentes. VII región. Tomo 1*.
- DGA. (1985a). *Catastro de usuarios de aguas de los esteros afluentes al Río Lircay aguas arriba del Canal Maule Norte Alto. VII Región*.
- DGA. (1985b). *Catastro de usuarios de aguas del río Longaví y sus afluentes VII Región. Tomo 1*.

- DGA. (1985c). *Catastro de usuarios de aguas del Sistema Melado-Achibueno-Putagán VII Región.*
- DGA. (1986). *Catastro de usuarios de aguas de los ríos Itata y Diguillín, VIII Región.*
- DGA. (1987). Balance Hidrico de Chile.
- DGA. (1988). *Catastro de usuarios de aguas de la subcuenca del río Laja VIII Región.*
- DGA. (1989). *Catastro General de usuarios de aguas de la ribera derecha de la cuenca del Río Bío Bío y sus afluentes. Tomo 1.*
- DGA. (1998). *Taller de Hidrología aplicada a la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales.*
- DGA. (2000). *Levanta miento y Catastro de Bocatomas en Cauces Naturales , II Etapa.*
- DGA. (2009a). *Informe Técnico N° 4: Reserva del Río Petrohué para la Conservación Ambiental y el Desarrollo Local de la Cuenca. S.D.T. N° 284.*
- DGA. (2009b). *Informe Técnico N°2: Reserva del Río Cochamó para la Conservación Ambiental y el Desarrollo Local de la Cuenca. S.D.T. N° 283.*
- DGA. (2011). *Catastro e Inspección Preliminar de Embalses Ubicados en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Maule y de la Araucanía.*
- DGA. (2016a). *Actualización disponibilidad río Aconcagua por caudal ecológico mínimo conforme al Decreto N°71 del 2014. Informe Técnico Complementario 218.*
- DGA. (2016b). *Actualización Informe de Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de la Cuenca del Río Maule Región del Maule.*
- DGA. (2016c). Capítulo 1: Chile en el mundo. *Atlas del Agua Chile 2016*, 24.
- DGA. (2016d). Capítulo 3: El Agua, un bien escaso. *Atlas del Agua Chile 2016*, 16.
- DGA. (2016e). Capítulo 4: Gestión del agua. *Atlas del Agua Chile 2016*, 30.
- DGA. (2017a). *Actualización del Balance Hídrico de Chile.*
- DGA. (2017b). *Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios.*
- DGA. (2018a). Decretos declaración zona de escasez vigentes. Recuperado 1 de febrero de 2018, de <http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2018b). *Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios (en revisión).*
- DGA. (2018c). *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile.* Santiago.
- DGA. (2018d). Información histórica recibida de Conservadores de Bienes Raíces en relación a derechos de aprovechamiento. Recuperado de <http://www.dga.cl/FNE/CBR/Paginas/default.aspx>
- Donoso, G. (2017). Urban water pricing in Chile: cost recovery, affordability, and water conservation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(2), e1194. <https://doi.org/10.1002/wat2.1194>
- FAO. (2000). Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina. *Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13*, 224.
- Field, B. (1995). *Economía Ambiental, Una Introducción.*
- Fuster, R., Bauer, C., Moya, H., Silva, K., Astorga, K., León, A., ... Soto, J. (2015). *Sistema Piloto de Banco de Aguas geoespacializado en sectores 5 y 6 del acuífero de Copiapó. Informe Final.*
- Garreaud, R. D., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D., Galleguillos, M., ... Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010--2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate

- and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6307–6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>
- 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), 80–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>
- 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>
- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to.* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, ... T. Waterfield, Eds.), *Ipcc - Sr15*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Iriarte, J. L., León-Muñoz, J., Marcé, R., Clément, A., & Lara, C. (2016). Influence of seasonal freshwater streamflow regimes on phytoplankton blooms in a Patagonian fjord. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 51(2), 304–315. <https://doi.org/10.1080/00288330.2016.1220955>
- Junta de Vigilancia del Río Claro. (1960). *Acta de sesión asamblea extraordinaria* (No. 78, a fojas 141).
- Junta de Vigilancia del río Cautín. (s. f.). *Listado de accionistas*. (Documentos internos).
- Junta de Vigilancia del río Cautín. (2013). *Acta Junta de Vigilancia de la Cuenca del río Cautín* (No. 31, a fojas 31).
- Junta de Vigilancia del río Longaví. (2017). *Memoria Anual 2016-2017*.
- Junta de Vigilancia del río Maule. (2017). *Memoria anual 2016-2017*.
- Kinross. (2018). *Corporate Responsibility Report 2017*.
- Merlet, H., & Santibáñez, F. (1989). Evaluación y cartografía de la evapotranspiración potencial en la zona de climas mediterráneos de Chile. *Boletín Técnico n°48. Universidad de Chile*, 27–50.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2013). *Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025. Resumen Ejecutivo*.
- Molinos-Senante, M., & Donoso, G. (2016). Water scarcity and affordability in urban water pricing: A case study of Chile. *Utilities Policy*, 43, 107–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.014>
- 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. *Exposición en II Jornadas del Régimen Jurídico de las Aguas: La Regulación de las Aguas: nuevos desafíos del Siglo*.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- O'Donnell, M., & Colby, B. (2010). Water Banks: A Tool for Enhancing Water Supply Reliability, (January), 25.
- Prieto, M. T. (2011). *Las áreas de restricción como mecanismo de protección de los recursos hídricos subterráneos*. Universidad de Chile.
- Rodríguez, J. (2014). *Análisis espacio temporal del mercado de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea en los acuíferos del río La Ligua y Petorca, Región de Valparaíso, Chile*. Universidad de Chile.
- Santibáñez, F., Santibáñez, P., & González, P. (2016). *Estudio El cambio climático y los recursos hídricos de Chile - La transición hacia la gestión del agua en los nuevos escenarios climáticos*. Recuperado de [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl)
- Schleussner, C.-F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R., Fischer, E. M., ... Hare, W. (2016). Science and

- policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal. *Nature Climate Change*, 6, 827–835. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/nclimate3096>
- Seibert, J., & Vis, M. J. P. (2012). Teaching hydrological modeling with a user-friendly catchment-runoff-model software package. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9), 3315–3325. <https://doi.org/10.5194/hess-16-3315-2012>
- SERNAGEOMIN. (2017). *Anuario de la Minería de Chile*. Santiago. Recuperado de [http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/06/Anuario\\_2017.pdf](http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/06/Anuario_2017.pdf)
- Shumilova, O., Tockner, K., Thieme, M., Koska, A., & Zarfl, C. (2018). Global Water Transfer Megaprojects: A Potential Solution for the Water-Food-Energy Nexus? . *Frontiers in Environmental Science* . Recuperado de <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2018.00150>
- Sivapalan, M. (2003). Prediction in ungauged basins: a grand challenge for theoretical hydrology. *Hydrological Processes*, 17(15), 3163–3170. <https://doi.org/10.1002/hyp.5155>
- Thorntwaite, C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55–94. <https://doi.org/10.2307/210739>
- Turc, L. (1953). *Le Bilan d'eau des sols : relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement*. Institut national de la recherche agronomique, Paris.
- Turc, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. *Annales Agronomiques*, 12(1), 13–49.
- Universidad de Chile. (2013a). *Diagnóstico de la Demanda Hídrica en el norte de Chile*. Santiago.
- Universidad de Chile. (2013b). *Informe país: Estado del medio ambiente en Chile 2012*.
- Universidad de Talca. (2017). *Estudio básico diagnóstico para desarrollar plan de riego cuenca del Mataquito*.
- Webster, P. J. (1976). Climate and life. *Quaternary Research*, 6(03), 461–463. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(67\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0033-5894(67)90014-2)
- Winder, M., Carstensen, J., Galloway, A. W. E., Jakobsen, H. H., & Cloern, J. E. (2017). The land-sea interface: A source of high-quality phytoplankton to support secondary production. *Limnology and Oceanography*, 62(S1), S258–S271. <https://doi.org/10.1002/lno.10650>
- Xenopoulos, M. A., Downing, J. A., Kumar, M. D., Menden-Deuer, S., & Voss, M. (2017). Headwaters to oceans: Ecological and biogeochemical contrasts across the aquatic continuum. *Limnology and Oceanography*, 62(S1), S3–S14. <https://doi.org/10.1002/lno.10721>
- Yamana Gold Inc. (2018). *Annual information form for the fiscal year ended*.
- Zhuang, W. (2016). Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 12867–12879. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6854-3>

## XVIII. APENDICES

### XVIII.1. Definición de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua

El paso inicial de este estudio correspondió a la selección de las cuencas de mayor interés para el análisis de la Oferta Natural, para lo cual se estableció un conjunto de criterios con el fin de evaluar las cuencas candidatas a ser consideradas para este análisis.

El principal criterio para que una cuenca resultara de interés como fuente de recursos en el contexto de un hipotético proyecto de trasvase por medio de una carretera hídrica es su condición de excedentaria, es decir que cuente con una potencial OJ<sup>84</sup> positiva. Sin embargo, dada la naturaleza de los potenciales proyectos de carretera hídrica, es conveniente también considerar, a lo menos, criterios de caudal total trasladable y de estabilidad de estos caudales en función de la variabilidad de los excedentes.

Aunque finalmente la estimación de estas variables se realiza en una segunda fase, mediante la modelación hidrológica y el cálculo de los caudales comprometidos en forma de Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) en cada cuenca, se realizó un análisis preliminar sobre la base de balances hídricos simples y la estimación del caudal comprometido según fuentes directas como el Atlas del Agua de la DGA (2016d) y la revisión de antecedentes que permiten estimar la estabilidad de la excedencia. Este análisis preliminar permitió seleccionar un conjunto de cuencas que son consideradas de mayor interés para el estudio por cuanto cumplen con los criterios anteriormente mencionados y debieron, por lo tanto, ser sometidas a un análisis de mayor profundidad.

A continuación, se resume el procedimiento que se siguió para la determinación de las cuencas de interés para analizar en mayor profundidad la oferta hídrica.

#### XVIII.1.A. Cuencas potencialmente excedentarias

Originalmente y por bases de generales de la licitación, se proponen como candidatas para el estudio a todas aquellas cuencas circunscritas entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y la de Los Lagos ya que en esta zona existen distintos estudios que indicarían que la relación entre demanda y disponibilidad es favorable, al menos al compararlo con promedios históricos donde la demanda puede ser cubierta por las aguas superficiales y las cifras globales parecieran no demostrar indicadores de estrés. Cabe mencionar que este conjunto de cuencas potenciales ya constituye una primera selección puesto que no se considera en él las islas ni las cuencas costeras, con la excepción de las cuencas costeras de Rapel y las cuencas costeras entre los ríos Bueno y Puelo, Puelo y Yelcho y Yelcho y el límite regional. Esta selección se justifica por el reducido tamaño de estas cuencas y por la naturaleza de su régimen hidrológico, que permiten anticipar caudales pequeños y de escasa regularidad Figura XVIII.1.

---

<sup>84</sup> Según las bases del estudio, la OJ de agua corresponde a la disponibilidad de agua superficial efectiva (física) menos los derechos consuntivos y no consuntivos otorgados a la fecha, teniendo en cuenta, además, el caudal ecológico



Figura XVIII.1. Cuencas potencialmente excedentarias.



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases geográficas de datos del Banco Nacional de Aguas (BNA) de la DGA y del Atlas del Agua (DGA, 2016c)

#### i) Estimación del caudal medio anual en cuencas excedentarias

Se realizó una estimación preliminar de los caudales medios anuales para cada una de las cuencas potenciales mencionadas anteriormente (Figura XVIII.1), lo cual constituye una aproximación a la Oferta Natural<sup>85</sup> por cuenca. Aplicando una metodología simple consistente en calcular la variación del almacenamiento en el tiempo dentro de una cuenca, lo cual se obtiene restando a la precipitación el caudal en régimen natural que sale de la cuenca y el flujo de salida por evapotranspiración. Los flujos anteriores se analizaron por un periodo de 36 años (1980-2016), lo que permite suponer que la variación de almacenamiento es nula en el periodo y por lo tanto es posible estimar el caudal medio anual de cada cuenca mediante la resta entre la precipitación y la evapotranspiración.

La estimación se realizó utilizando datos de las forzantes meteorológicas correspondientes a los valores medios anuales de precipitación y temperatura en cada una de las unidades consideradas inicialmente, las que se obtuvieron para el periodo 1980-2016 directamente del producto CAMELS-CL (Alvarez-Garretón *et al.*, 2018 -en revisión) desarrollado para el proyecto "Actualización del Balance Hídrico de Chile" (DGA, 2017a), con el objetivo de realizar los balances hídricos simplificados a nivel anual.

Posteriormente, se estimó la evapotranspiración potencial en cada una de las cuencas utilizando tres métodos ampliamente utilizados en la literatura: los métodos de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948),

<sup>85</sup> Según las bases del estudio, la Oferta Natural, denominada como Oferta Física en dichas bases, corresponde a la disponibilidad de agua superficial efectiva (caudales pasantes) para cada cuenca seleccionada.

Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985) y Turc (Turc, 1961) para luego estimar la evapotranspiración real mediante la aproximación de Budyko (Webster, 1976). Finalmente, se obtuvieron los caudales medios anuales con los tres métodos de evapotranspiración mencionados, utilizando la ecuación del balance hídrico, para una cuenca en régimen natural.

## *ii) Derechos de Aprovechamiento de Agua otorgados y estado de las cuencas*

Para lograr una priorización de las cuencas de mayor interés, además de contar con una aproximación a la Oferta Natural de agua es conveniente también contar con una aproximación a los caudales comprometidos por DAA y el estado de las cuencas respecto al sobreotorgamiento de DAA. La estimación de la diferencia que existe entre los caudales comprometidos y la Oferta Natural fue utilizada como una primera aproximación para determinar el estado de las cuencas.

En los casos en que el uso de los recursos está por sobre la capacidad del sistema natural se estaría frente a una situación de uso intensivo y eventualmente sobreexplotación, la cual puede ocurrir por varios motivos, pero en nuestro país una de las razones importantes es lo que se conoce como sobreotorgamiento, lo que sucede cuando se han “constituido DAA por caudales o volúmenes que superan los niveles sostenibles que permiten la utilización de la fuente en el largo plazo” (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2013). Es importante señalar que la existencia de un sobreotorgamiento no necesariamente significa que existirá una sobreexplotación de la cuenca, ya que los DAA pueden no ser utilizados en su totalidad y en algunos casos las OU pueden resolver el problema al gestionar el uso de las aguas prorrateando los DAA administrados bajo su jurisdicción (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2013). Sin embargo, la existencia de un sobreotorgamiento implica una tensión sobre los recursos hídricos y por consiguiente un margen escaso, si acaso existe, entre los DAA y la disponibilidad.

Por otro lado, se identificaron aquellas cuencas con declaración de agotamiento. La declaración de agotamiento es un mecanismo de protección de los recursos hídricos superficiales, contemplado en el Código de Aguas, que indica que una fuente natural de agua superficial se encuentra agotada para la constitución de nuevos DAA superficiales de tipo consuntivo y ejercicio permanente (DGA, 2016d). Este instrumento permite a la DGA, mediante la petición fundada de una Junta de Vigilancia (JV) u otro interesado, declarar agotada una fuente natural de agua para la concesión de nuevos DAA, aunque esta declaración puede ser revocable a petición de la organización de usuarios o de terceros interesados (Prieto, 2011).

Además, se indagó en las regiones que hayan sido declaradas como zonas de escasez ya que esta entregaría una señal de la tensión que existiría sobre los recursos hídricos en dichas zonas, al menos en algunos meses del año. La declaración de zona de escasez es un instrumento contemplado en el Código de aguas, utilizado para la gestión adecuada de las aguas que permite tomar decisiones respecto de las aguas en fuentes naturales y administrar el recurso hídrico en épocas de extraordinaria sequía con el fin de reducir los daños que se ocasionan debido a la falta de agua (DGA, 2016e). La declaración de escasez es facultad del Presidente de la República, a petición o con informe de la DGA, quien podrá, en épocas de extraordinaria sequía, declarar zonas de escasez por períodos máximos de seis meses, no prorrogables (Código de Aguas). Es responsabilidad de la DGA calificar, mediante resolución, las épocas de sequía que revistan el carácter de extraordinarias.

La relevancia que tiene esta declaración es que la DGA puede aplicar medidas para redistribuir las aguas para reducir al mínimo los daños producidos por sequías, pudiendo suspender atribuciones de las Juntas de Vigilancia y los seccionamientos de las corrientes naturales que estén comprendidas dentro de sus jurisdicciones. Así también puede autorizar la extracción de aguas subterráneas o superficiales desde cualquier punto, sin necesidad de constituir DAA y sin la limitación del caudal ecológico mínimo.

La información recabada en este apartado fue recopilada desde fuentes de información secundaria, especialmente datos publicados por la DGA para realizar la selección preliminar de las cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua.

## XVIII.1.B. Resultados

### i) Caudales medios anuales estimados

Las Tabla XVIII.1 y la Figura XVIII.2 muestran el detalle de los caudales medios anuales obtenidos para cada una de las cuencas con los tres métodos utilizados. La Tabla XVIII.1 además muestra la comparación con valores estimados en el Balance Hídrico Nacional del año 1987 (DGA, 1987), aunque se debe tener presente que no ha sido posible comparar las estimaciones con la información disponible en el Atlas del Agua de la DGA, ya que al tratarse de estadística de estaciones fluviométricas, sus mediciones no se encuentran en régimen natural.

Es importante destacar que el estudio de Balance Hídrico Nacional de la DGA (DGA, 1987), utilizó la misma estimación que la formulación planteada en esta metodología<sup>86</sup>, con la salvedad que las estimaciones de evapotranspiración actual se realizaron en base a la fórmula de Turc de 1953. Además, en dicho estudio, la temperatura correspondía a una variable meteorológica relativamente estacionaria en el tiempo, por lo que las diferencias obtenidas entre la metodología empleada en este estudio tienen diversos motivos, los cuales no sólo son atribuibles a variaciones climatológicas sino además metodológicas para estimar los flujos, así como distintas ventanas temporales de análisis.

**Tabla XVIII.1. Caudales medios anuales y errores porcentuales de estimaciones de caudal medio anual.**

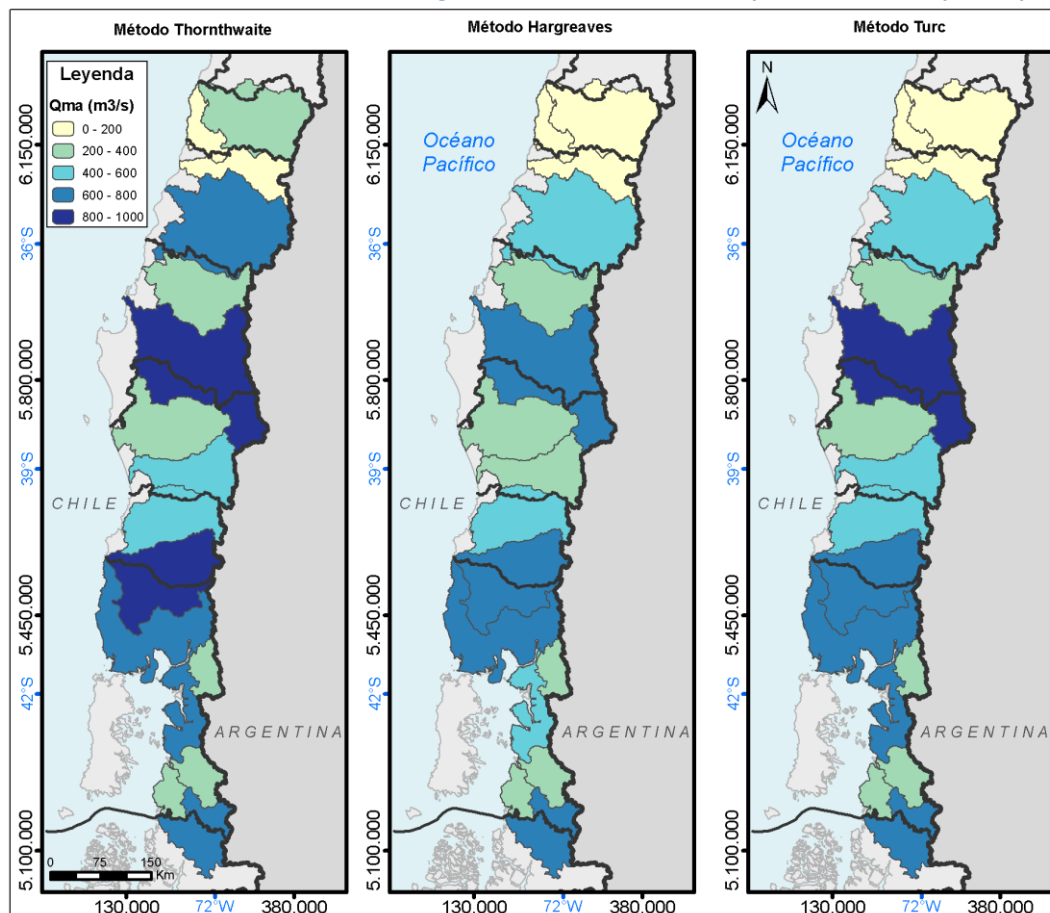
Cuenca	Caudal medio anual [m <sup>3</sup> /s]				Diferencia BHN*		
	Thorntwaite	Hargreaves	Turc	BHN1987	Thorntwaite	Hargreaves	Turc
Río Rapel	200,1	121,0	142,4	174,0	15%	-30%	-18%
Costeras Rapel	18,2	7,8	10,9	31,4	-42%	-75%	-65%
Río Mataquito	157,4	108,1	123,2	171,0	-8%	-37%	-28%
Río Maule	628,2	445,6	504,1	569,0	10%	-22%	-11%
Río Itata	341,8	243,2	274,5	361,0	-5%	-33%	-24%
Río Biobío	951,7	729,6	807,0	1004,0	-5%	-27%	-20%
Río Imperial	398,7	293,6	327,4	398,7	-2%	-28%	-20%
Río Toltén	457,7	383,2	407,4	583,0	-21%	-34%	-30%
Río Valdivia	578,8	501,2	517,1	748,0	-23%	-33%	-31%
Río Bueno	877,4	762,6	788,1	879,0	0%	-13%	-10%
Cuencas entre ríos Bueno y Puelo	725,9	640,0	653,7	698,0	-32%	-40%	-39%
Río Puelo	294,1	269,1	284,4	712,0	-59%	-62%	-60%
Costeras entre río Puelo y río Yelcho	638,1	599,7	618,1	773,0	-17%	-22%	-20%
Río Yelcho	399,3	364,6	388,2	906,0	-56%	-60%	-57%
Costeras entre río Yelcho y límite Regional	314,3	296,3	304,0	260,0	21%	14%	17%
Río Palena y Costeras Límite Décima Región	744,7	683,2	725,8	763,0	-2%	-10%	-5%
				Promedio	-14%	-32%	-26%
				Desviación estándar	24%	21%	21%

\*Balance Hídrico Nacional (DGA, 1987). Fuente: Elaboración propia.

<sup>86</sup>  $Q = Pp - ET$ , donde  $Q$  corresponde al caudal en régimen natural que sale de la cuenca,  $Pp$  es la precipitación y  $ET$  representa el flujo de salida por evapotranspiración.

Como se aprecia en la Tabla XVIII.1, los resultados de la evapotranspiración real de las cuencas dan resultados consistentes entre sí. Se observa también que el método de Thornthwaite tiende a entregar valores mayores que los otros dos métodos, por su parte, los métodos de Hargreaves y Turc, entregan valores muy similares.

Figura XVIII.2. Caudal medio anual estimado según los tres métodos utilizados para estimar la evapotranspiración.



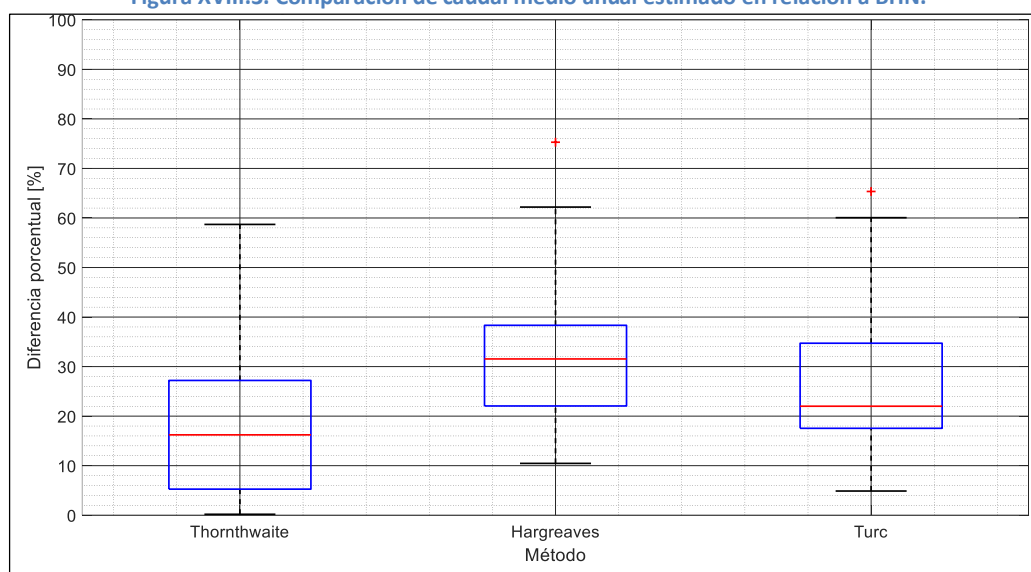
Fuente: Elaboración propia

La Figura XVIII.3 muestra la comparación de las diferencias porcentuales, en valor absoluto, de los tres métodos utilizados en la estimación de los caudales medios anuales en relación a los valores presentados en el Balance Hídrico Nacional. El punto de mayor diferencia corresponde a las cuencas costeras del río Rapel-Estero Nilahue. Estas importantes diferencias no pueden ser atribuibles solamente a variabilidad climática, sino además a diferencias metodológicas entre lo planteado en este estudio y el estudio de la DGA (DGA, 1987) descritas anteriormente.

Además, es posible apreciar en la Tabla XVIII.1 que se han obtenido elevadas diferencias porcentuales para las cuencas del río Puelo y Yelcho, las cuales indican que los valores estimados en el presente estudio, difieren considerablemente los caudales en relación a los valores presentados en el Balance Hídrico Nacional (DGA, 1987). Esta gran diferencia se explica por el hecho que estas unidades hidrológicas son binacionales y en el análisis se han considerado las áreas aportantes correspondientes únicamente al territorio chileno, lo que evidentemente no representa la Oferta Natural real de los sistemas, sino que el volumen generado hidrológicamente en el territorio chileno. Esto implica que en estas cuencas

se tienen caudales de entrada que no están siendo considerados en la ecuación del balance, por lo tanto, la metodología utilizada tiende a subestimar la escorrentía total de las cuencas.

**Figura XVIII.3. Comparación de caudal medio anual estimado en relación a BHN.**



Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que los resultados que se presentan en este apartado son preliminares y que permitieron contar anticipadamente con órdenes de magnitud de los caudales disponibles y comparar entre cuencas con el fin de priorizar aquellas de mayor interés. Lo presentado hasta ahora no reemplaza en ningún caso la modelación de balances hídricos contemplada en el estudio la que se describe posteriormente en el apartado 1.2. Estimación de la Oferta Natural.

### ii) Derechos de Aprovechamiento de Agua otorgados

Según el Atlas del Agua (DGA, 2016e) el número de DAA superficiales otorgados es de 52.581 (a agosto del año 2015) correspondientes a 40.007,71 m<sup>3</sup>/s. En el área considerada para las cuencas excedentarias se encuentran más de la mitad de estos DAA (55,9%) y el 73,7% del caudal otorgado, repartidos en 22.825 DAA consuntivos equivalentes a un caudal de 1.585,38 m<sup>3</sup>/s y 6.575 DAA no consuntivos con un caudal de 27.916,69 m<sup>3</sup>/s (Tabla XVIII.2). Según esta información, la cuenca que posee el mayor caudal otorgado en DAA consuntivos corresponde a la del río Maule, seguida por la del río Imperial e Itata. Respecto al caudal total (entre DAA consuntivos y no consuntivos), la cuenca del río Biobío destaca por sobre el resto al tener un caudal otorgado de 8.693,98 m<sup>3</sup>/s (97,76% de este caudal corresponde a DAA no consuntivos).

**Tabla XVIII.2. Caudal y número de DAA superficiales en cuencas representativas del Atlas del Agua (DGA, 2016e) que son consideradas potencialmente excedentarias para el presente estudio.**

Región	Cuenca	Caudal DAA consuntivos (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA consuntivos	Caudal DAA No consuntivos (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA No consuntivos	Caudal DAA Total (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA Total
RM-VI	Río Rapel	143,80	1.020	1.604,04	234	1.747,84	1.254
VI-VII	Río Mataquito	82,49	350	627,23	187	709,72	537
VII-VIII	Río Maule	335,87	3.375	2.510,05	385	2.845,92	3.760
VIII	Río Itata	259,27	1.678	1.330,12	239	1.589,40	1.917
VIII-IX	Río Biobío	194,75	1.921	8.499,23	937	8.693,98	2.858
IX	Río Imperial	274,19	3.452	1.511,56	868	1.785,75	4.320

Región	Cuenca	Caudal DAA consuntivos (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA consuntivos	Caudal DAA No consuntivos (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA No consuntivos	Caudal DAA Total (m <sup>3</sup> /s)	Nº DAA Total
IX	Río Toltén	126,58	3.454	2.800,64	1.451	2.927,22	4.905
IX-XIV	Río Valdivia	94,46	4.241	2.816,2	873	2.910,66	5.114
XIV-X	Río Bueno	71,23	3.123	2.789,31	1.191	2.860,55	4.314
X	Río Puelo	0,42	28	1.509,08	132	1.509,50	160
X	Río Yelcho	1,29	105	1.903,58	36	1.904,87	141
X-XI	Río Palena y costeras límite Décima Región	1,02	78	15,64	42	16,67	120
Total		1.585,38	22.825	27.916,69	6.575	29.502,07	29.400

Fuente: Elaboración propia en base a información de la DGA, 2016b.

Es posible que estas cifras estén subestimando la verdadera cantidad de DAA y caudales otorgados por la DGA, debido a que, por un lado, los datos son del año 2015 y por otro, a las reconocidas dificultades que presenta el sistema de RPDAAs para mantenerse actualizado. No obstante, al igual que para el caso de la estimación de la Oferta Natural, la información expuesta aquí permite obtener un orden de magnitud de los caudales comprometidos y realizar un análisis comparativo entre cuencas.

Junto con la información presentada anteriormente, es interesante conocer los antecedentes que existen respecto a la relación entre el uso o la explotación que se hace de los recursos hídricos de una cuenca y su disponibilidad natural<sup>2</sup>. Según la información que entrega la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025, en Chile existen numerosas cuencas en que los recursos otorgados como DAA superan los recursos disponibles en forma natural. Aunque la mayoría de estas cuencas se concentran desde la Región Metropolitana al norte, es importante señalar que gran parte de las cuencas de la Región de O'Higgins se encuentran sobretorgadas de DAA.

### iii) Cuencas con declaración de agotamiento

Entre las regiones de O'Higgins y Los Lagos existe cinco subcuencas o subsubcuencas declaradas agotadas por la DGA (Tabla XVIII.3). En la Región de O'Higgins los recursos hídricos superficiales, tanto el río Claro de Rengo y sus afluentes como el Estero Chimbarongo y sus afluentes y el río Tinguiririca y sus afluentes poseen declaración de agotamiento (todos en la cuenca del río Rapel). En tanto, en la Región del Biobío, los ríos Diguillín y Laja y sus afluentes, en las cuencas del río Itata y Biobío, respectivamente, se encuentran agotados.

Tabla XVIII.3. Zonas con declaración de agotamiento en el área de estudio para la comprobación de la Oferta Física.

Área declarada agotada	Región	Cuenca	Resolución	Fecha
Río Claro de Rengo y sus afluentes	Lib. Bernardo O'Higgins	Río Rapel	DGA 25	14-03-2016
Primera sección río Tinguiririca y sus afluentes	Lib. Bernardo O'Higgins	Río Rapel	DGA 80	16-03-1983
Estero Chimbarongo y sus afluentes	Lib. Bernardo O'Higgins	Río Rapel	DGA 894	05-11-1999
Río Diguillín y sus afluentes	Biobío	Río Itata	DGA 158	21-04-1994
Río de La Laja desde sus nacientes	Biobío	Río Biobío	DGA 1858	25-08-1952

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DGA (DGA, 2016c) y de la sección de Mapas en la página web de la DGA (DGA, s. f.-b).

### iv) Regiones con declaración de escasez

En el área de las cuencas consideradas como potencialmente excedentarias se han emitido 19 declaraciones de escasez desde el año 2008. Como se observa en la Tabla XVIII.4, la Región del Maule es la que más declaraciones posee desde esa fecha (el último caducó el 4 de junio de 2018). Cabe mencionar que

las comunas de Quemchi y Quellón, en la Región de Los Lagos, también estuvieron declaradas como zonas de escasez el año 2017, medida que caducó el 1 de febrero de 2018.

**Tabla XVIII.4. Número de declaraciones de escasez por región.**

Región	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
VI	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	3
VII	2	-	-	3	1	1	2	1	1	2	13
VIII	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	4
IX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
XIV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1

Fuente: Elaboración propia. Adaptado desde la DGA (2016c) e información disponible en página web de la DGA (DGA, 2018a)

#### v) Propuesta de cuencas de interés para el análisis de la Oferta Natural de agua

Con el caudal medio anual estimado preliminarmente, según los métodos analizados, se pudieron determinar las cuencas con mayor disponibilidad hídrica física a nivel anual, cuyo *ranking*, se presenta en la Tabla XVIII.5, donde las cuencas con mayor disponibilidad hídrica media anual ocupan las primeras posiciones en el *ranking*.

Los tres métodos con los que se obtuvieron los caudales medios anuales coinciden en el *ranking* en la mayoría de las cuencas. Las cuencas con menor disponibilidad hídrica física, según las estimaciones realizadas corresponden a las cuencas Costeras entre el río Rapel y estero Nilahue, río Mataquito y río Rapel, con los tres métodos, y las cuencas del río Itata y Puelo con al menos dos de los métodos.

**Tabla XVIII.5. Ranking de disponibilidad hídrica media anual según los métodos analizados. Los colores permiten relacionar los distintos métodos.**

Ranking	Método		
	Thornthwaite	Hargreaves	Turc
1	Río Biobío	Río Bueno	Río Biobío
2	Río Bueno	Río Biobío	Río Bueno
3	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	Río Palena y Costeras Limite Décima Región
4	Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo	Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo
5	Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho	Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho	Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho
6	Río Maule	Río Valdivia	Río Valdivia
7	Río Valdivia	Río Maule	Río Maule
8	Río Toltén	Río Toltén	Río Toltén
9	Río Yelcho	Río Yelcho	Río Yelcho
10	Río Imperial	Costeras entre R. Yelcho y límite Regional	Río Imperial
11	Río Itata	Río Imperial	Costeras entre R. Yelcho y límite Regional
12	Costeras entre R. Yelcho y límite Regional	Río Puelo	Río Puelo
13	Río Puelo	Río Itata	Río Itata
14	Río Rapel	Río Rapel	Río Rapel

Ranking	Método		
	Thornthwaite	Hargreaves	Turc
15	Río Mataquito	Río Mataquito	Río Mataquito
16	Costeras Rapel-E. Nilahue	Costeras Rapel-E. Nilahue	Costeras Rapel-E. Nilahue

Fuente: Elaboración propia

Aunque en un principio se consideró a las cuencas costeras de Rapel como posibles candidatas a ser analizadas por su tamaño, su posición en el *ranking* y la pequeña disponibilidad de caudal hacen recomendable no considerarlas dentro del estudio, ya que se puede anticipar que no resultará de interés como fuente de recursos hídricos ante un eventual proyecto de trasvase.

Por otra parte, si se comparan los caudales medios anuales de las distintas cuencas con la información disponible sobre el otorgamiento de DAA (Tabla XVIII.6), es posible constatar que tanto la cuenca del río Rapel como la cuenca del río Itata presentarían caudales medios anuales inferiores a los caudales otorgados como DAA, para al menos uno de los métodos utilizados para la estimación de caudal medio anual. Lo anterior indica que estas cuencas se encontrarían sobre otorgadas, información que coincide con lo señalado por la DGA (DGA, s. f.-b, 2016c) que indica que algunas áreas de la cuenca del río Rapel y del río Itata están declaradas como agotadas. La situación de sobre otorgamiento que afecta a estas cuencas permite también prever que una potencial OJ de agua, de existir, sería escasa y poco estable, razón por la cual se propone excluirlas del conjunto de cuencas de interés para el estudio.

**Tabla XVIII.6. Comparación de caudales medios y los DAA consuntivos otorgados en las cuencas consideradas excedentarias.**

Cuenca	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)*		
	Thornthwaite	Hargreaves	Turc		Thornthwaite	Hargreaves	Turc
Río Rapel	200,1	121,0	142,4	143,8	56,3	-22,8	-1,4
Costeras Rapel	18,2	7,8	10,9	-	-	-	-
Río Mataquito	157,4	108,1	123,2	82,5	74,9	25,6	40,7
Río Maule	628,2	445,6	504,1	335,9	292,3	109,7	168,2
Río Itata	341,8	243,2	274,5	259,3	82,5	-16,1	15,2
Río Biobío	951,7	729,6	807,0	194,8	756,9	534,8	612,2
Río Imperial	398,7	293,6	327,4	274,2	124,5	19,4	53,2
Río Toltén	457,7	383,2	407,4	126,6	331,1	256,6	280,8
Río Valdivia	578,8	501,2	517,1	94,4	484,4	406,8	422,7
Río Bueno	877,4	762,6	788,1	71,2	806,2	691,4	716,9
Cuencas entre R. Bueno y R. Puelo	725,9	640,0	653,7	-	-	-	-
Río Puelo	294,1	269,1	284,4	0,4	293,7	268,7	284,0
Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho	638,1	599,7	618,1	-	-	-	-
Río Yelcho	399,3	364,6	388,2	1,3	398,0	363,3	386,9
Costeras entre R. Yelcho y límite Regional	314,3	296,3	304,0	-	-	-	-
Río Palena y Costeras Límite Décima Región	744,7	683,2	725,8	1,0	743,7	682,2	724,8





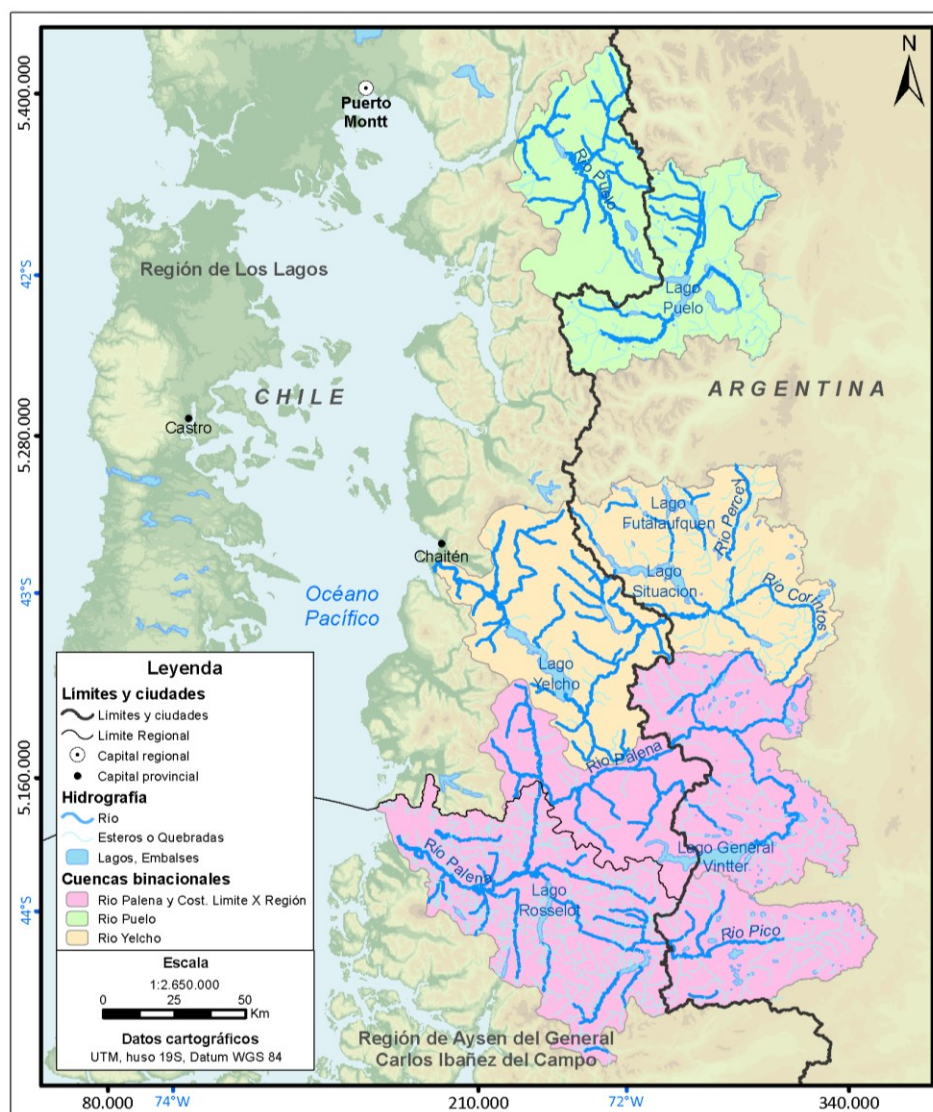
En las cuencas más australes, un dato que llama la atención es que los caudales medios anuales estimados para la cuenca del río Puelo se encuentran entre los más bajos considerando el área de las cuencas potencialmente excedentarias, sin embargo, el caudal de DAA consuntivos otorgados en dicha cuenca es muy bajo (no así el caudal de DAA no consuntivos que en dicha cuenca alcanza los 1.509,08 m<sup>3</sup>/s). Una de las razones que podrían explicar esta situación, es la condición de esta cuenca y las del río Yelcho y río Palena y costeras, límite décima región que es muy importante de considerar: corresponden a cuencas binacionales (Figura XVIII.4).

En el caso del río Puelo, es una cuenca que nace en Argentina en el Lago Puelo (en el Parque Nacional Lago Puelo) que posteriormente desemboca en el Estuario del Reloncaví en el lado chileno.

Por su parte, la cuenca del río Yelcho en el lado chileno se origina por el río Futaleufú que alimenta tanto al Lago Espolón como al Lago Yelcho, que a su vez desagua en el río Yelcho desembocando en el Golfo del Corcovado al sur de Chaitén. Sin embargo, el río Futaleufú nace en el lado argentino donde se encuentra el Complejo Hidroeléctrico Futaleufú. En la actualidad el río en Argentina es controlado por el lago artificial (presa), Amutuy Quimey, construido sobre el río a fines de los '70 con fines hidroeléctricos, y recibe aportes del río Percey.

La cuenca del Palena y costeras, límite décima región, en el contexto de este proyecto presenta dos condiciones particulares que deben ser consideradas. En primer lugar, al igual que las mencionadas anteriormente, es una cuenca compartida con Argentina y, por otro lado, es una cuenca que desagua en la Región de Aysén. El río Palena nace en el lago binacional Palena/General Vintter que da origen, en su lado oriental, al río Carrenleufú o Corcovado para luego pasar a llamarse Palena en el lado chileno, recorriendo desde la cordillera al mar, desembocando en el Golfo del Corcovado próximo a la localidad de Puerto Raúl Marín Balmaceda, en la comuna de Cisnes en la Región de Aysén.

Figura XVIII.4. Mapa que ilustra la diferencia entre cuencas delimitadas por su geomorfología natural (cuencas binacionales) y cuencas excedentarias según el BNA.



Fuente: Elaboración propia

Dadas las condiciones particulares de las tres cuencas antes descritas es recomendable no considerarlas en un análisis de Oferta Natural, pues como se menciona anteriormente, existen caudales de entrada que no están siendo considerados en la ecuación del balance, por lo tanto, no se tienen antecedentes para estimar esta información con certeza y cualquier análisis que se realice con esta información tendrá un error que no es conocido e imposible de dimensionar.

En síntesis, este análisis permitió recomendar que el grupo de cuencas a incluir como excedentarias quede compuesto por nueve cuencas principales, las que se indican en la Tabla XVIII.7 y se muestran en la Figura XVIII.5.

Figura XVIII.5. Cuencas excedentarias propuestas

**Tabla XVIII.7. Cuencas excedentarias propuestas**

Nº	Cuenca
1	Río Maule
2	Río Biobío
3	Río Imperial
4	Río Toltén
5	Río Valdivia
6	Río Bueno
7	Cuencas entre ríos Bueno y Puelo
8	Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho
9	Costeras entre R. Yelcho y límite Regional

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

## XVIII.2. Glosario de Términos

<b>Cuencas excedentarias<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuencas cuya Oferta Jurídica es positiva<sup>1</sup></li> <li>- Cuencas con una potencial Oferta Jurídica positiva<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Oferta Natural de agua por bases denominada Oferta Física)<sup>1 y 2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de agua potencialmente disponible para el proyecto<sup>1</sup></li> <li>- Corresponde a la disponibilidad de agua superficial efectiva (caudales pasantes) para cada cuenca seleccionada<sup>2</sup></li> <li>- El término “escorrentía superficial pasante” se usa como sinónimo de Oferta Física de agua<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Oferta Jurídica de agua<sup>1 y 2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usa como sinónimo de disponibilidad jurídica del agua<sup>1</sup></li> <li>- Corresponde a la disponibilidad de agua superficial efectiva menos los derechos consuntivos y no consuntivos otorgados a la fecha, teniendo en cuenta, además, el caudal ecológico<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Caudal ecológico<sup>2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Queda determinado según lo consignado en el Código de Aguas (“caudal ecológico mínimo”), el que de acuerdo con el reglamento respectivo corresponde al 50% del caudal 95% de excedencia del mes, con el límite máximo del 20% del caudal medio anual<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Demanda AAC (por bases denominada Demanda Comprometida)<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es entendida como los DAA consuntivos y no consuntivos otorgados en un momento de determinado<sup>1</sup></li> <li>- Inventario de derechos de agua<sup>1</sup></li> </ul>
<b>Disponibilidad jurídica del agua<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corresponde a la Oferta Física/Natural descontando la Demanda AAC<sup>1</sup></li> </ul>
<b>Disponibilidad/Oferta Jurídica escasa<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se entiende como aquella que limite la contribución de esa hoya hidrográfica a un eventual proyecto de trasvase<sup>1</sup></li> </ul>
<b>Disponibilidad hídrica o hidrológica<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usa como sinónimo de Oferta Física/Natural de agua<sup>1</sup></li> </ul>
<b>Disponibilidad hídrica física<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usa como sinónimo de Oferta Física/Natural de agua<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Disponibilidad natural<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se refiere a la Oferta Física de agua en régimen natural<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Cuenca sobreotorgada<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuencas donde se han “constituido DAA por caudales o volúmenes que superan los niveles sostenibles que permiten la utilización de la fuente en el largo plazo” (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2013)</li> </ul>
<b>Cuenca con declaración de agotamiento<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La declaración de agotamiento es un mecanismo de protección de los recursos hídricos superficiales, contemplado en el Código de Aguas, que indica que alguna fuente natural de agua superficial se encuentra agotada para la constitución de nuevos DAA superficiales de tipo consuntivo y ejercicio permanente (DGA, 2016d). Debe ser solicitada por una JV y es revocable.<sup>3</sup></li> </ul>

**Regiones/comunas con  
declaración de escasez<sup>3</sup>**

- La declaración de zona de escasez es un instrumento contemplado en el Código de aguas que permite tomar decisiones respecto de las aguas en fuentes naturales y administrar el recurso hídrico en épocas de extraordinaria sequía con el fin de reducir los daños que se ocasionan debido a la falta de agua (DGA, 2016e) Su duración se extiende por un periodo máximo de seis meses, no prorrogables (Código de Aguas)<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> definición extraída del contrato o las bases de la licitación

<sup>2</sup> definición extraída del documento de preguntas y respuestas a las bases de licitación

<sup>3</sup> definición extraída del Informe I

### XVIII.3. Resultados de simulaciones en cuencas sin intervención

En este anexo se muestran los detalles de las modelaciones hidrológicas en cada una de las cuencas simuladas en régimen natural.

#### XVIII.3.A. Cuenca del río Maule

Figura XVIII.6. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Perquilauquén en San Manuel.

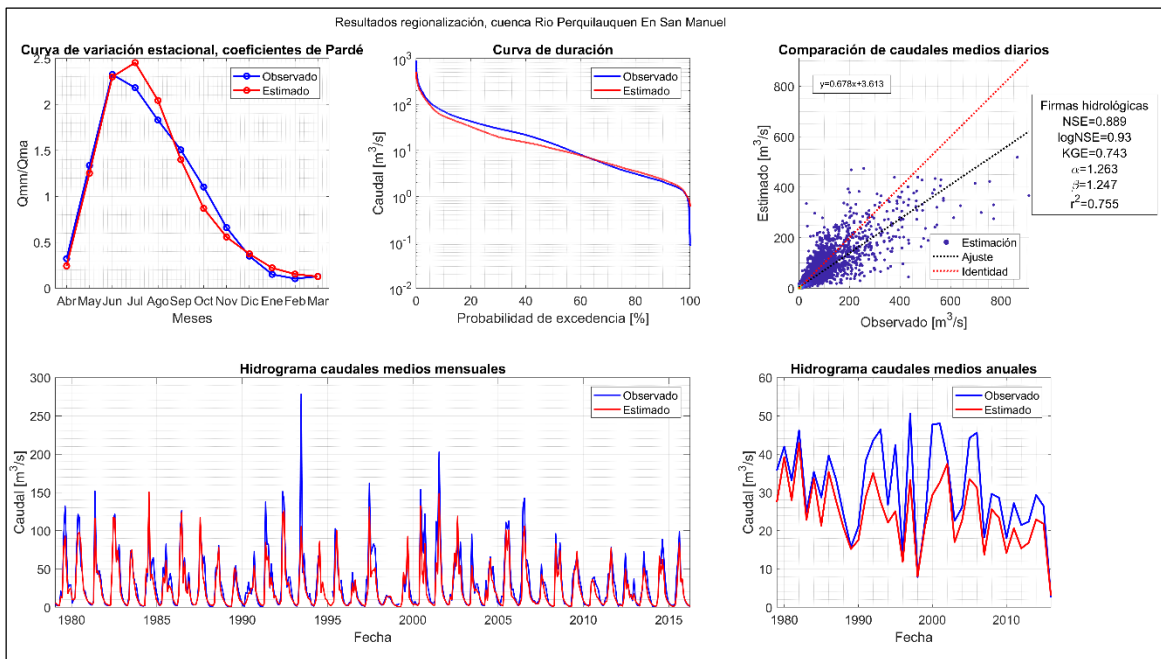


Figura XVIII.7. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Purapel en Nirvilo.

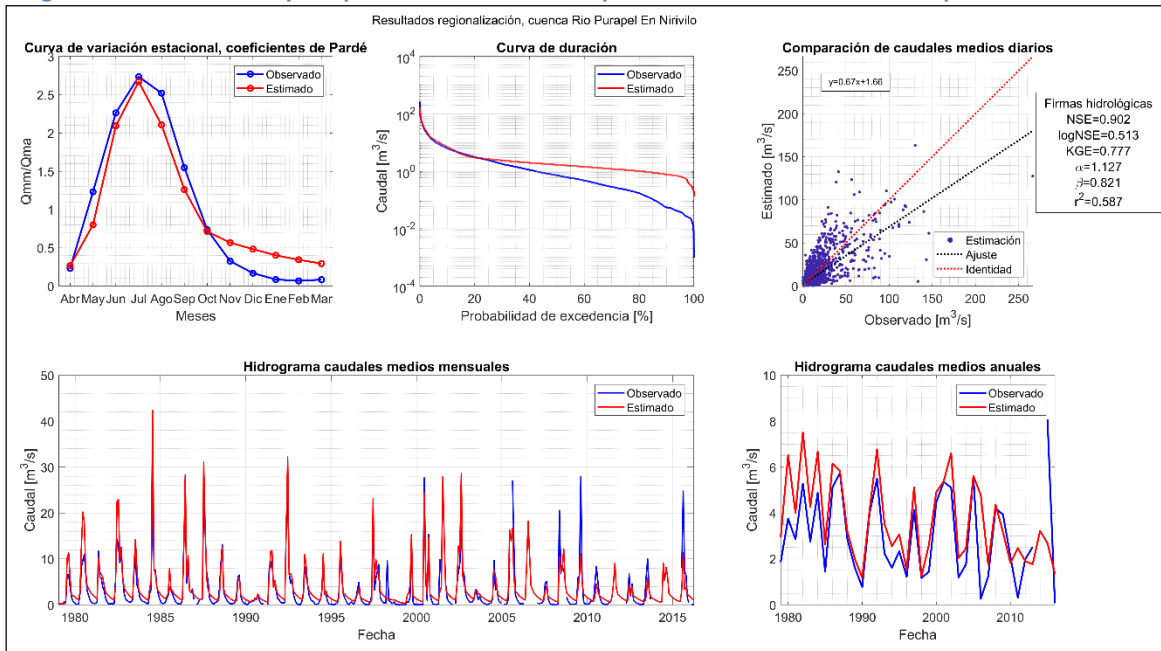


Figura XVIII.8. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Longaví en El Castillo.

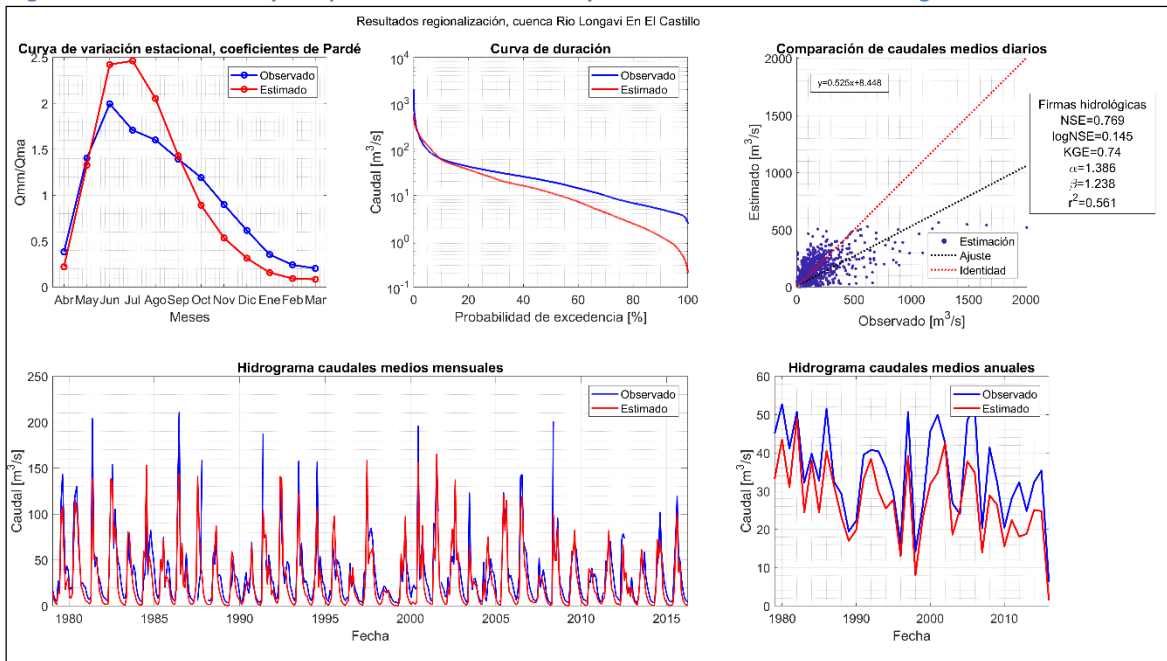


Figura XVIII.9. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Longaví en Longitudinal.

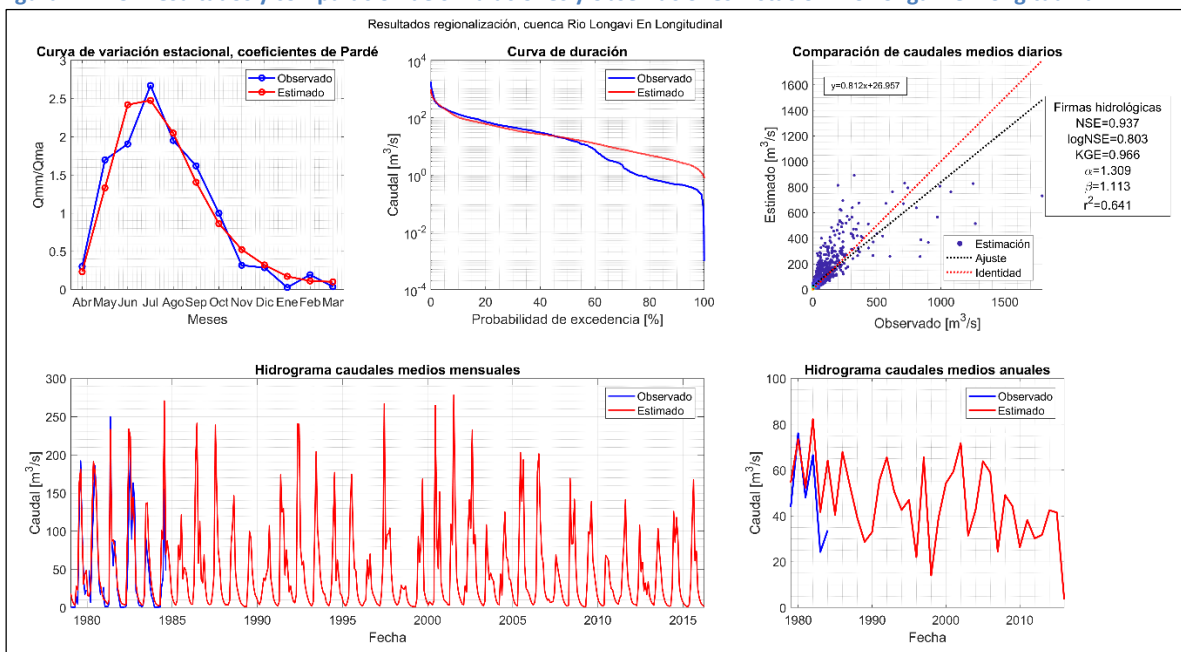
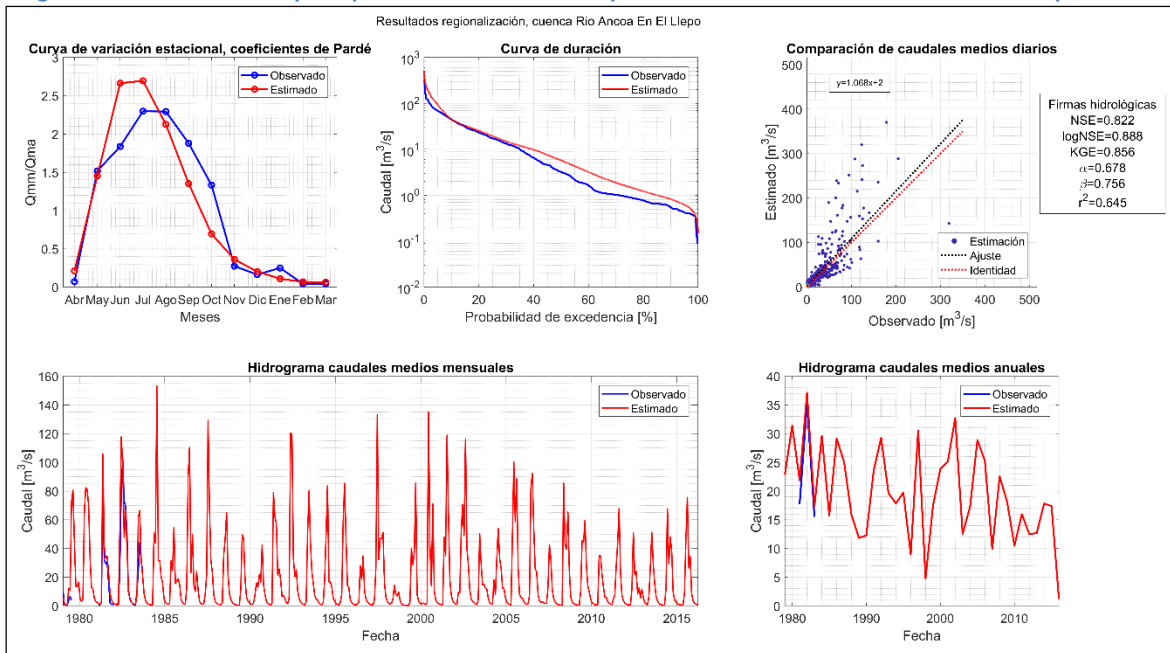




Figura XVIII.10. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Ancoa en El Llepo.



XVIII.3.B. Cuenca del río Biobío

Figura XVIII.11. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Lonquimay antes Junta Río Biobío.

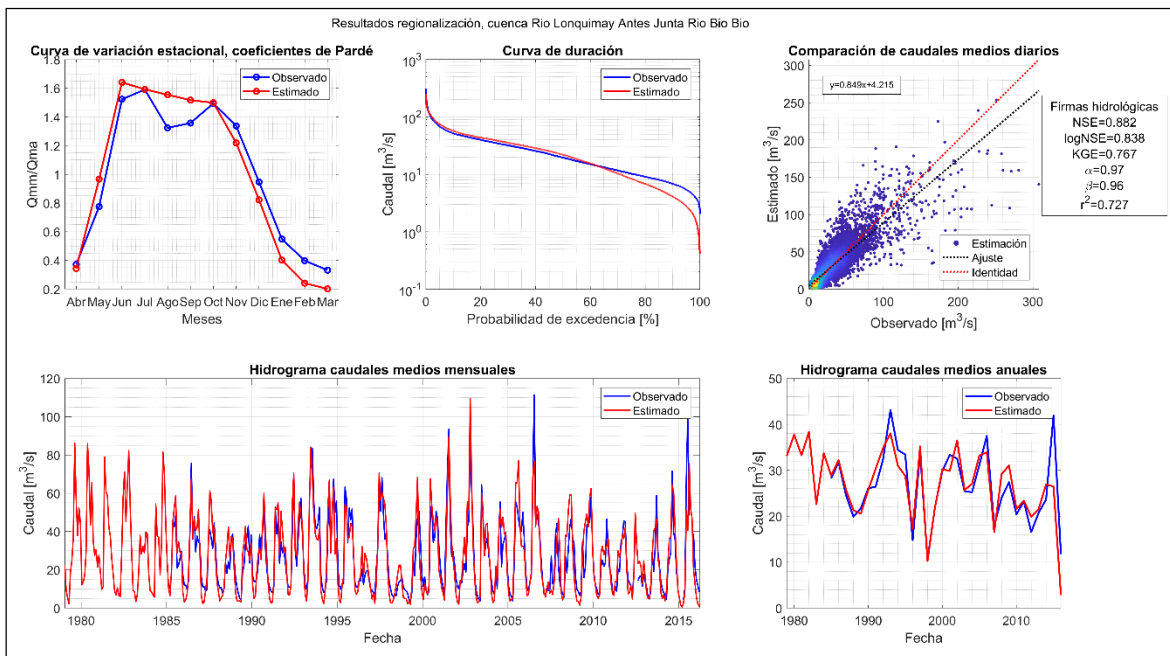


Figura XVIII.12. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Pangué en captación.

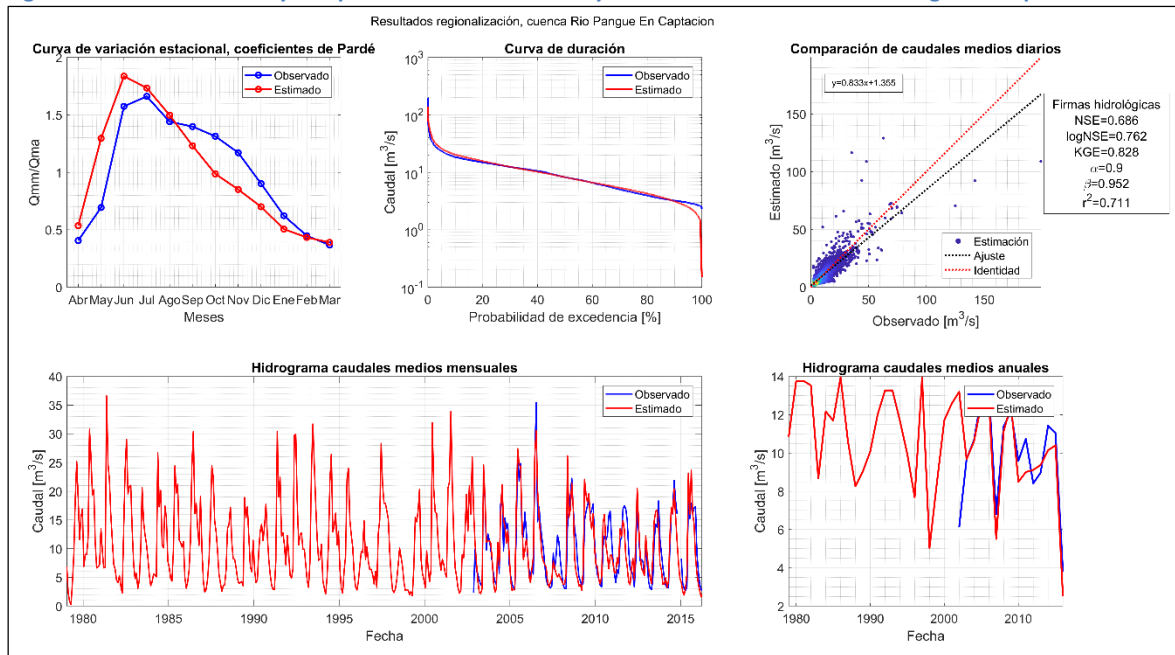


Figura XVIII.13. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Lirquén en cerro El Padre.

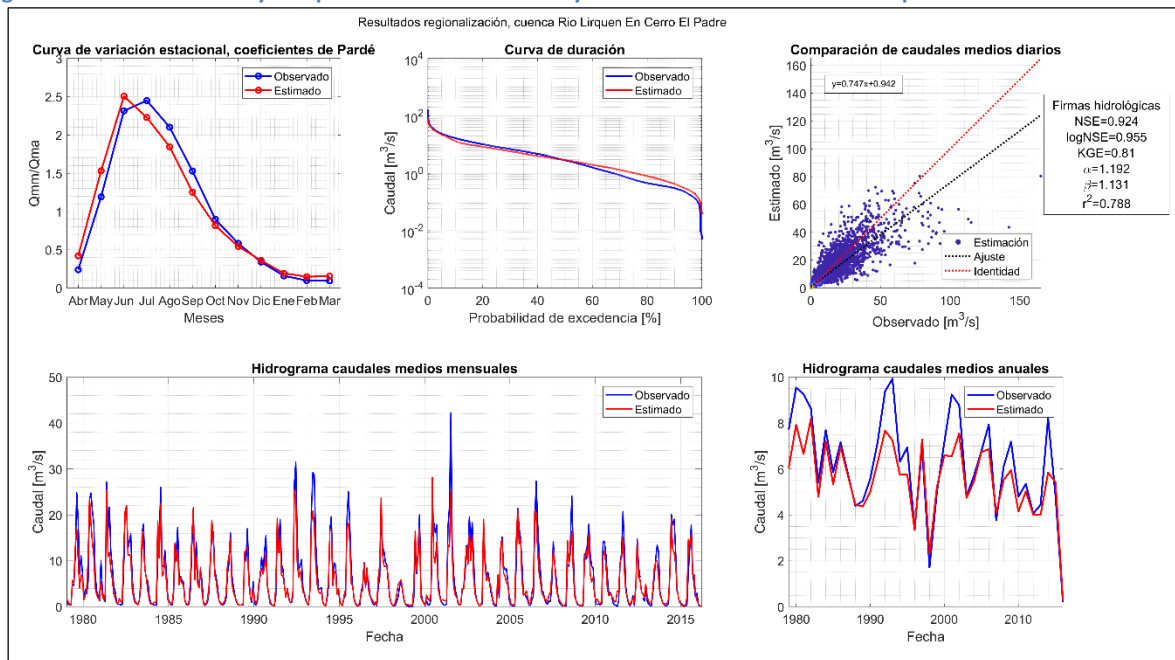


Figura XVIII.14. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Duqueco en Villicura.

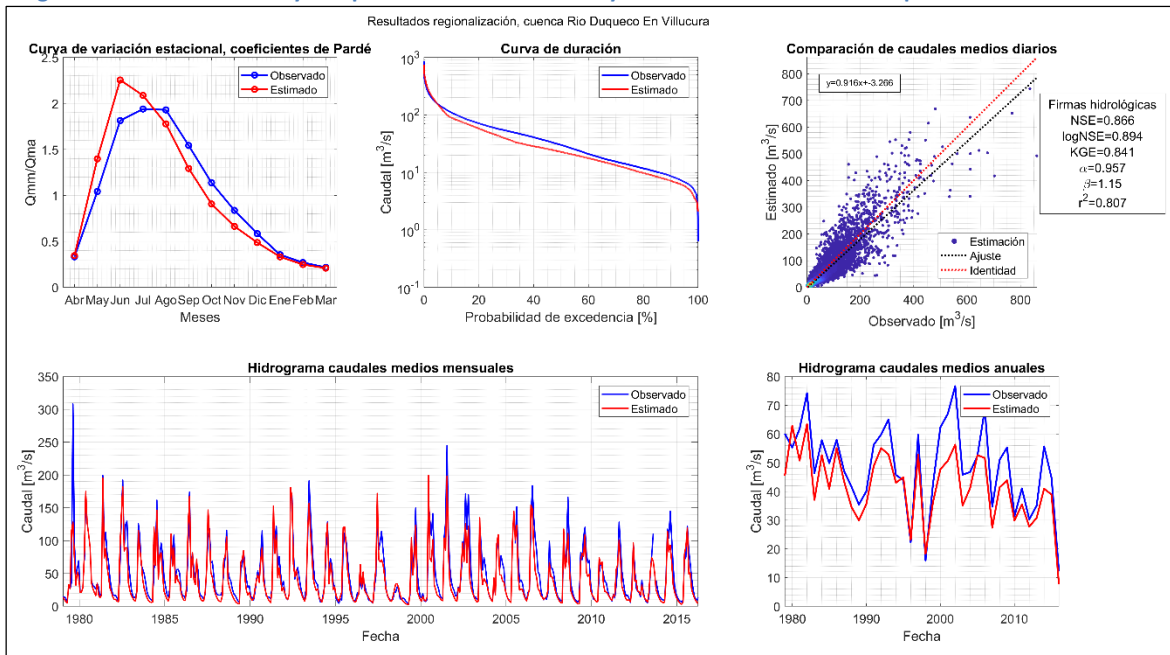


Figura XVIII.15. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Mulchén en Mulchén.

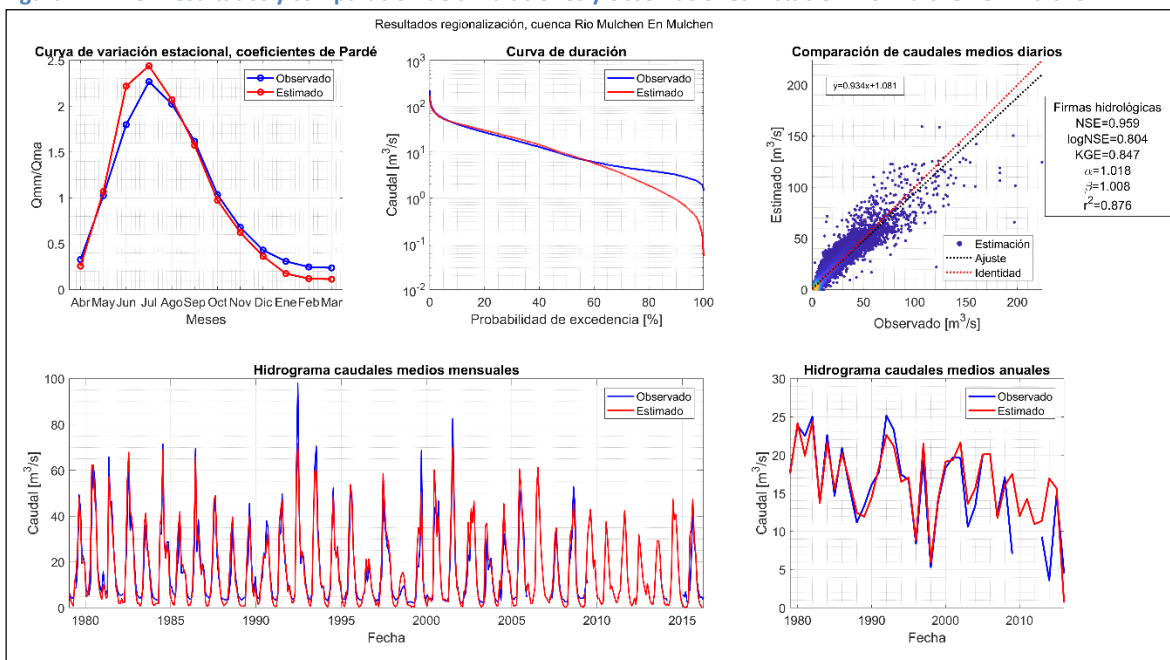


Figura XVIII.16. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Bureo en Mulchén.

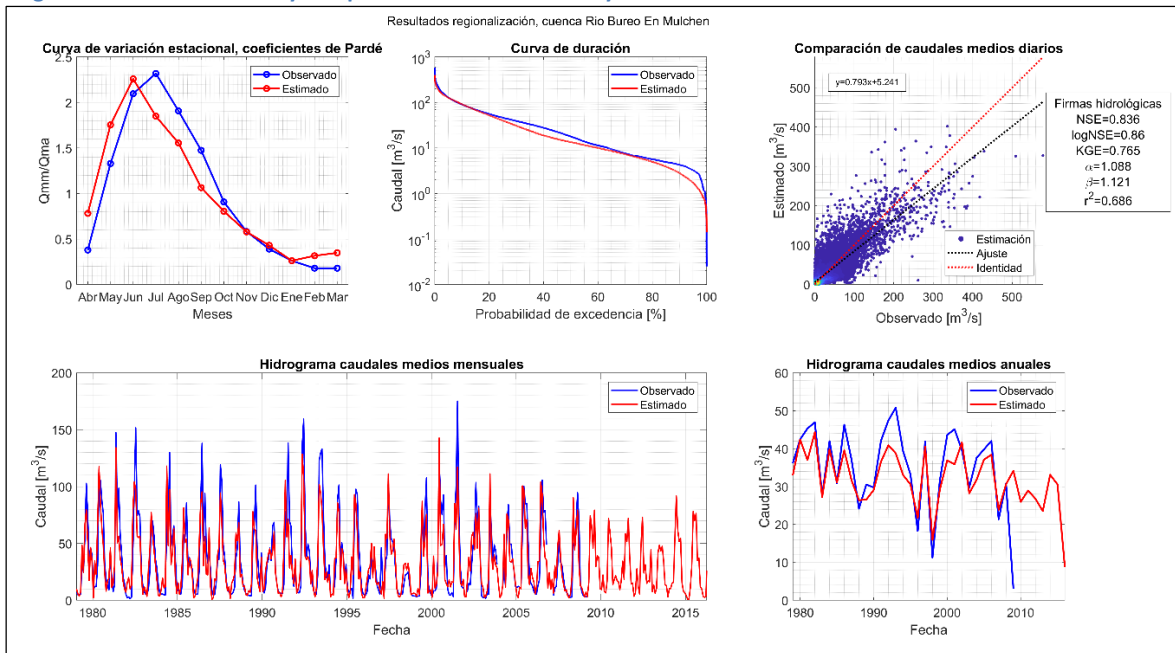


Figura XVIII.17. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Renaico en Longitudinal.

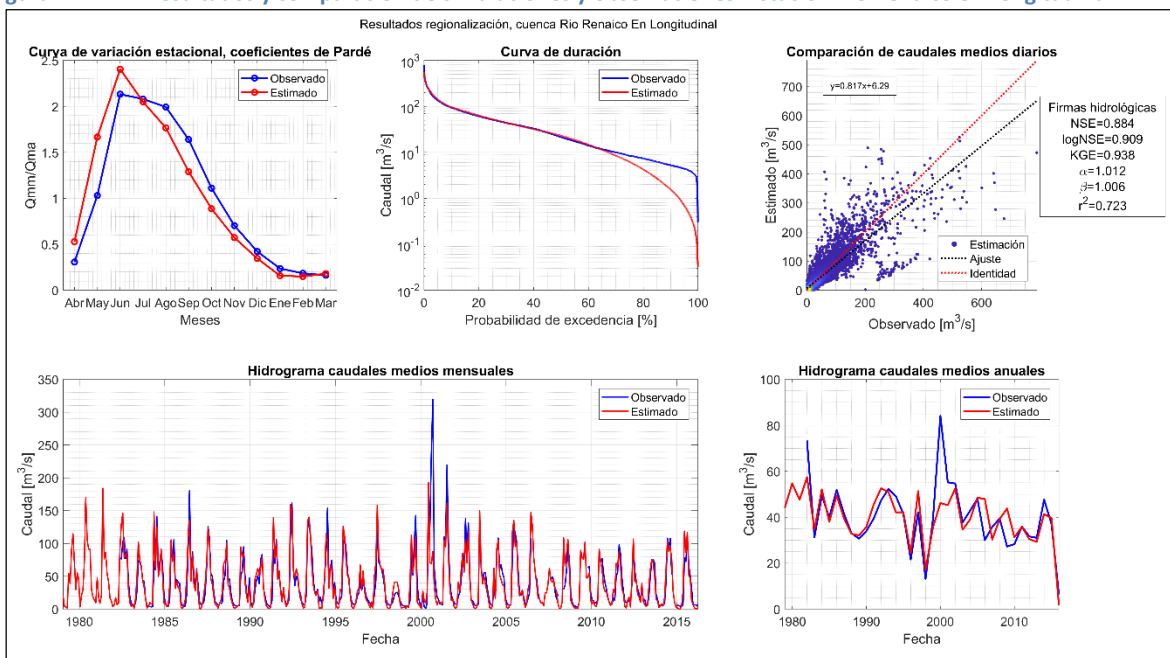


Figura XVIII.18. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Mininco en longitudinal.

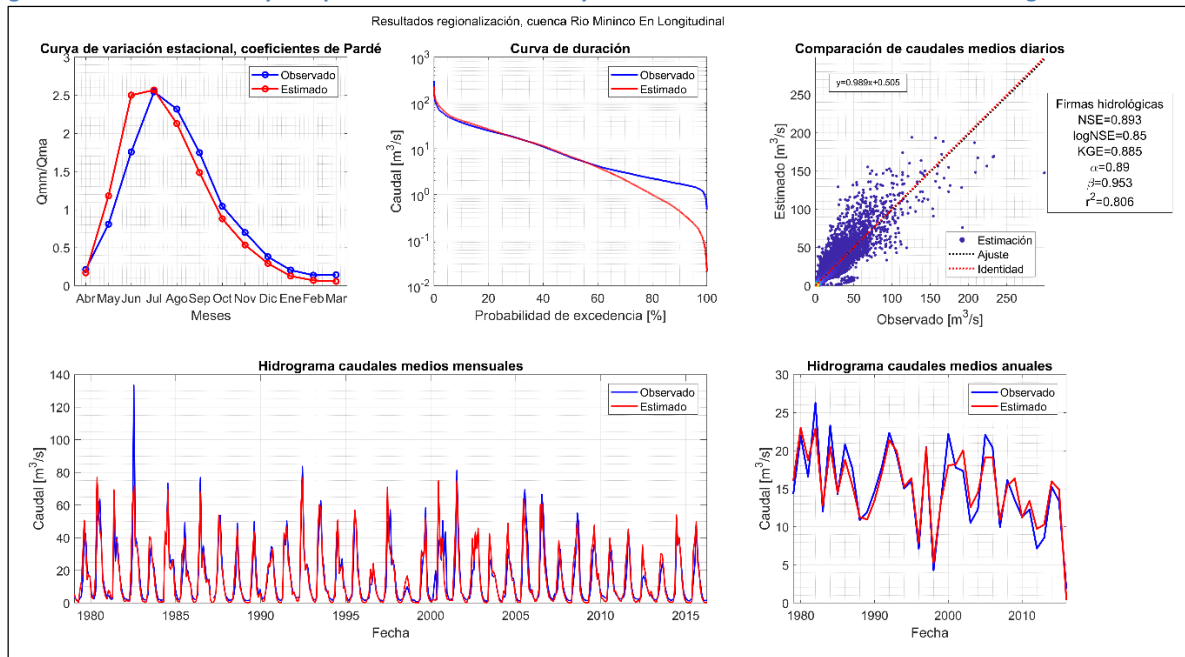


Figura XVIII.19. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Malleco en La Laguna.

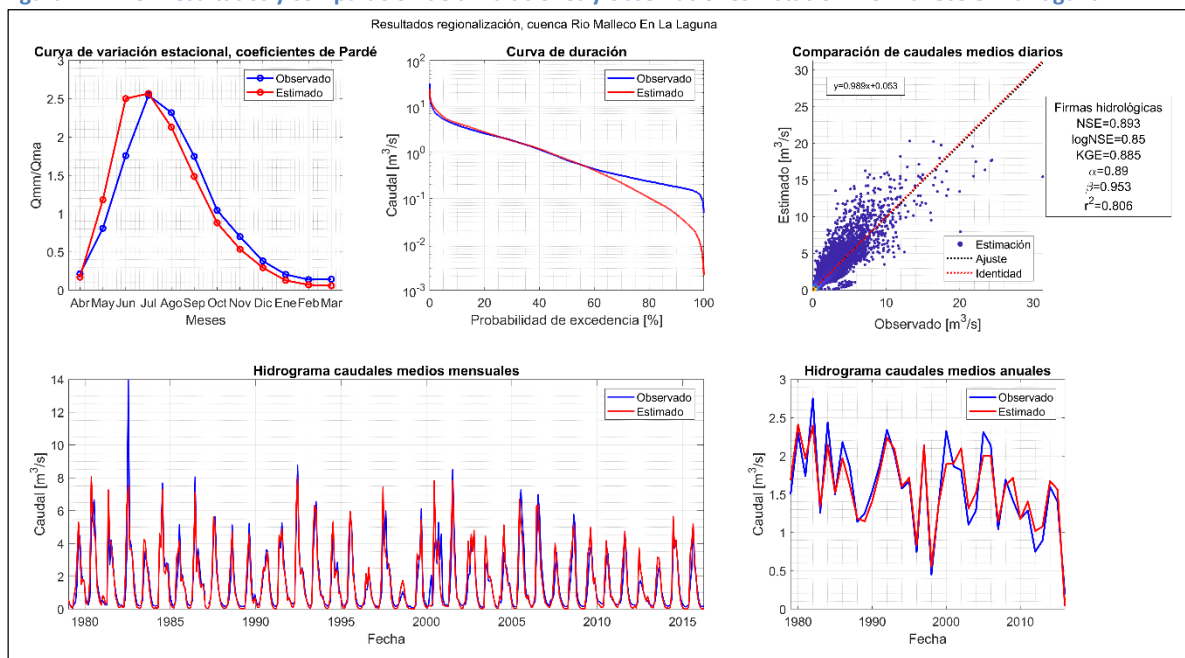


Figura XVIII.20. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Nicodahue en Pichún.

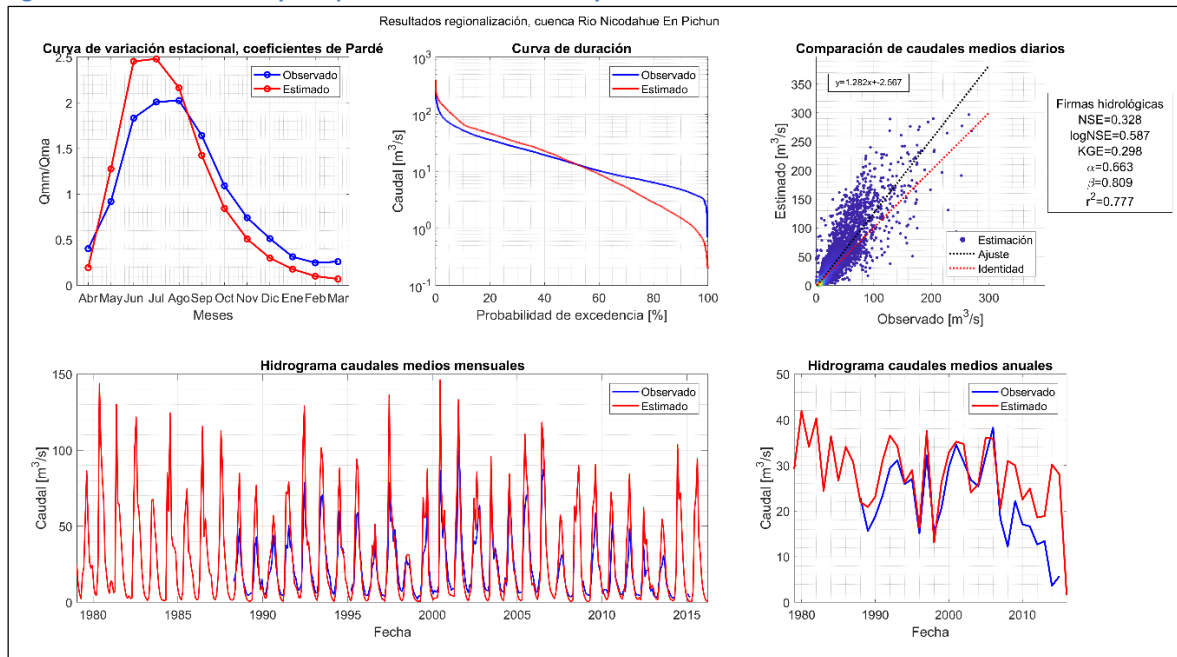


Figura XVIII.21. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Rucúe en camino a Antuco.

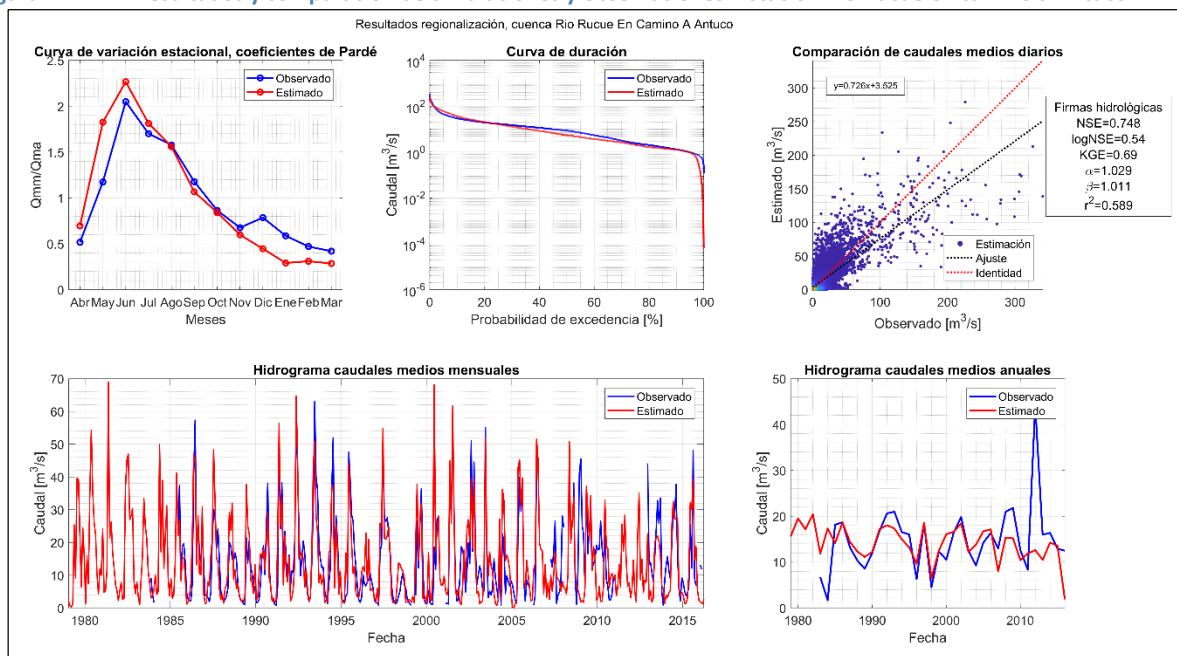


Figura XVIII.22. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Claro en camino Yumbel.

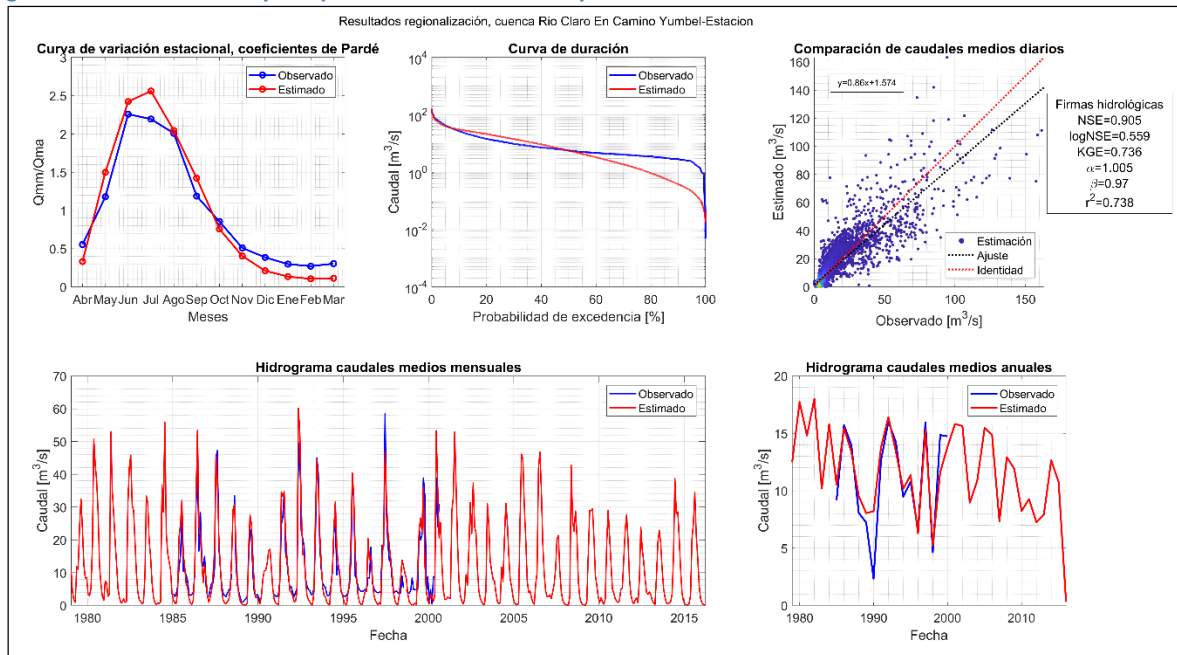
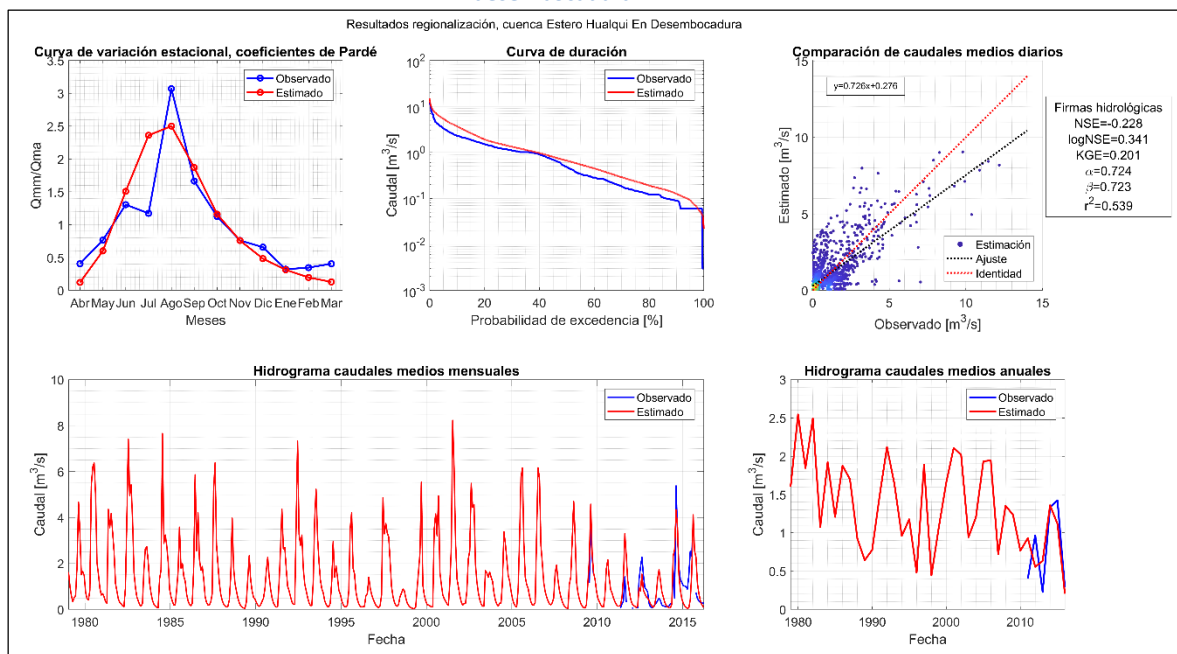


Figura XVIII.23. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Estero Hualqui en desembocadura.



XVIII.3.C. Cuenca del río Imperial

Figura XVIII.24. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Purén en Purén.

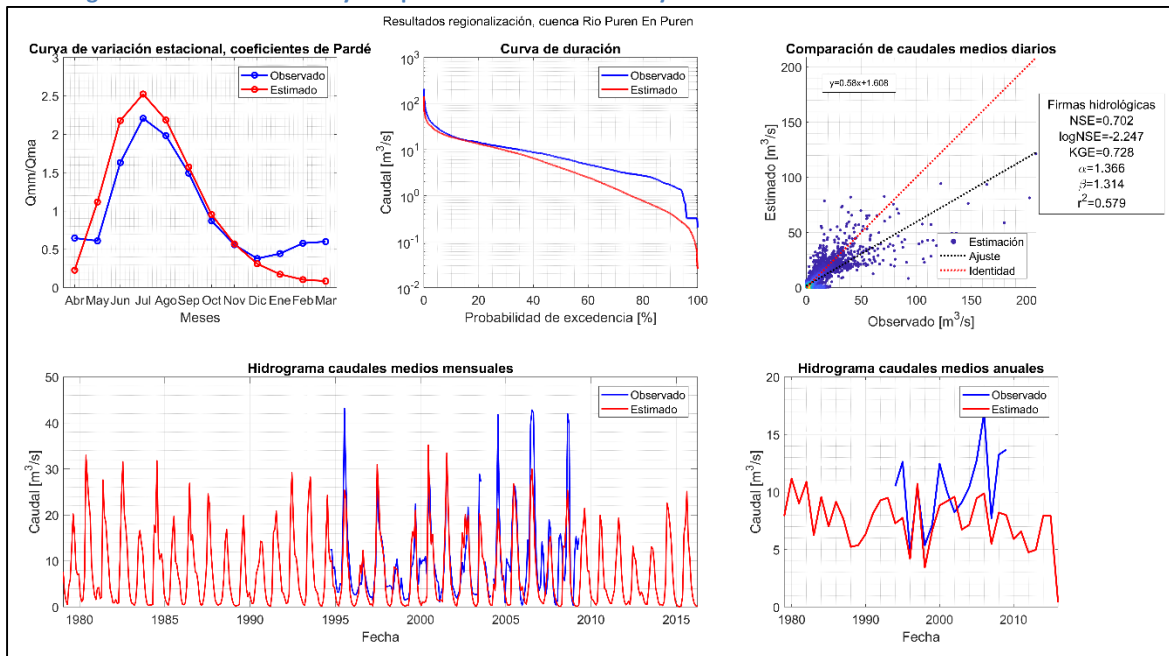


Figura XVIII.25. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Traiguén en Victoria.

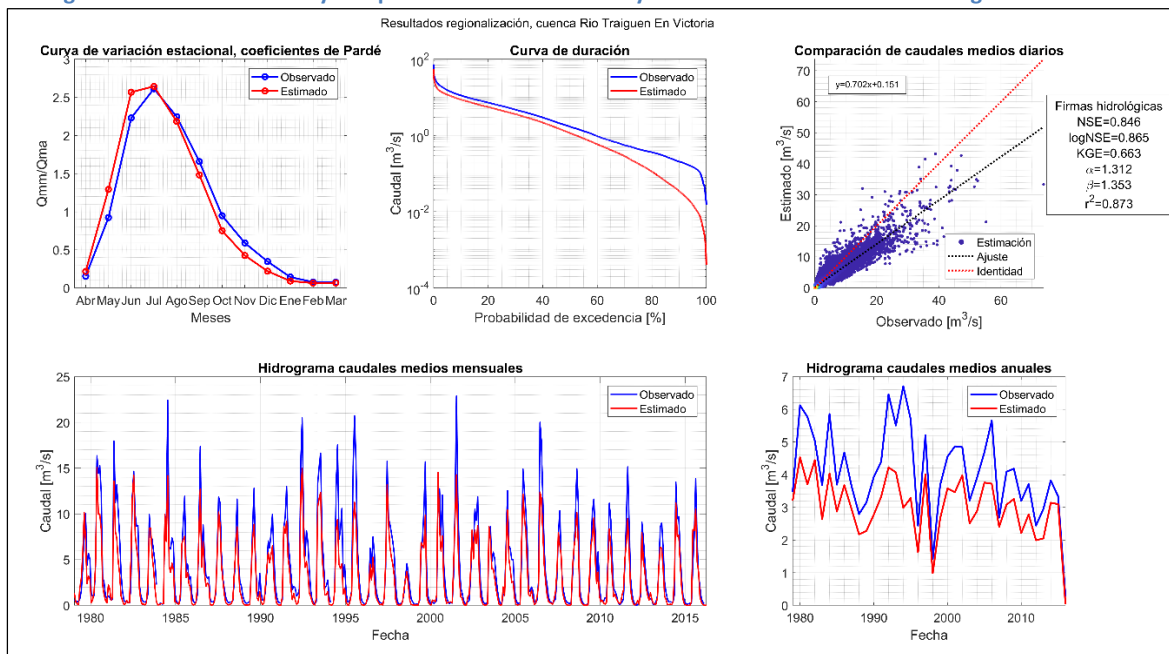




Figura XVIII.26. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Quino en longitudinal.

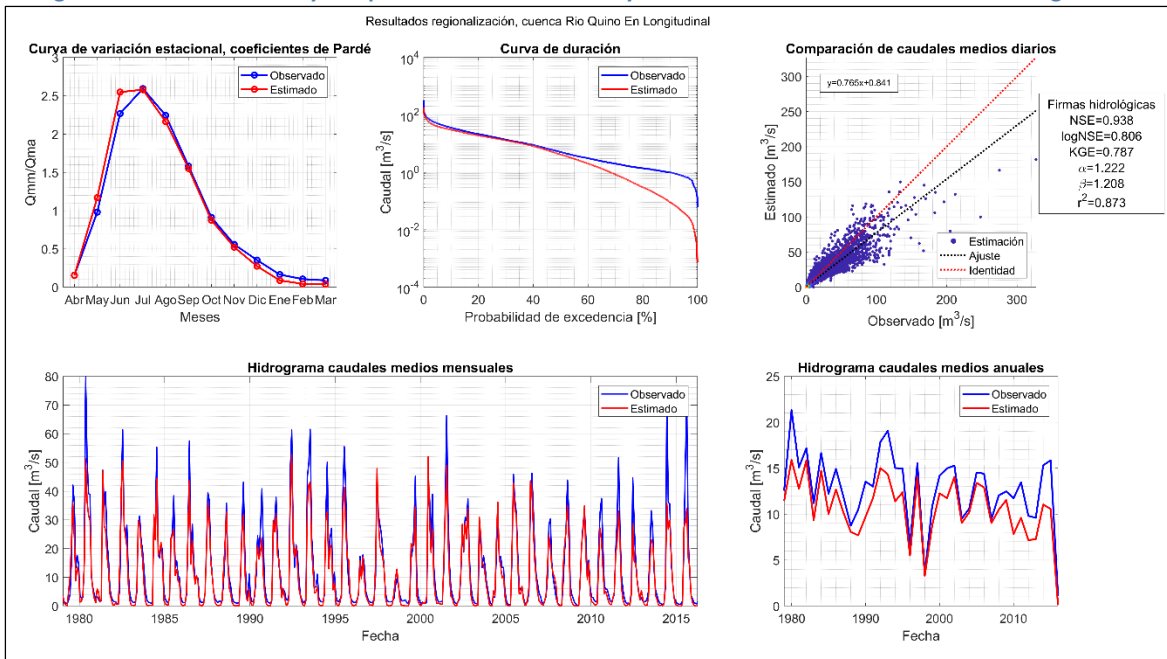


Figura XVIII.27. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Blanco en Curacautín.

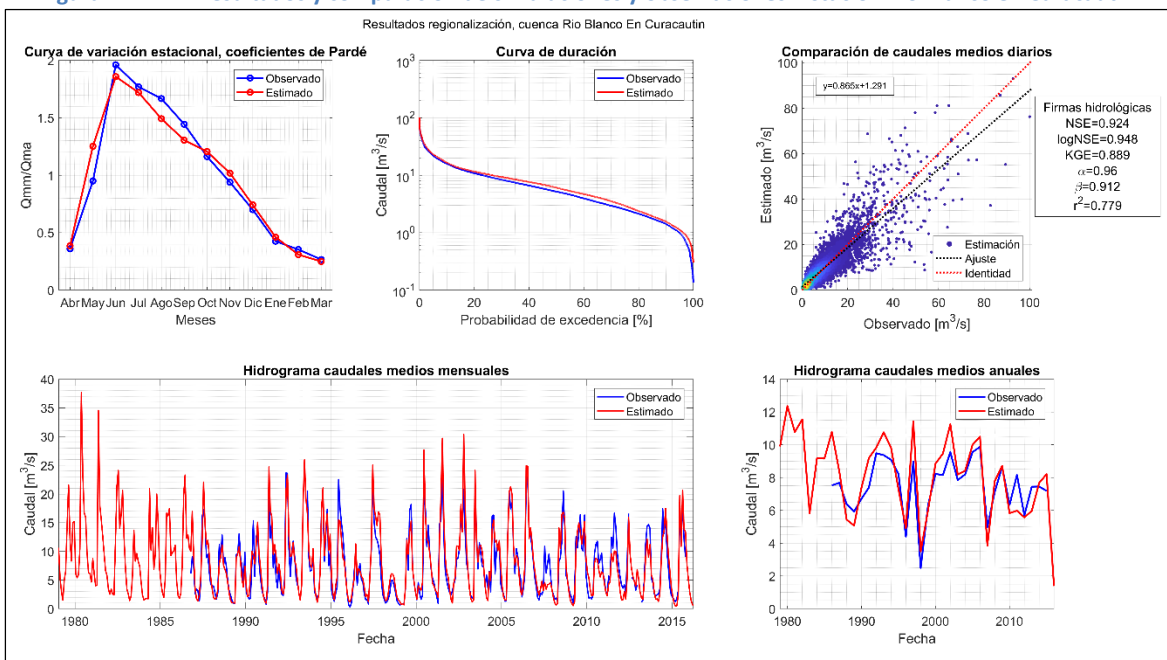


Figura XVIII.28. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Collín en Codahue.

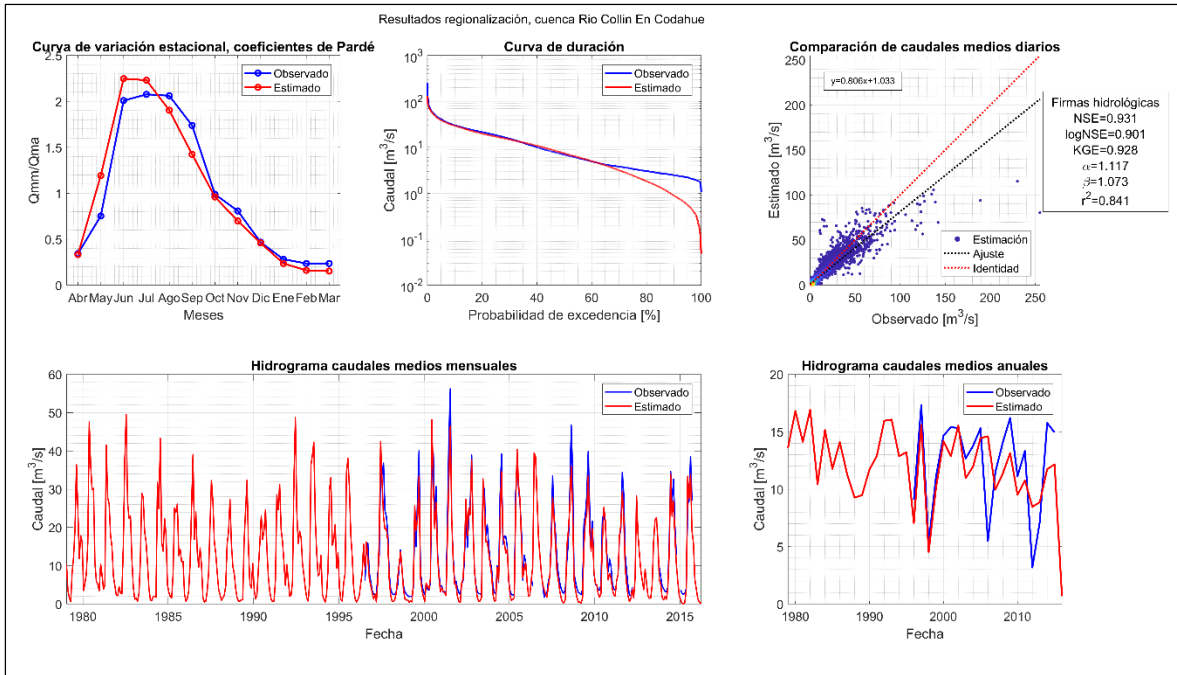
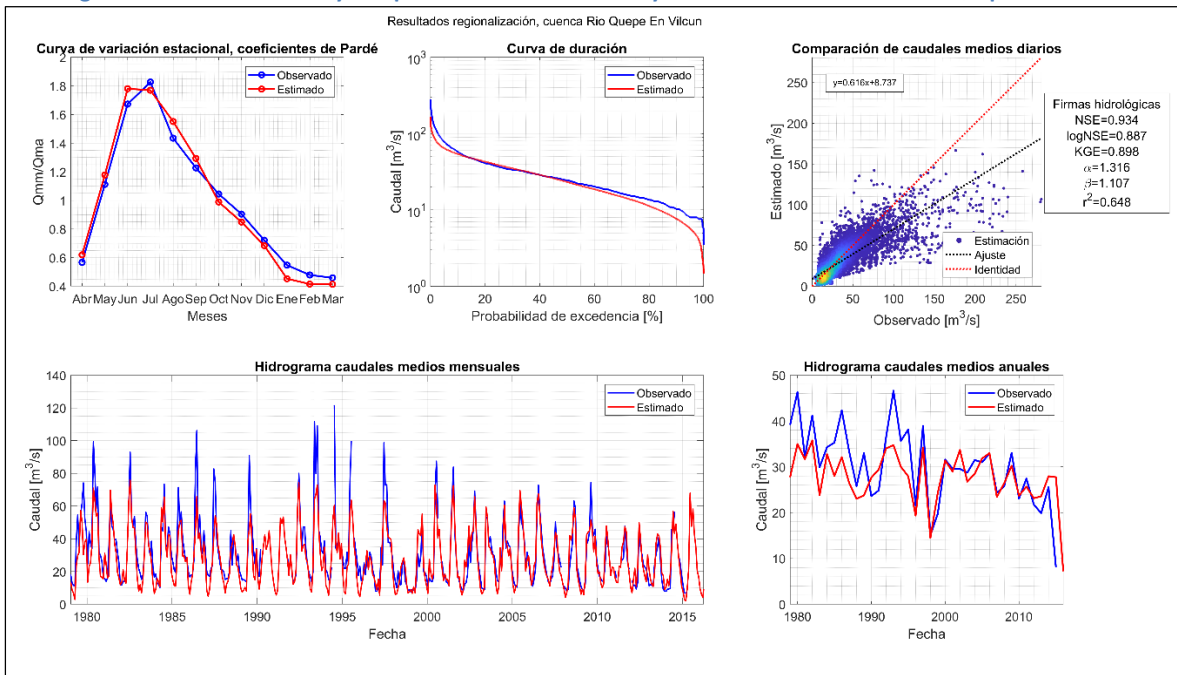


Figura XVIII.29. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Quepe en Vilcún.



XVIII.3.D. Cuenca del río Toltén

Figura XVIII.30. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Curaco en Colico.

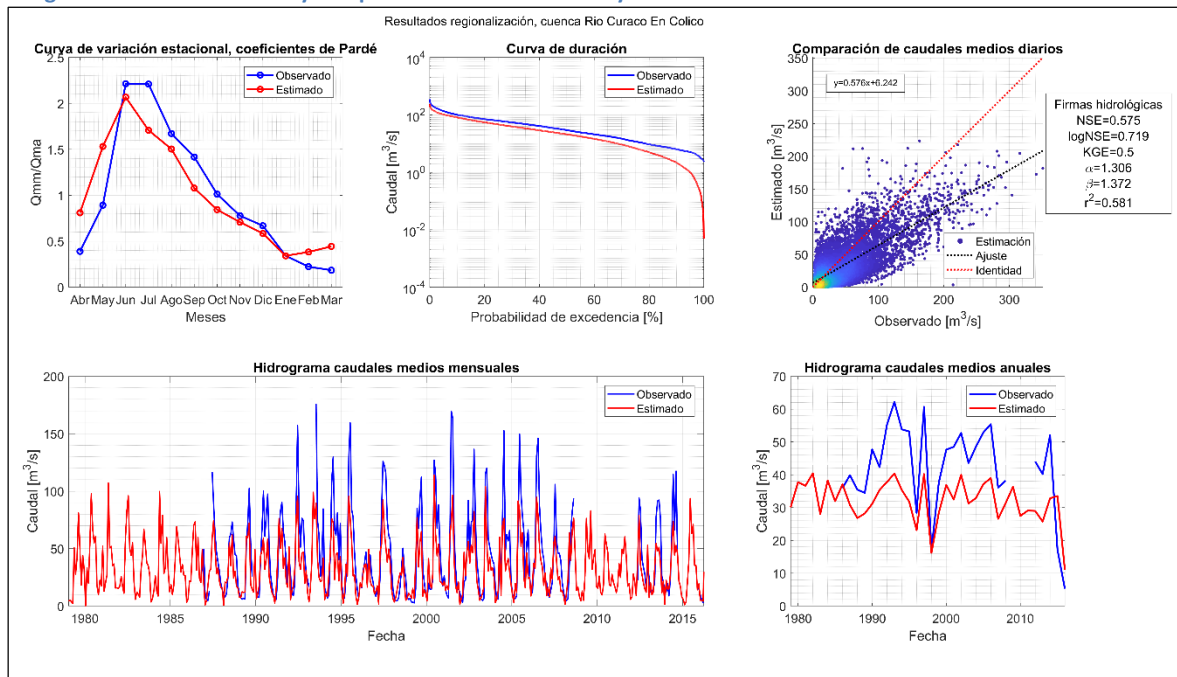


Figura XVIII.31. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Trancura en Curarrehue.

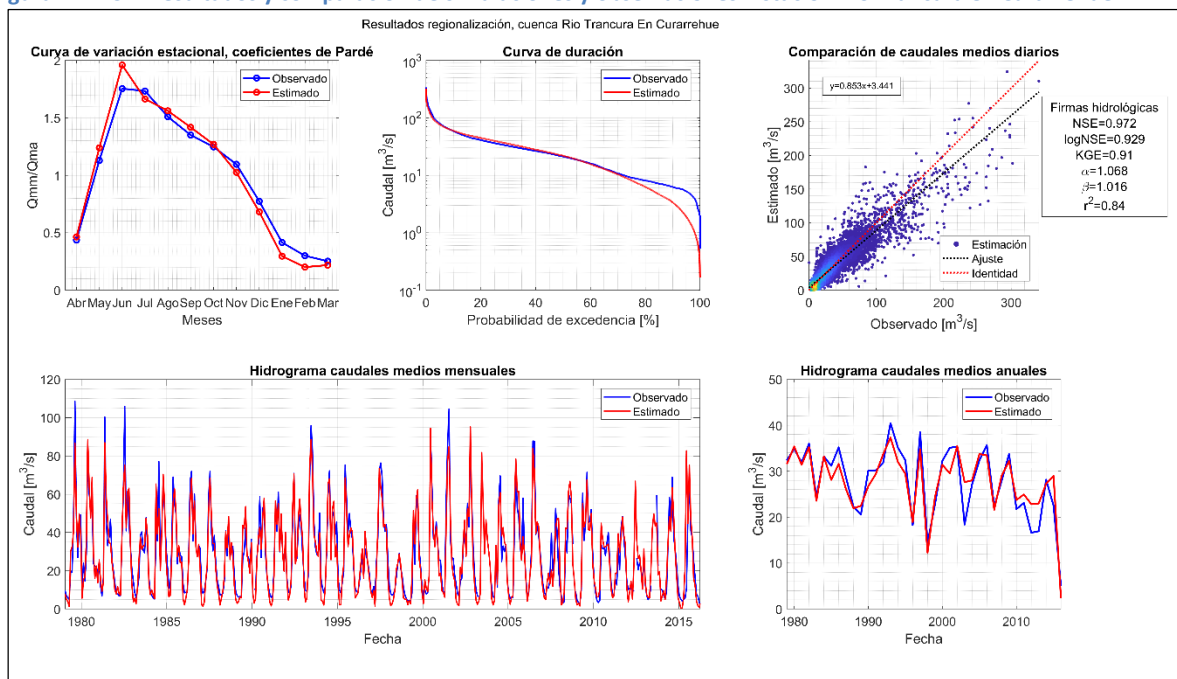


Figura XVIII.32. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Liucura en Liucura.

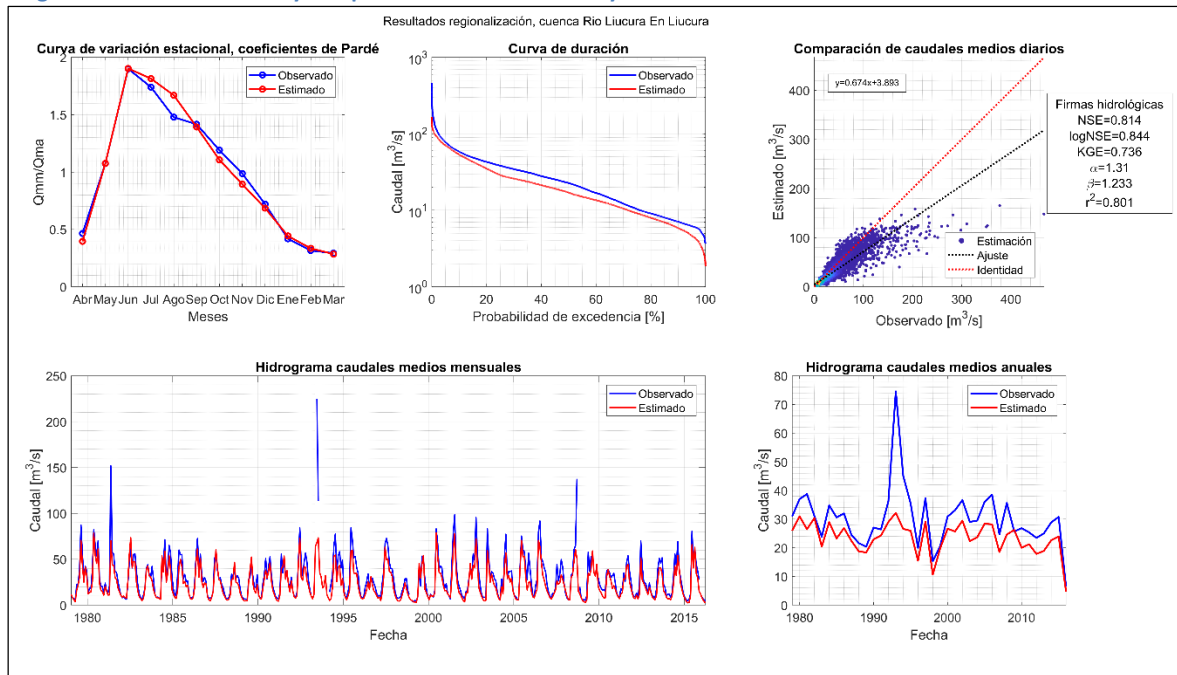


Figura XVIII.33. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Puyehue en Quintratue.

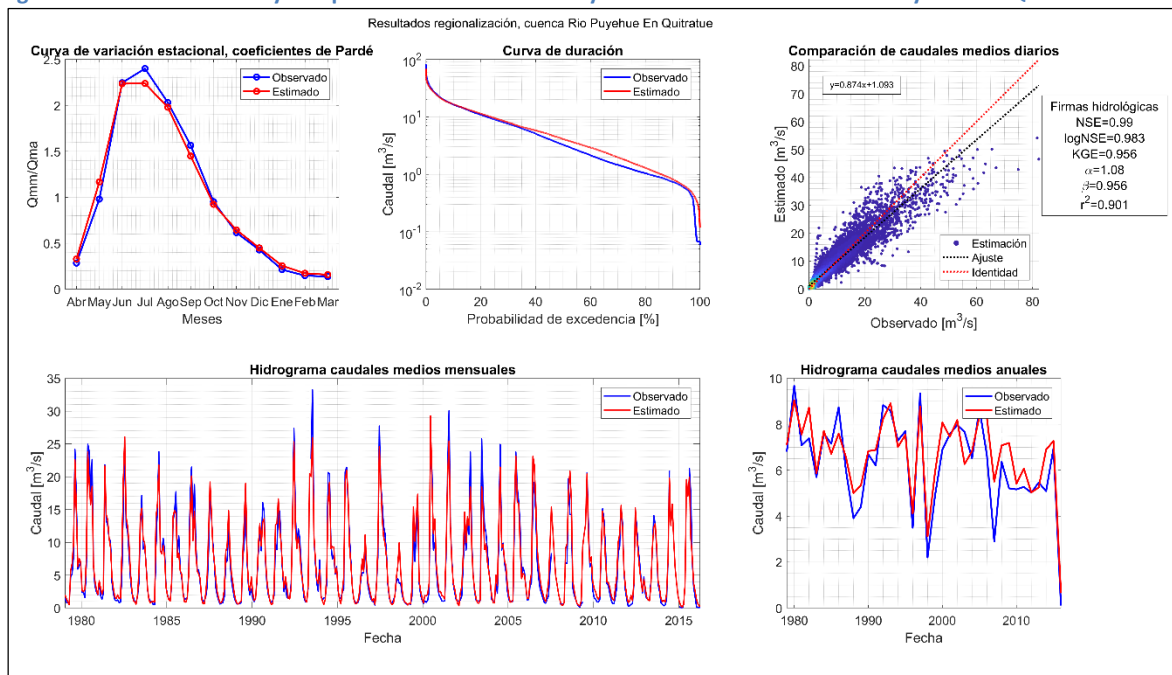
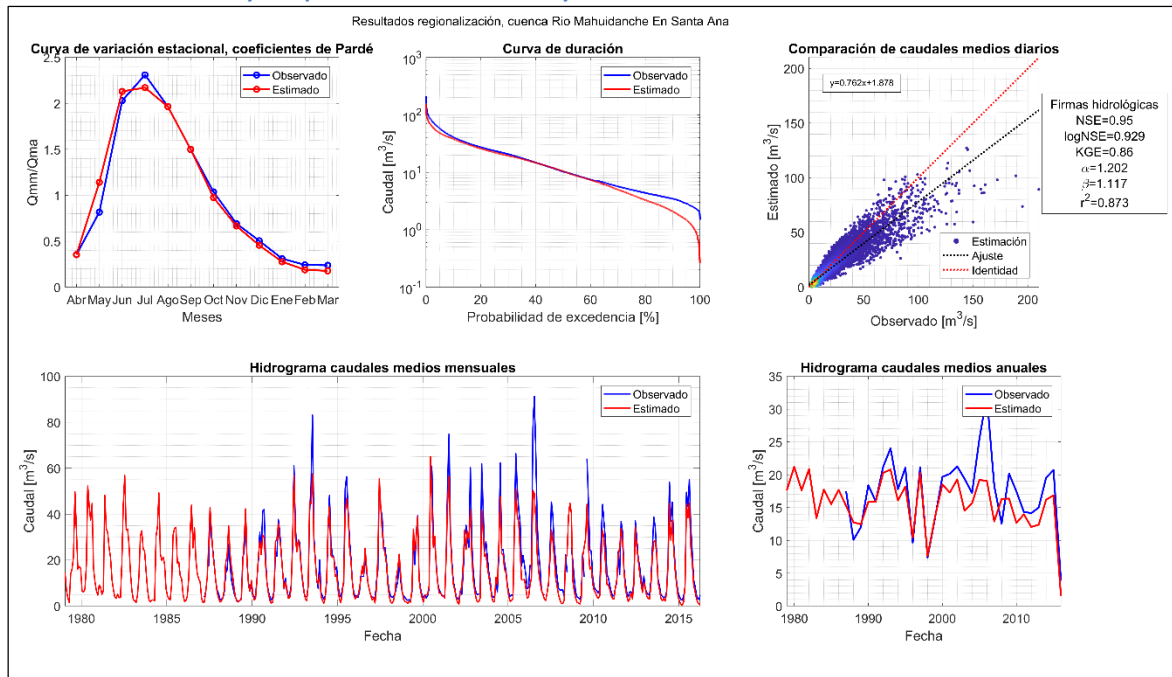


Figura XVIII.34. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Mahuidanche en Santa Ana.



XVIII.3.E. Cuenca del río Valdivia

Figura XVIII.35: Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Huahum en la frontera.

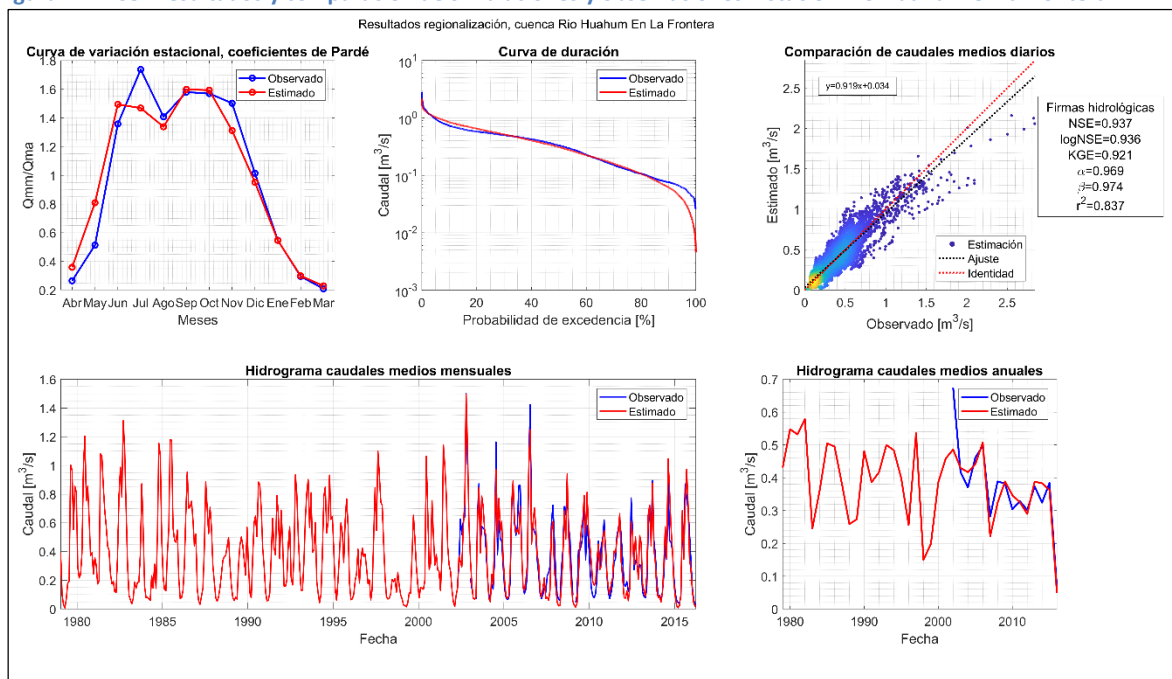


Figura XVIII.36. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Liqueine en Liqueine.

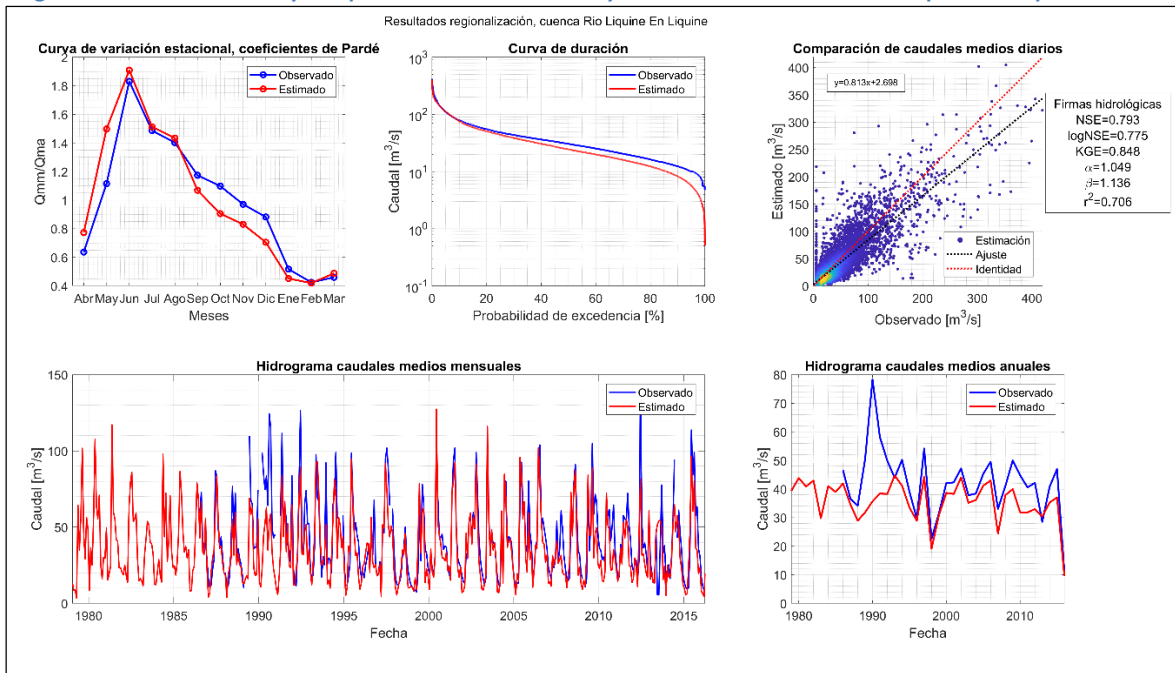


Figura XVIII.37. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Collileufu en Los Lagos.

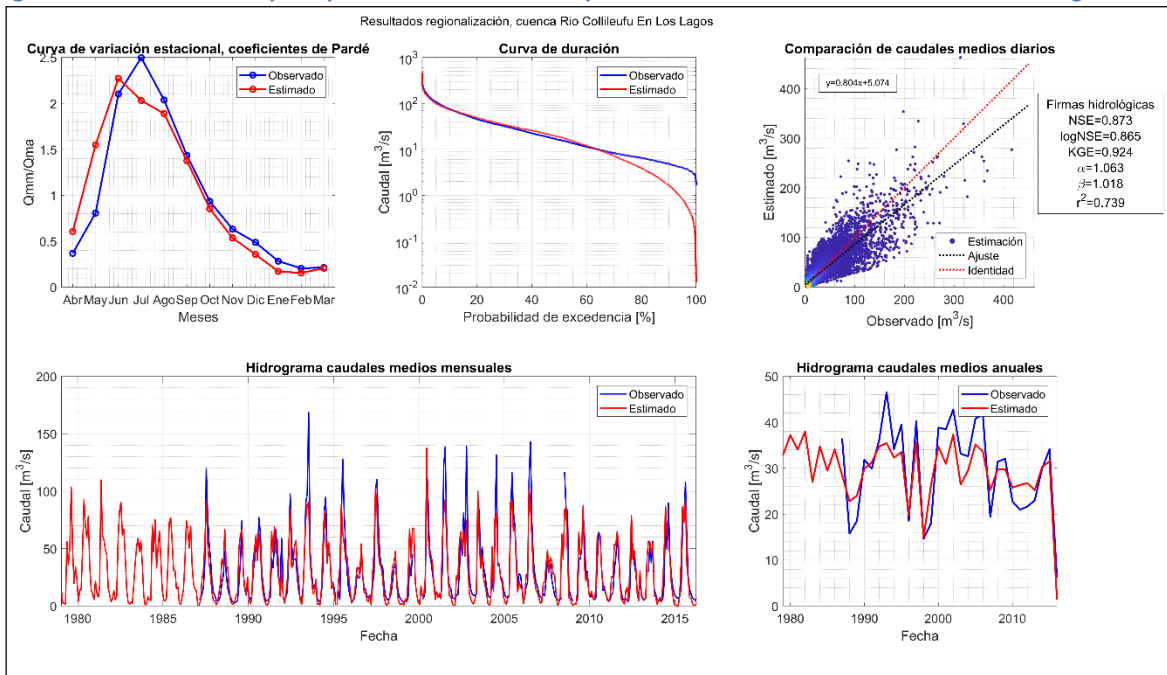


Figura XVIII.38. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Ñaqué en Mafil.

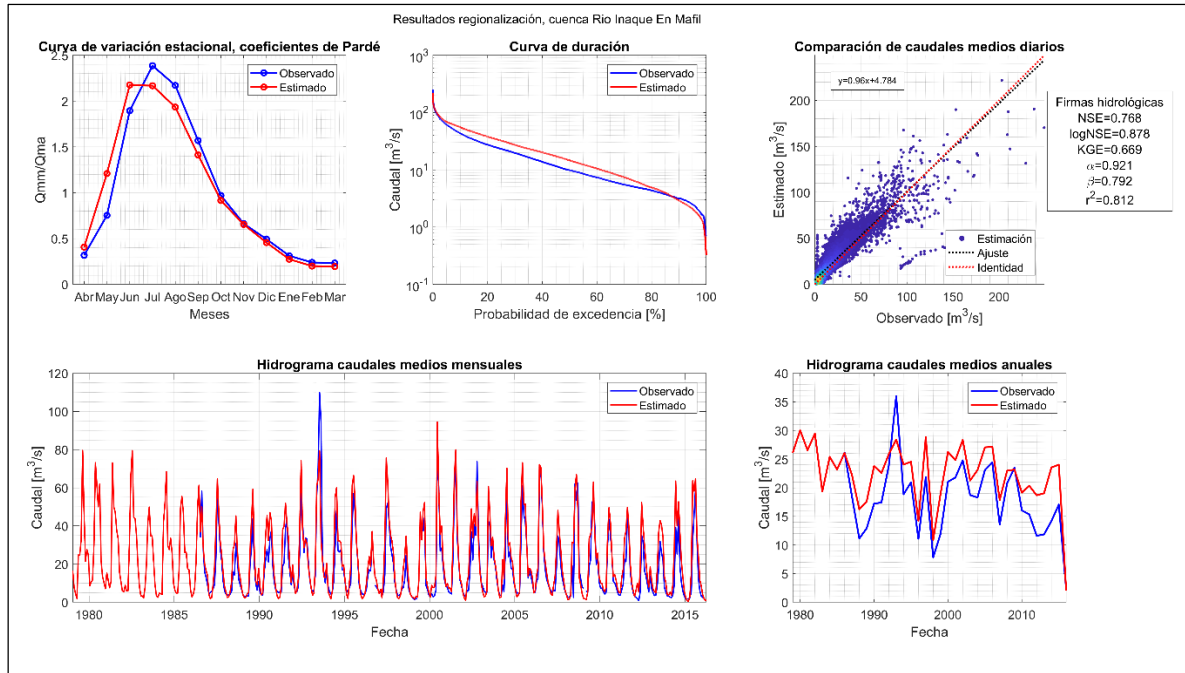
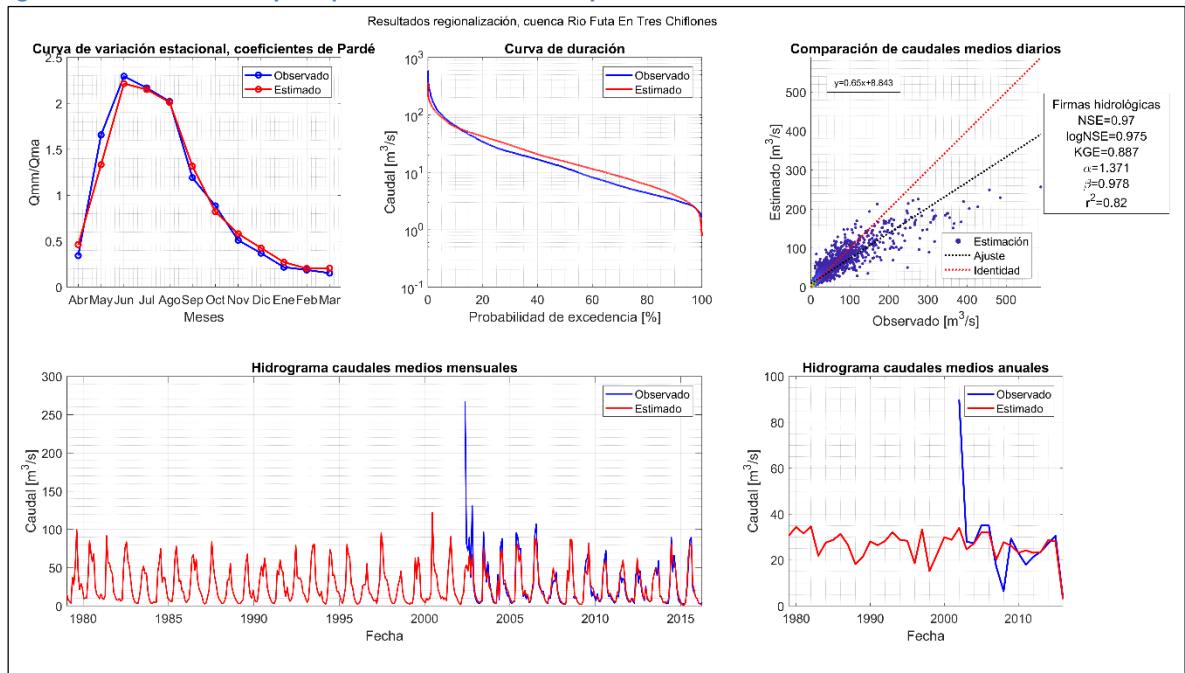


Figura XVIII.39. Resultados y comparación de simulaciones y observaciones. Estación Río Futa en Tres Chiflones.



### XVIII.4. Resultados de simulaciones en estaciones cercanas a desembocaduras

Figura XVIII.40. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Maule en Forel (Río Maule).

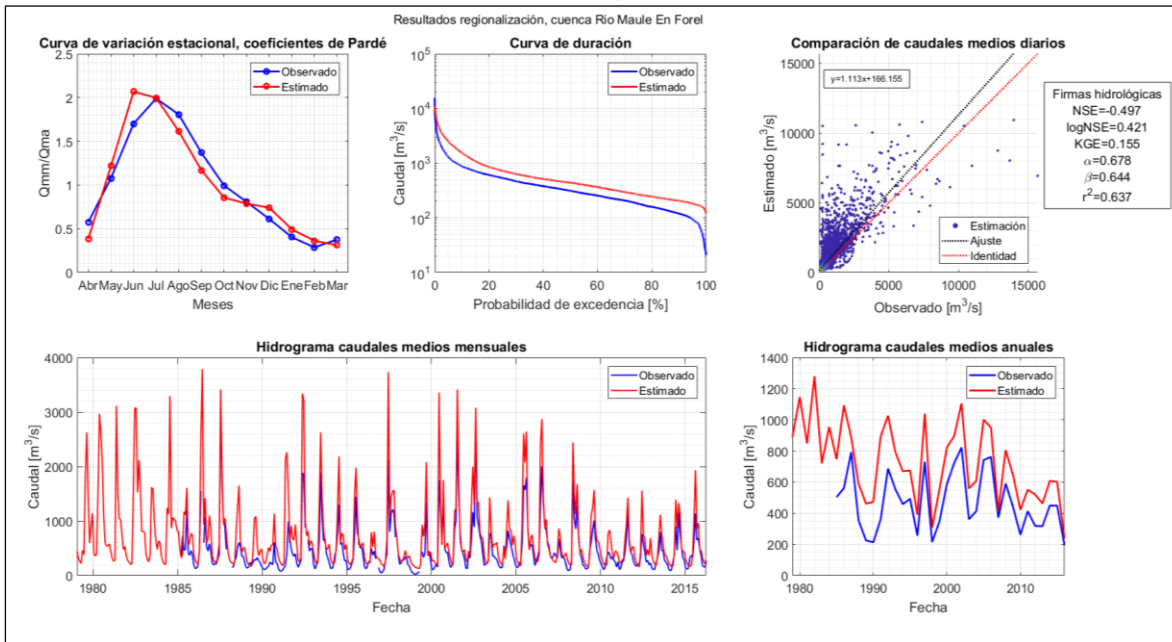


Figura XVIII.41. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Biobío en desembocadura (Río Biobío).

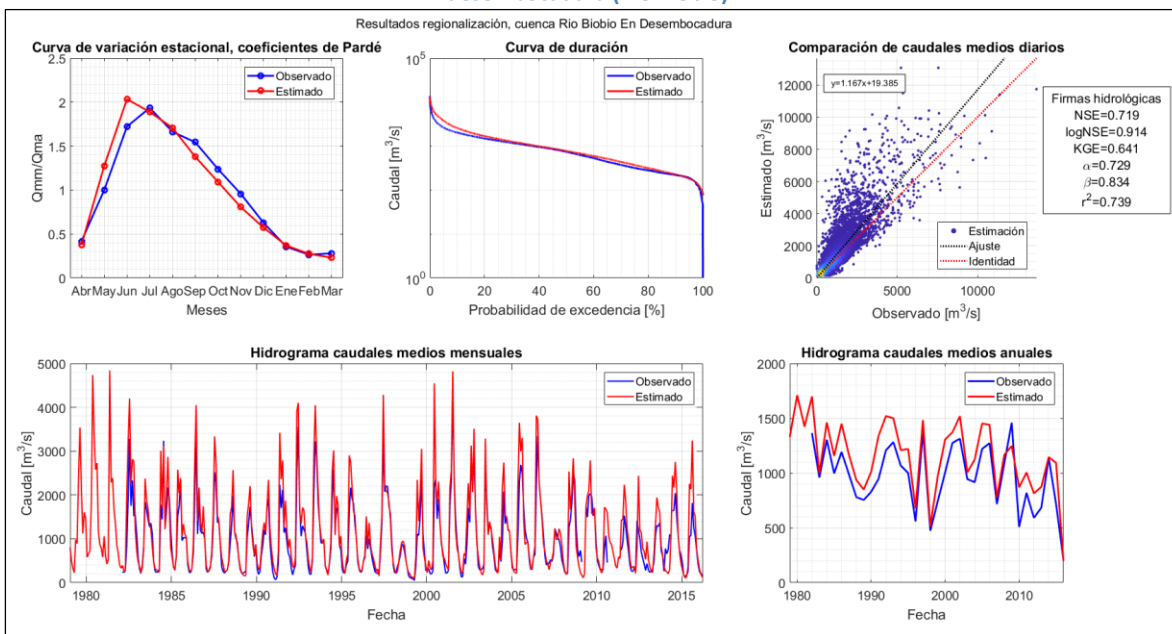




Figura XVIII.42. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Chol-Chol en Chol-Chol (Río Imperial).

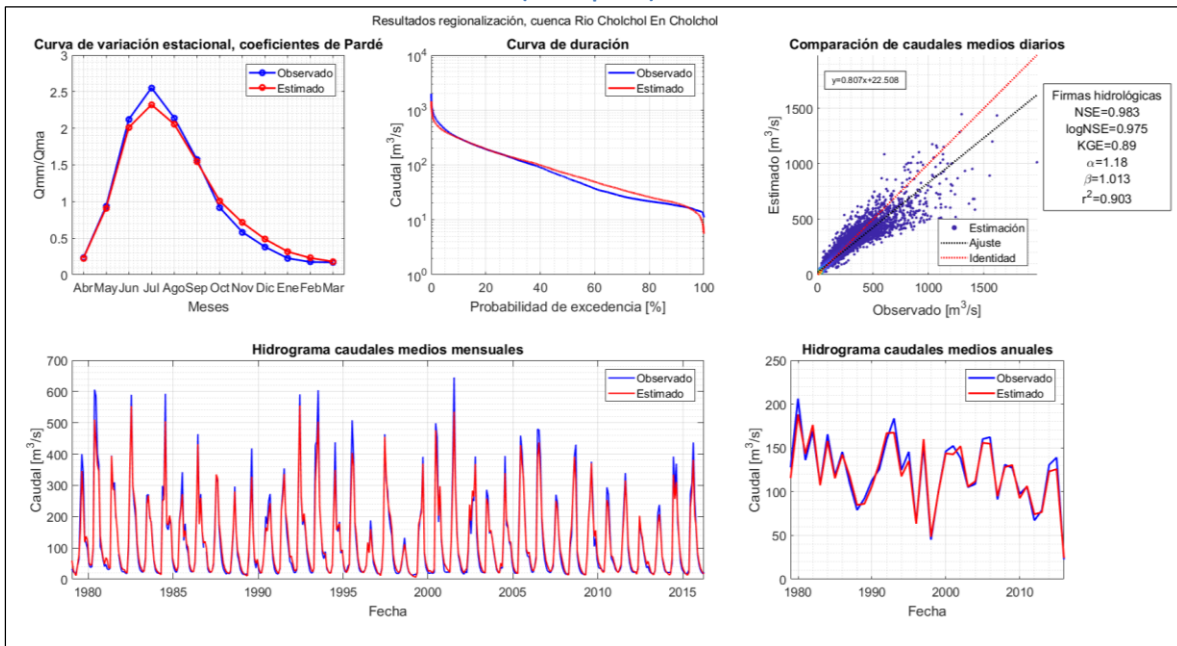


Figura XVIII.43. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Cautín en Almagro (Río Imperial).

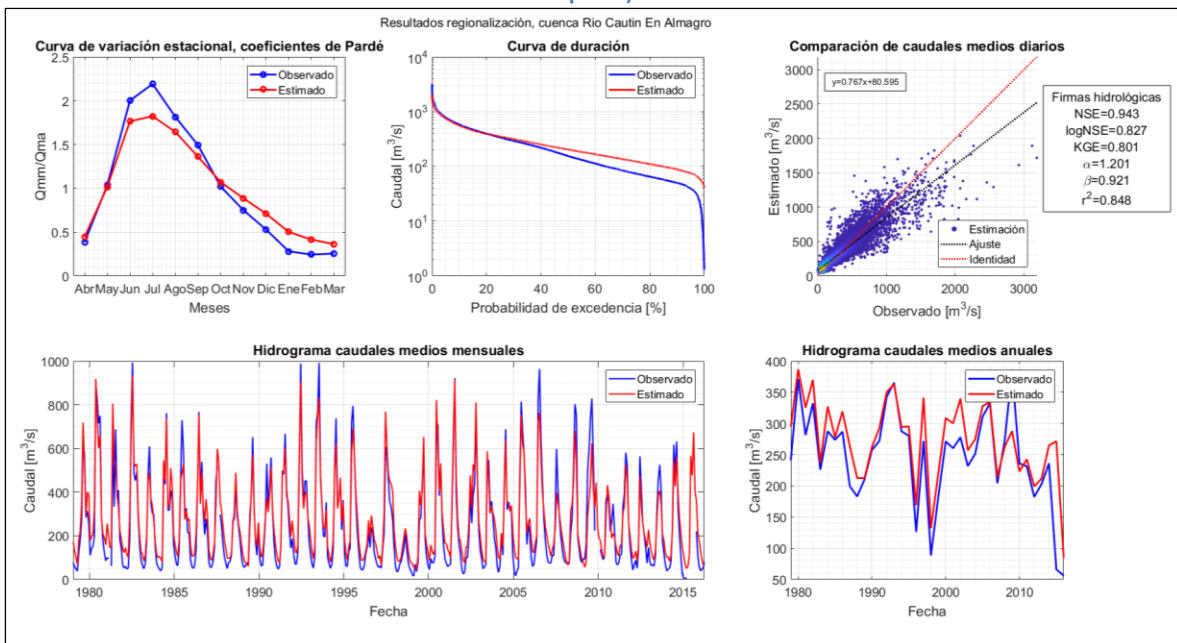


Figura XVIII.44. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Toltén en Teodoro Schmidt (Río Toltén).

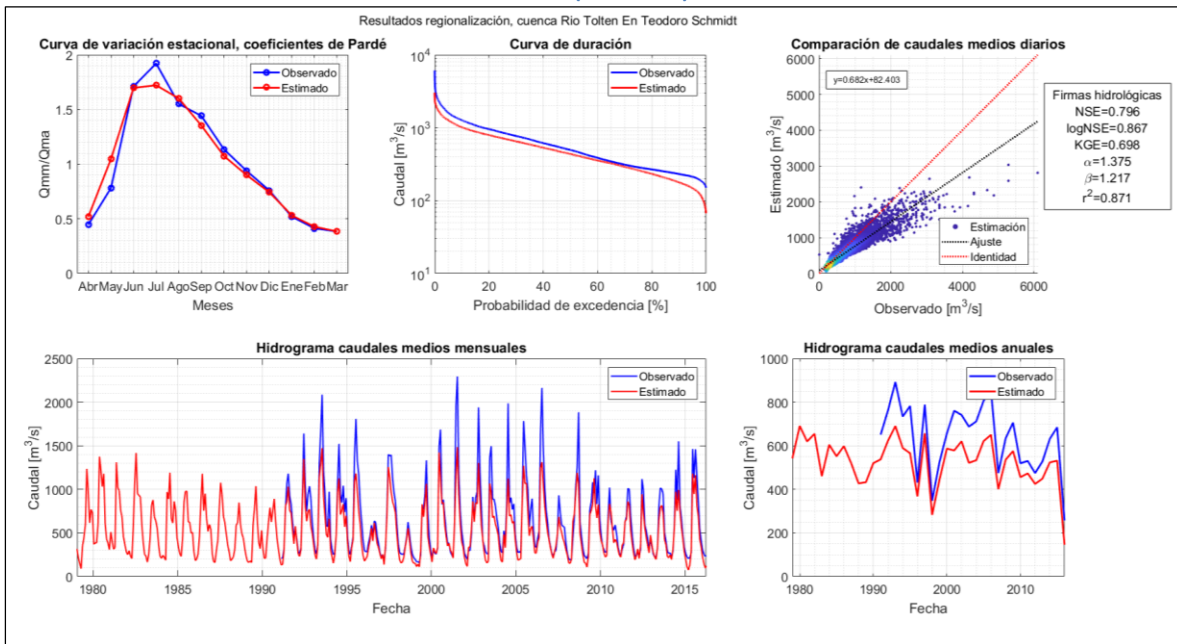


Figura XVIII.45. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Cruces en Rucaco (Río Valdivia).

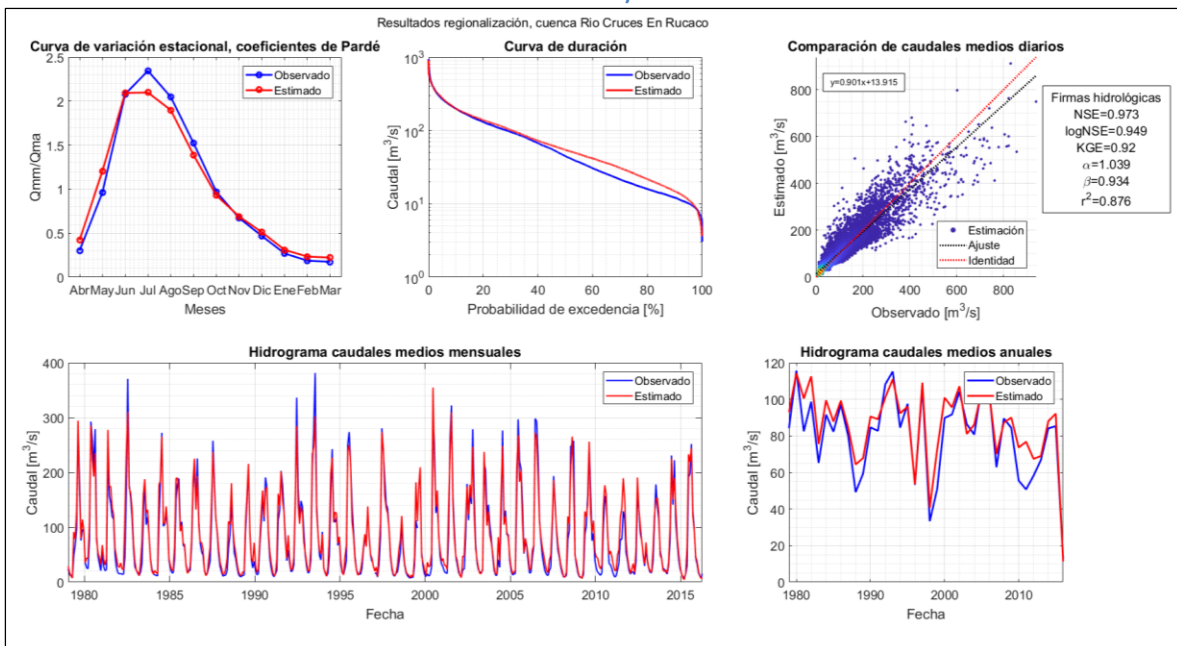


Figura XVIII.46. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Calle-Calle en balsa San Javier (Río Valdivia).

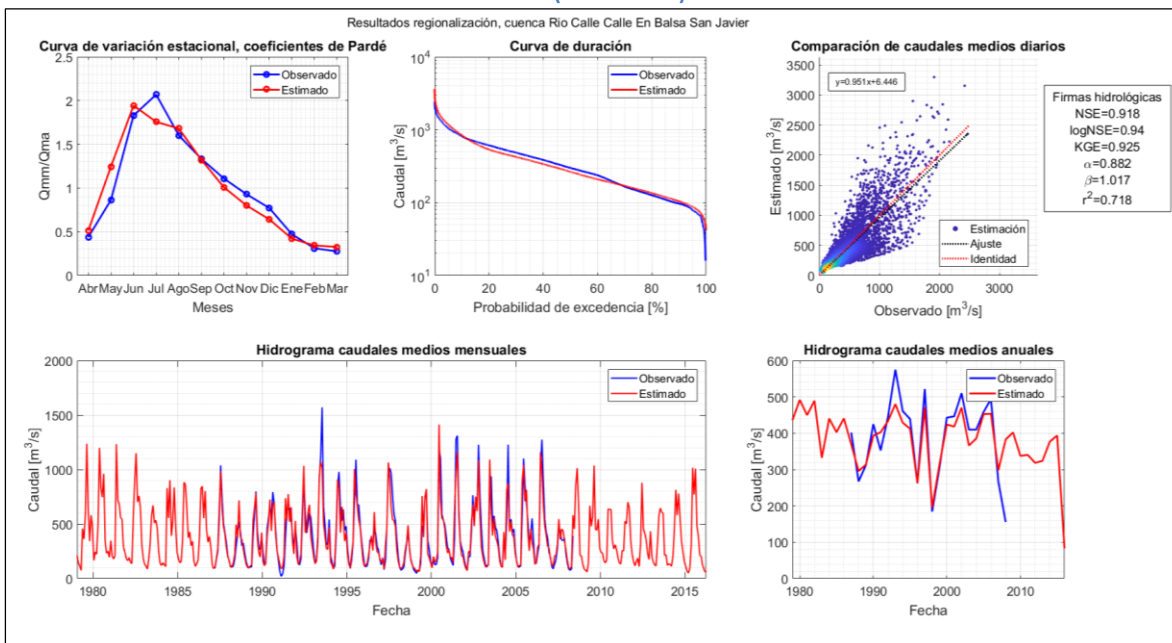


Figura XVIII.47. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Futa en Tres Chiflones (Río Valdivia).

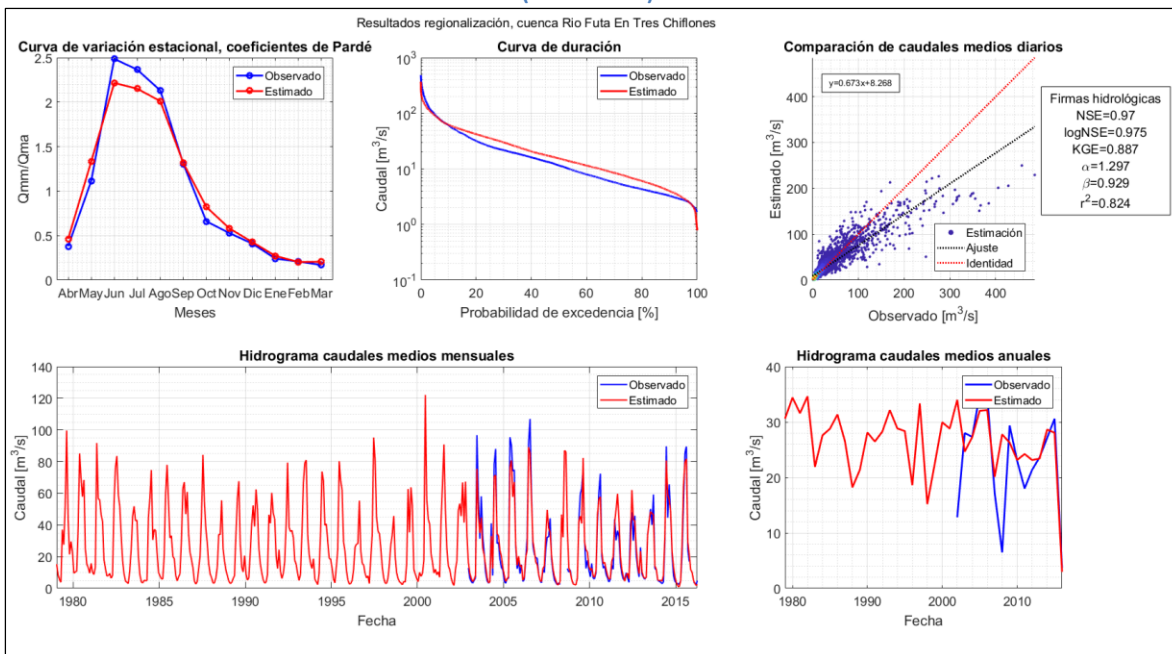


Figura XVIII.48. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Bueno en Bueno (Río Bueno).

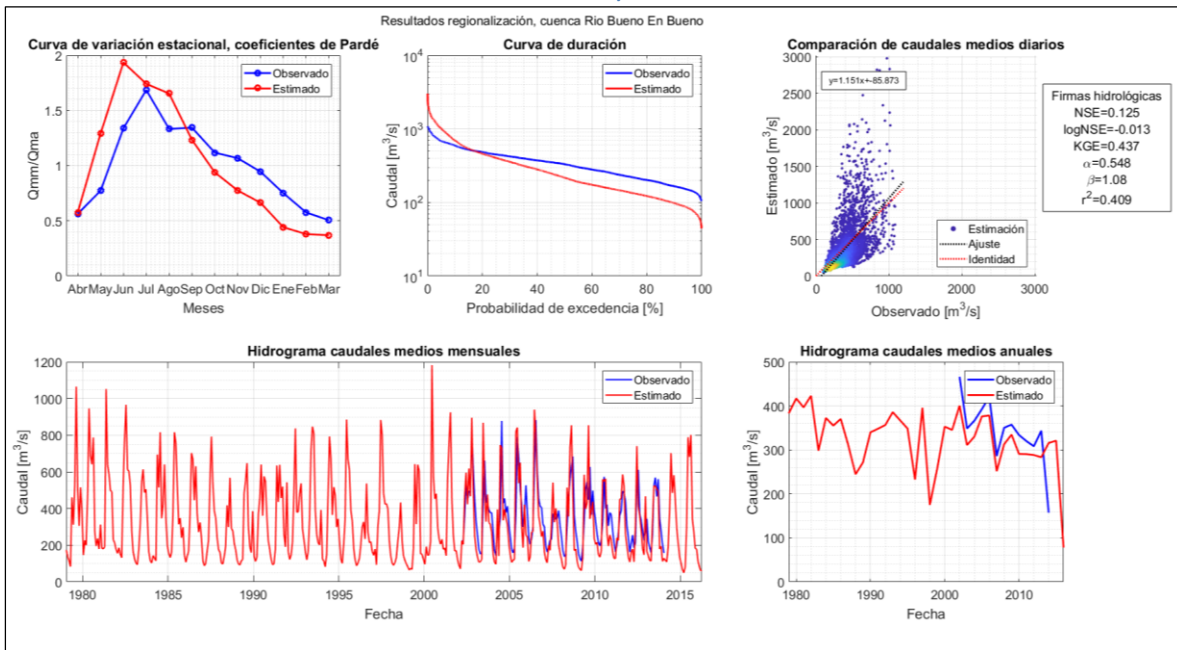
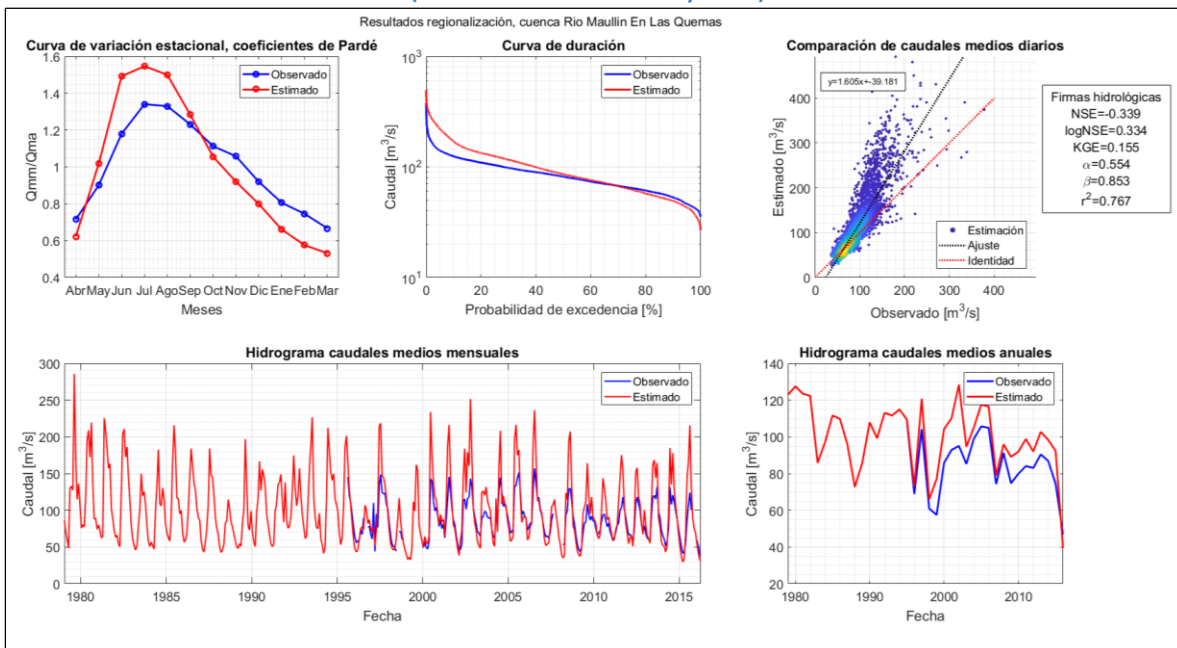


Figura XVIII.49. Resultados y comparación de caudales simulados y observados. Estación Río Maullín en Las Quemias (Costeras entre Ríos Bueno y Puelo).




## XVIII.5. Pauta de entrevista agentes de expedientes de la DGA


- 1) Preguntas introductorias
  - a) ¿Cuál es la función de las Direcciones Regionales en el poblamiento del CPA y planillas de Expedientes? ¿Tienen información extra que no se encuentra en el CPA? ¿Qué tipo de información?
  - b) ¿Cuál es la tasa de actualización de Expedientes y CPA? ¿Se procesa información a nivel regional? ¿Qué se envía a nivel de la DGA central?
  - c) Validación del procedimiento de estimación de Demanda AAC (pisos de certeza) y de base de datos.
  
- 2) Validar información levantada previamente del Catastro Público de Agua en línea relacionada a caudales (DAA, usuarios, Organizaciones de Usuarios de Agua, certificados del RPDAA),
  - a) ¿Existe una brecha entre derechos concedidos (con resolución de la DGA) y catastrados en el RPDAA? ¿Es posible asumir que los DAA catastrados representan la versión más vigente, en cambio, los derechos en el sistema de expedientes presentan el derecho más primitivo, sin considerar traslados ni mutaciones del derecho? ¿O es de forma inversa?
  - b) ¿Qué significa el número de solicitud en campo de la planilla Excel del RPDAA? En el contexto de que el Código de Expediente es único. ¿Existe una diferencia entre el caudal por derecho registrado en el sistema de expedientes y los derechos catastrados en el RPDAA? ¿Cuál es la fiabilidad de campos de ubicación, caudal, coordenadas? En general, ¿cómo se manejan errores de registros?
  - c) ¿Cómo es el sistema de tratamiento de datos? Procedimiento técnico, computacional, relleno de datos. ¿Existen datos duplicados?
  - d) ¿Existe compatibilidad y coherencia entre distintas fuentes de datos del CPA? Regional/Central.
  - e) Principales usos en la cuenca. Por Bocatoma (art. 294), caudal. Uso jurídico versus uso efectivo. Visión de la DGA.
  - f) Puntos de restitución de NC que no tienen dicha coordenada, para incorporar al balance.
  
- 3) Obtener información complementaria no disponible en línea relativa a caudales,
  - a) Información de unifilares u otro para llevar a proyección espacial información de derechos/caudales. SIG de ellos.
  
- 4) Conocer criterios para aprobar solicitudes y caudales en las cuencas mencionadas, junto con conocer la realidad de las solicitudes actualmente pendientes y denegadas,
  - a) Procedimientos técnicos para evaluar la disponibilidad de agua necesaria para aprobar la solicitud de un derecho.
  - b) ¿Cómo es el procedimiento de resolución de solicitudes en términos de espacialización e identificación de subcuencas, subsubcuencas? Particularidades regionales.
  - c) Disponibilidad jurídica<sup>2</sup> por región, de acuerdo con información de la DGA (cuántos DAA quedan por otorgar).
  - d) Proyección futura de disponibilidad v/s escenarios pasados de aprobación de derechos (porcentajes de solicitudes aprobadas en relación con el total). ¿Hay alguna idea de cuál es el % de aprobación de estas solicitudes? La idea es saber cuánta agua está siendo solicitada para su aprovechamiento futuro. Plazo de aprobación de solicitudes.
  - e) Realidad de Aprobación de NR, respecto al caudal solicitado y recomendado, ¿es muy distinto al resultado judicial?

- 5) Conocer las reglas generales que han aplicado en relación al caudal ecológico relacionada a los DAA de las cuencas y
  - a) Aplicación de normativa y/o criterios regionales. Decreto 14/2012 MMA modificado por decreto 71/2015 MMA.
  
- 6) Aproximarse a derechos que pueden no estar registrados en el RPDAA, pero sí pueden estar en uso (derechos regularizables) o inscritos en el CBR respectivo.
  - a) Antecedentes de OU en la zona bajo su jurisdicción regional. Preguntar si existen actualizaciones en los roles de usuarios o información de DAA/caudal que hayan sido recepcionados por la DGA. Artículo 122bis, información actualizada del Registro del artículo 205 (Registro de Comuneros).
  - b) Con respecto a los derechos a regularizar y perfeccionar, ¿Se tiene una estimación de cuántos DAA y cuánto caudal faltaría por regularizar?
  
- 7) Ayuda para futuro
  - a) Conocimiento de alguna entidad que permita a aproximarse de mejor forma al número de derechos inscritos en el CBR y que no estarían catastrados.
  - b) Visión de la DGA en relación con agua otorgada v/s agua usada efectivamente.


## XVIII.6. Cartas de presentación del estudio



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



CORFO



ASOEX  
ASOCIACIÓN GREMIAL DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE

Santiago, 17 abril de 2018

Señor/a  
Presidente/a de la Junta de Vigilancia  
Presente

Estimado Señor/a,

Junto con saludarle, la presente carta tiene como objetivo ponerlo bajo antecedentes de la iniciativa para la cual estamos solicitando vuestra colaboración.

La Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, está financiando a través de sus Iniciativas de Fomento Integradas (IFI), el Programa "Plan de Inversiones Estratégicas en Recursos Hídricos para la Competitividad Meso-Región Norte Chico", el cual está ejecutando la Asociación Gremial de Exportadores de Frutas de Chile (ASOEX), en su calidad de Agente Operador Intermediario.

En este contexto, se licitó 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", el que fue adjudicado por el Laboratorio de Análisis Territorial (LAT), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Este estudio busca entre otros, estimar la demanda comprometida en cauces naturales en base a los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) que han sido otorgados, entre la Región del Maule y la Región de Los Lagos, por lo que es necesario complementar las bases de información existentes, con información a nivel regional de primera fuente, en las Direcciones Regionales de DGA, como de las Organizaciones de Usuarios (principalmente Juntas de Vigilancia), que permita mejorar la estimación de la demanda real comprometida legalmente a través de los DAA.


Es necesario recalcar que este estudio no representa ni evalúa ningún proyecto de trasvase hídrico en particular, sino más bien busca generar la información de base que quedará a disposición de un organismo público (CORFO).

El levantamiento de la información será realizado en forma íntegra por el LAT, quienes estarán a cargo de visitarlos y solicitarles los requerimientos de información pertinentes.


Si desea conocer más detalles acerca de esta investigación puede revisar las Bases de Licitación ([http://www.asoex.cl/images/documents/fomento/FOM\\_LS\\_17112017.pdf](http://www.asoex.cl/images/documents/fomento/FOM_LS_17112017.pdf)), contactarse al teléfono: 229785926/25, o al correo electrónico: [lat@uchile.cl](mailto:lat@uchile.cl).


Le agradecemos de antemano su disposición para con esta iniciativa y nos manifestamos atentos a sus inquietudes.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted.





Cristian Sotomayor Brquera  
Director ASOEX Programa IFI Recursos Hídricos  
[csotomayor@asoex.cl](mailto:csotomayor@asoex.cl)





Andrés de la Fuente  
Jefe de Proyecto  
Fac. Ciencias Agronómicas,  
Universidad de Chile





LAT



Santiago, 17 abril de 2018

Señor/a  
 Presidente/a de la Asociación de Canalistas  
 Presente

Estimado Señor/a,

Junto con saludarle, la presente carta tiene como objetivo ponerlo bajo antecedentes de la iniciativa para la cual estamos solicitando vuestra colaboración.

La Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, está financiando a través de sus Iniciativas de Fomento Integradas (IFI), el Programa "Plan de Inversiones Estratégicas en Recursos Hídricos para la Competitividad Meso-Región Norte Chico", el cual está ejecutando la Asociación Gremial de Exportadores de Frutas de Chile (ASOEX), en su calidad de Agente Operador Intermediario.

En este contexto, se licitó 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", el que fue adjudicado por el Laboratorio de Análisis Territorial (LAT), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Este estudio busca entre otros, estimar la demanda comprometida en cauces naturales en base a los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) que han sido otorgados, entre la Región del Maule y la Región de Los Lagos, por lo que es necesario complementar las bases de información existentes, con información a nivel regional de primera fuente, en las Direcciones Regionales de DGA, como de las Organizaciones de Usuarios (principalmente Juntas de Vigilancia), que permita mejorar la estimación de la demanda real comprometida legalmente a través de los DAA.

Es necesario recalcar que este estudio no representa ni evalúa ningún proyecto de trasvase hídrico en particular, sino más bien busca generar la información de base que quedará a disposición de un organismo público (CORFO).

El levantamiento de la información será realizado en forma íntegra por el LAT, quienes estarán a cargo de visitarlos y solicitarles los requerimientos de información pertinentes.

Si desea conocer más detalles acerca de esta investigación puede revisar las Bases de Licitación ([http://www.asoex.cl/images/documents/fomento/FOM\\_LS\\_17112017.pdf](http://www.asoex.cl/images/documents/fomento/FOM_LS_17112017.pdf)), contactarse al teléfono: 229785926/25, o al correo electrónico: [lat@uchile.cl](mailto:lat@uchile.cl).

Le agradecemos de antemano su disposición para con esta iniciativa y nos manifestamos atentos a sus inquietudes.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted.

  
 Cristian Sotomayor Forques  
 Director ASOEX Programa IFI Recursos Hídricos  
 17 ABR 2018  
[csotomayor@asoex.cl](mailto:csotomayor@asoex.cl)  
 AGENTE OPERADOR CORFO

  
 Andrés de la Fuente  
 Jefe de Proyecto  
 Fac. Ciencias Agronómicas,  
 Universidad de Chile





## XVIII.7. Pauta de entrevista representantes Organizaciones de Usuarios

- 1) Preguntas introductorias (*presentación estudio*<sup>87</sup>)
  - a) ¿Cómo se realiza la distribución del recurso en esta organización? ¿Se distribuye conforme a las cantidades que dicen los DAA individuales (caudales en L/s) o se hace más bien según una proporción del caudal total que administra la OU (porcentaje, acciones del total)? ¿Hay una equivalencia establecida en la OU?
  - b) ¿y cuál es el nivel de formalización de la OU? (*solo en las OU de hecho*)
  
- 2) Datos de DAA y caudales
  - a) ¿Todos sus miembros poseen DAA inscritos en CBR? ¿es un requisito que tengan los DAA registrados en el CPA también?
  - b) *Validar información levantada previamente del Catastro Público de Agua en línea relacionada a caudales. Distinguir DAA permanentes y eventuales*
    - i) *Brecha información OU (rol de usuarios/registro de comuneros) con derechos registrados en el CPA. N° de DAA, caudales.*
    - ii) *Importancia contrastar información de grandes usuarios.*
    - iii) Con respecto a los derechos a regularizar y perfeccionar, ¿Se tiene una estimación de cuántos DAA y cuánto caudal faltaría por regularizar? ¿Se tiene una estimación de los DAA que no se encuentran en el CPA?
  - c) Uso y caudal efectivos
    - i) Principales usos en el área de jurisdicción.
    - ii) Caudal por derivado (*ver mapa*). *Información de unifilares u otro para llevar a proyección espacial (por unidad de análisis) información de derechos/caudales asociados.*
    - iii) Uso jurídico versus uso efectivo. ¿Cuánta del agua distribuida se ocupa efectivamente? ¿Pueden saber si sus usuarios utilizan el agua que les corresponde? ¿o si usan menos?
  
- 3) Disponibilidad
  - a) ¿Hay excedentes de agua en la organización en algunos periodos? Si es así, esa agua “sobrante” ¿es aprovechada de otra forma? (*negocio de hidroelectricidad, por “no usuarios” o sirve para la recreación o contribuye en términos ambientales*)
  - b) De acuerdo a su conocimiento y experiencia, existe disponibilidad de agua en esta cuenca.
  - c) *Realidad de Aprobación de NR, de lo que piden y va al juzgado cuánto regularizan. ¿Muy distinto?*
  - d) Como dirigente/administrador, ¿es importante para ustedes saber cuánta agua administran, o es la proporcionalidad lo importante?
  - e) *Caudal ecológico: ¿Hay alguna consideración de caudal ecológico en la distribución del recurso?*
  
- 4) Mercado de Agua
  - a) De acuerdo a su experiencia ¿en esta cuenca hay un mercado de aguas en cuanto a transferencias de DAA o arriendos? ¿Cuándo son beneficiosas, cuándo pueden ser perjudiciales? [*la idea es ir reconociendo en conjunto criterios o factores que influyen en el impacto de los mercados*]

---

<sup>87</sup> En cursiva información para entrevistador

- b) Como dirigente/administrador de la OU xx, ¿hay alguna diferencia para su organización cuando se habla de transferencias de agua a nivel de cuenca, que transferencias hacia otras cuencas (trasvases en general)?
  - c) En un escenario en que existiese un proyecto de trasvase de agua, y se activara un mercado de aguas para transferir agua...
    - i) ¿Cómo podría afectar a la organización si uno o más de sus usuarios quisieran vender su DAA?
      - (1) Vendiendo la totalidad del DAA (y dejan de ocuparlo)
      - (2) Vendiendo una parte del DAA (*ponerlo en la situación en que venden lo que no ocupan actualmente, por ejemplo*)
    - ii) *Preguntar solo si se abre a este tema* ¿Cómo podría afectar a la organización si uno o más usuarios quisieran arrendar su DAA? (y dejan de ocupar su derecho por un tiempo determinado) *(1. Y 2. También)*
    - iii) *Preguntar solo si se abre a este tema* ¿Cómo podría afectar a la organización si uno o más usuarios quisieran arrendar un volumen específico de agua (menor o igual a lo que dice su DAA)?
  - d) *Preguntar solo si se abre a este tema.* Ahora bien, pensando de forma individual, qué cosas son importantes para un potencial vendedor de agua que sean resguardadas en una eventual transacción
    - i) Sea una transacción directa completamente entre privados
    - ii) Sea una transacción mediada por una entidad reconocida.
    - iii) Si fuera esto último, que se resguarde su información privada (nombre, caudal ofrecido, ubicación, precio)
- 5) Cierre
- a) ¿Conocen alguna entidad que nos permita a aproximarnos de mejor forma al número de derechos inscritos en el CBR y que no estarían catastrados?
  - b) Preguntas de cierre:
    - i) ¿Qué le gustaría que nosotros comunicáramos en nuestro informe?
    - ii) Tiene alguna otra duda que quisiera comunicarnos
    - iii) Pedir fono y mail de contacto por futuras solicitudes

## XVIII.8. Requerimientos Climáticos de los Cultivos<sup>88</sup>

**Temperatura mínima de crecimiento.** Corresponde a la menor temperatura que tolera una especie para su crecimiento y desarrollo productivo adecuado. La delimitación de la temperatura mínima de crecimiento se realizó en función de los modelos de sectores que presentan tres o más meses continuos de temperaturas medias por debajo de la temperatura mínima de crecimiento derivada del estudio de requerimientos ecológicos de los cultivos.

**Temperatura de estrés térmico.** Corresponde a la temperatura máxima bajo la cual el cultivo puede crecer y producir sin someterse a un proceso de estrés fisiológico por altas temperaturas. La delimitación de la temperatura de estrés térmico se realizó en función de los modelos de temperaturas medias mensuales. El criterio utilizado correspondió a la exclusión de todos aquellos sectores que presenten un mes en el año con temperaturas medias superiores a la temperatura de estrés térmico derivada del estudio de requerimientos ecológicos de los cultivos.

**Temperatura crítica por helada.** Corresponde a la mínima temperatura que puede tolerar un cultivo, pudiendo provocarse un daño por helada al enfrentarse a temperaturas inferiores. Para la evaluación de esta variable se utilizó el modelo de temperaturas mínimas medias mensuales antes mencionado. El criterio utilizado para su evaluación correspondió a la identificación de sectores que presentan riesgo de heladas, de manera que de existir un mes en que la temperatura mínima media se encuentre bajo la temperatura establecida, el cultivo no se puede desarrollar, ya que se considera que existe una alta probabilidad de que ocurran una o más heladas.

**Horas frío.** Corresponden a la cantidad de horas que debe pasar una especie, a temperaturas iguales o inferiores a un determinado umbral, para su desarrollo y producción adecuados. Para estimar sus valores se utilizaron los modelos de temperatura mínima media. Este cálculo se realizó a través de la suma de horas frío entre los meses de mayo y agosto.

**Días grados.** Corresponden a la acumulación de calor que dispone la energía necesaria para el desarrollo de un cultivo en particular. Para esto se determina la temperatura a partir de la cual se beneficia el desarrollo de una especie, acumulando el excedente con respecto a la temperatura observada. Para el cálculo de los Días Grado para un mes en particular se utilizó como dato de temperatura observada los valores de temperatura media mensual del MDT correspondiente. Una vez obtenidos los Días Grado mensuales, se calcularon los Días Grado para el periodo de crecimiento estándar de cultivos mediante la sumatoria de los Días Grado mensuales entre los meses septiembre y marzo.

---

<sup>88</sup> Adoptados del estudio *Diagnóstico de la Demanda Hídrica en el norte de Chile* (Universidad de Chile, 2013a).

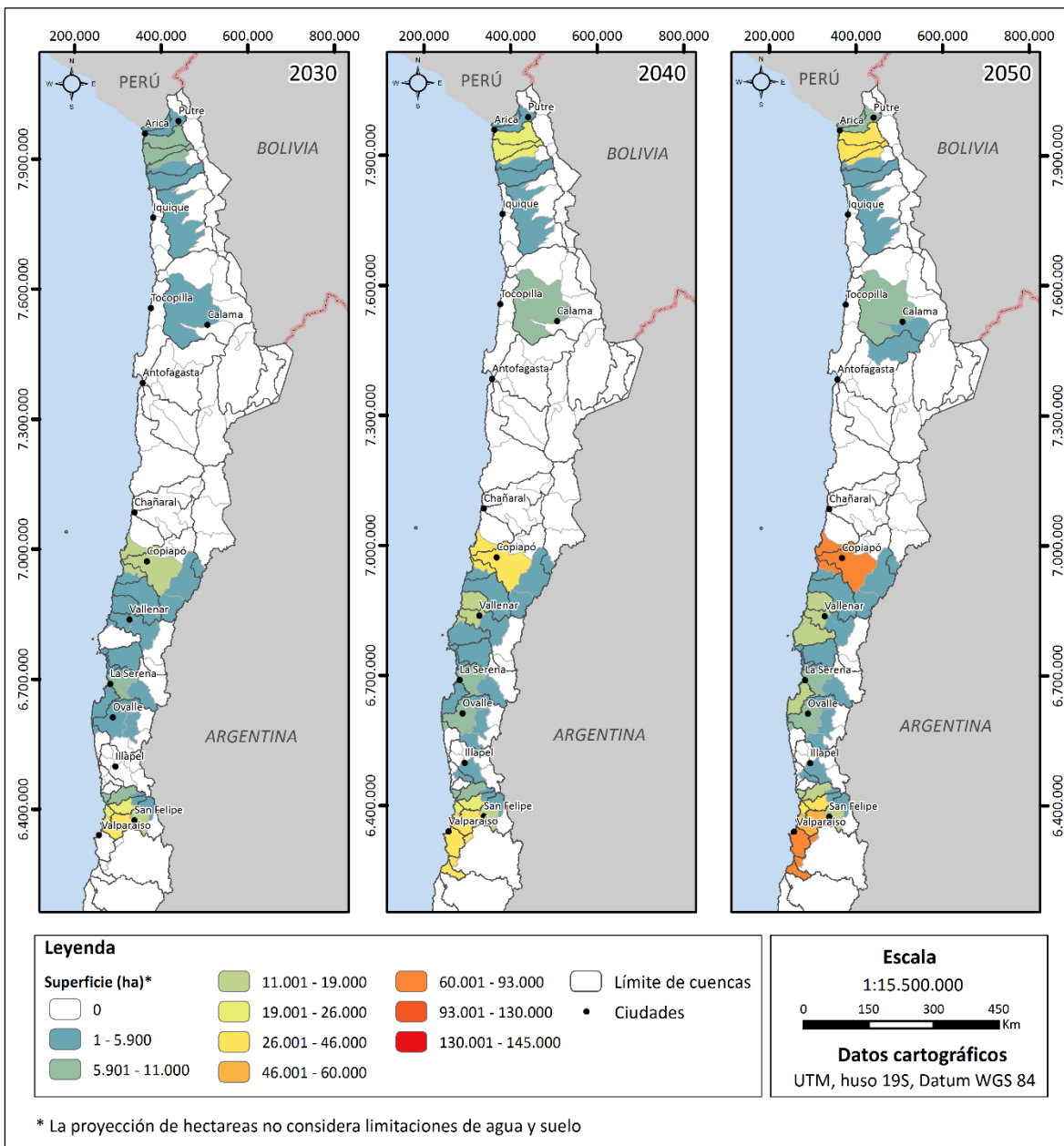
## **XVIII.9. Superficie agrícola adicionada a la matriz actual de cultivos proyectada al año 2030, 2040 y 2050**

Es necesario reiterar que la proyección de la demanda agrícola asume que la fruticultura sería el subsector que mayores beneficios obtendría con eventual proyecto de trasvase.

La estimación de la superficie proyectada está basada en requerimientos agroclimáticos estándares de los cultivos obtenidos desde la literatura. Al respecto, la materialización de proyectos frutícolas particulares debe basarse en estudios agronómicos de carácter local, particularmente, variables como la acumulación de horas frío deben ser tratadas con especial atención para el caso de las especies caducas como los cerezos y nogales y así como la ocurrencia de heladas para el caso de especies perennes.

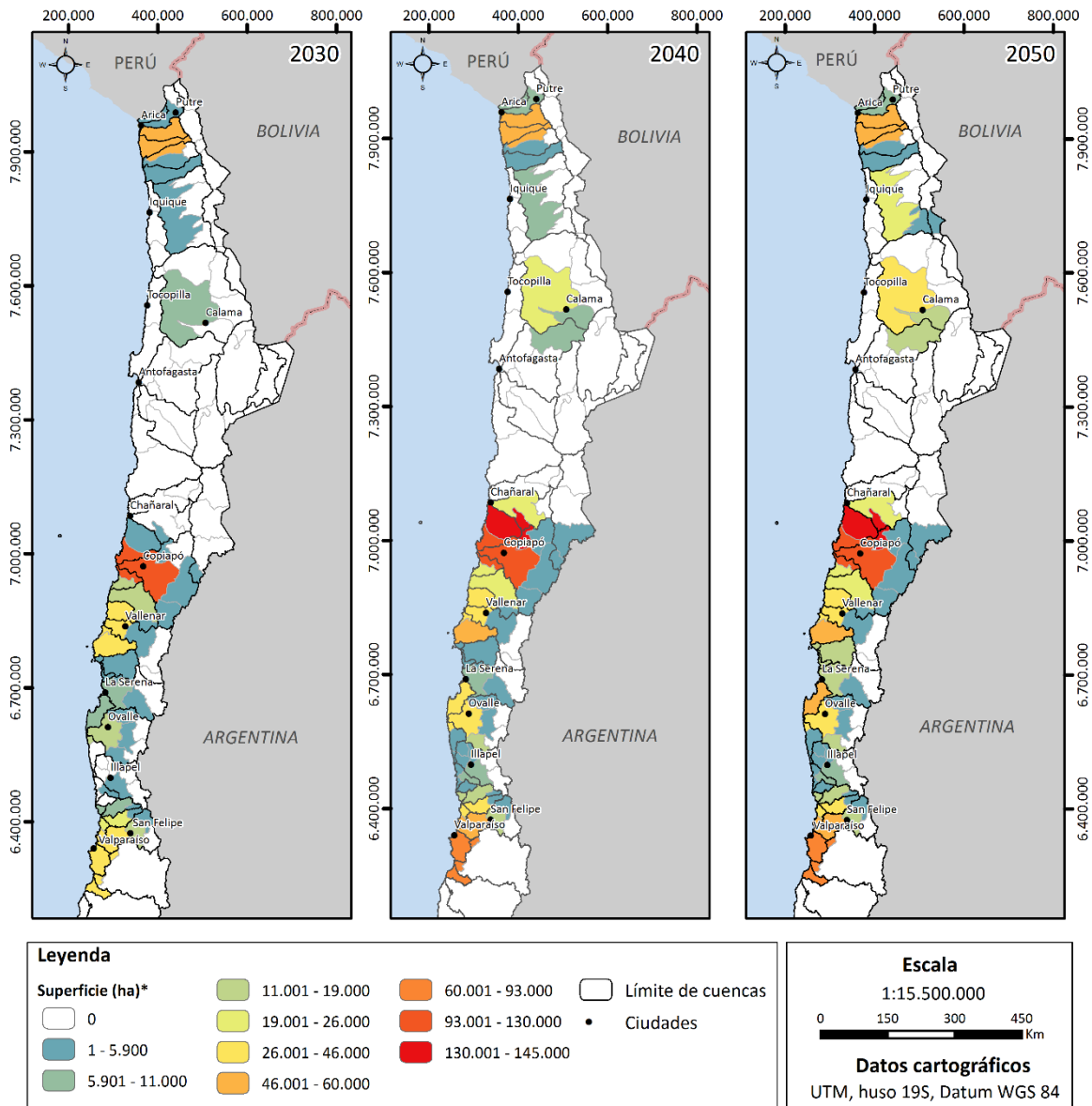
La proyección de la superficie agrícola no consideró limitaciones edáficas, debido a, por una parte, la carencia de estudios agroecológicos (lo que podría transformarse en un importante factor limitante en la zona norte -ej. suelos con alta conductividad eléctrica-) y a que se asumió la utilización de la máxima tecnología, por tanto, la posibilidad de utilizar suelos que normalmente no son usados para la agricultura. Tampoco fueron consideradas limitaciones hídricas, asumiendo un crecimiento máximo potencial. La distribución en el espacio de la superficie a adicionar fue condicionada por la forma del terreno, pendiente y por la cercanía a las áreas que poseen agricultura en la actualidad, es decir, se utilizó como supuesto, que la eventual futura expansión de áreas agrícola ocurriría en las proximidades de las zonas agrícolas ya existentes. Se excluyeron todas las zonas que contienen figuras de protección tales como Parques Nacionales, además de lugares que presentan actividad agrícola actual, ciudades y pueblos, cuerpos de agua, entre otros.

Figura XVIII.50. Hectáreas adicionales a la matriz actual de cultivos al año 2030, 2040 y 2050 para el escenario conservador



Fuente: Elaboración propia.

Figura XVIII.51. Hectáreas adicionales a la matriz actual de cultivos al año 2030, 2040 y 2050 para el escenario optimista.



\* La proyección de hectareas no considera limitaciones de agua y suelo

Fuente: Elaboración propia.

## XVIII.10. Demanda Mensual Agrícola Futura

Tabla XVIII.8. Demanda mensual (hm<sup>3</sup>/año) al año 2030 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis.

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
Arica y Parinacota	1	Conservador	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
		Optimista	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
	2	Conservador	5,98	5,25	4,76	3,27	2,81	2,29	2,41	2,86	4,43	4,48	6,35	6,55	51,44	
		Optimista	8,51	7,48	7,07	5,19	4,40	3,48	3,68	4,29	6,35	6,34	8,86	9,15	74,79	
	3	Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
		Optimista	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
	4	Conservador	13,99	12,07	11,05	7,44	5,95	4,61	4,85	5,95	9,27	9,51	13,97	14,90	113,56	
		Optimista	58,05	49,95	49,24	38,22	30,31	22,22	23,45	28,26	40,36	40,44	57,48	60,93	498,90	
	6	Conservador	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
		Optimista	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
Total	Conservador	<b>20,43</b>	<b>17,73</b>	<b>16,23</b>	<b>10,88</b>	<b>8,92</b>	<b>7,05</b>	<b>7,42</b>	<b>8,97</b>	<b>14,13</b>	<b>14,41</b>	<b>20,94</b>	<b>22,06</b>	<b>169,17</b>		
	Optimista	<b>67,02</b>	<b>57,85</b>	<b>56,73</b>	<b>43,59</b>	<b>34,87</b>	<b>25,84</b>	<b>27,28</b>	<b>32,72</b>	<b>47,15</b>	<b>47,19</b>	<b>66,96</b>	<b>70,69</b>	<b>577,87</b>		
Tarapacá	7	Conservador	1,30	1,12	0,90	0,64	0,41	0,38	0,38	0,47	0,63	0,68	1,18	1,40	9,48	
		Optimista	2,18	1,88	1,60	1,14	0,51	0,47	0,47	0,75	0,95	1,02	1,88	2,28	15,12	
	8	Conservador	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
		Optimista	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
	9	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,20
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,20
	10	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,18
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,18
	11	Conservador	2,29	1,81	1,68	1,24	1,10	0,93	0,98	1,27	1,65	1,72	2,45	2,65	19,74	
		Optimista	5,76	3,92	3,79	2,66	2,31	2,00	2,11	3,68	4,96	5,40	7,31	7,79	51,69	
	12	Conservador	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11	0,74
		Optimista	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11	0,74
	13	Conservador	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	0,48	3,31
		Optimista	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	0,48	3,31
	14	Conservador	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,83
		Optimista	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,83
16	Conservador	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,09	0,59	

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	17	Optimista	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,09	0,59	
		Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
	Total	Conservador	<b>4,37</b>	<b>3,60</b>	<b>3,10</b>	<b>2,20</b>	<b>1,83</b>	<b>1,60</b>	<b>1,65</b>	<b>2,04</b>	<b>2,76</b>	<b>2,88</b>	<b>4,40</b>	<b>4,91</b>	<b>35,34</b>	
		Optimista	<b>8,72</b>	<b>6,47</b>	<b>5,92</b>	<b>4,12</b>	<b>3,14</b>	<b>2,76</b>	<b>2,88</b>	<b>4,72</b>	<b>6,39</b>	<b>6,91</b>	<b>9,97</b>	<b>10,94</b>	<b>72,94</b>	
Antofagasta	5	Conservador	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	
		Optimista	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	
	15	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
	18	Conservador	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
		Optimista	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
	19	Conservador	5,42	4,40	3,53	1,90	1,44	1,18	1,27	1,76	2,39	2,49	4,61	5,85	36,23	
		Optimista	10,41	7,78	6,58	3,76	2,65	2,22	2,37	4,21	5,80	6,29	10,43	12,50	74,98	
	20	Conservador	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
		Optimista	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
	21	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	22	Conservador	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
		Optimista	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
	23	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	24	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	26	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
		Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
	28	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	<b>Total</b>	<b>Conservador</b>	<b>11,75</b>	<b>9,54</b>	<b>7,60</b>	<b>3,47</b>	<b>2,90</b>	<b>2,38</b>	<b>2,60</b>	<b>3,33</b>	<b>5,70</b>	<b>5,79</b>	<b>10,42</b>	<b>12,35</b>	<b>77,82</b>	
		<b>Optimista</b>	<b>16,74</b>	<b>12,92</b>	<b>10,65</b>	<b>5,33</b>	<b>4,12</b>	<b>3,42</b>	<b>3,70</b>	<b>5,78</b>	<b>9,11</b>	<b>9,59</b>	<b>16,24</b>	<b>18,99</b>	<b>116,57</b>	
Antofagasta	5	Conservador	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	
		Optimista	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	
	15	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
	18	Conservador	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17
		Optimista	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17
	19	Conservador	5,42	4,40	3,53	1,90	1,44	1,18	1,27	1,76	2,39	2,49	2,49	4,61	5,85	36,23
		Optimista	10,41	7,78	6,58	3,76	2,65	2,22	2,37	4,21	5,80	6,29	6,29	10,43	12,50	74,98
	20	Conservador	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
		Optimista	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
	21	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	22	Conservador	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39
		Optimista	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39
	23	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	24	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
27	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	
	Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	
28	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Total</b>	<b>Conservador</b>	<b>11,75</b>	<b>9,54</b>	<b>7,60</b>	<b>3,47</b>	<b>2,90</b>	<b>2,38</b>	<b>2,60</b>	<b>3,33</b>	<b>5,70</b>	<b>5,79</b>	<b>10,42</b>	<b>12,35</b>	<b>77,82</b>		
	<b>Optimista</b>	<b>16,74</b>	<b>12,92</b>	<b>10,65</b>	<b>5,33</b>	<b>4,12</b>	<b>3,42</b>	<b>3,70</b>	<b>5,78</b>	<b>9,11</b>	<b>9,59</b>	<b>16,24</b>	<b>18,99</b>	<b>116,57</b>		
Atacama	29	Conservador	0,50	0,33	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,16	0,23	0,47	0,58	2,89	

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	30	Optimista	0,50	0,33	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,16	0,23	0,47	0,58	2,89	
		Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	31	Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	32	Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Conservador	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08	0,48
	33	Optimista	6,13	5,17	4,82	3,53	2,53	1,69	1,78	2,19	3,36	3,26	5,65	6,17	46,26	
		Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	34	Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,14
	35	Optimista	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,14	
		Conservador	37,32	29,43	26,28	18,22	12,69	8,81	9,33	11,68	17,34	18,34	32,86	37,92	260,22	
	36	Optimista	163,36	132,47	120,55	85,41	59,95	40,66	42,94	53,71	81,29	82,77	146,79	165,81	1.175,70	
		Conservador	1,14	0,83	0,67	0,37	0,23	0,17	0,17	0,22	0,35	0,45	0,88	1,13	6,60	
	37	Optimista	1,25	0,89	0,72	0,40	0,26	0,19	0,19	0,27	0,42	0,54	1,04	1,30	7,46	
		Conservador	0,72	0,55	0,46	0,28	0,18	0,12	0,12	0,16	0,25	0,30	0,58	0,72	4,44	
	38	Optimista	1,13	0,75	0,61	0,34	0,22	0,16	0,16	0,27	0,43	0,55	1,05	1,29	6,96	
		Conservador	0,55	0,46	0,43	0,31	0,22	0,15	0,16	0,20	0,30	0,29	0,51	0,56	4,14	
	39	Optimista	18,37	15,60	14,73	10,91	7,93	5,34	5,69	7,01	10,67	10,05	17,38	18,66	142,34	
		Conservador	12,68	10,19	8,58	4,51	3,17	2,34	2,50	3,17	5,84	5,99	11,49	12,88	83,34	
	40	Optimista	46,75	38,07	33,83	22,22	15,28	10,37	10,96	13,92	22,48	22,70	42,11	47,31	326,00	
		Conservador	3,21	2,33	1,87	1,07	0,57	0,42	0,44	0,62	0,94	1,19	2,51	3,20	18,38	
	41	Optimista	9,43	7,27	6,21	3,95	2,46	1,62	1,68	2,29	3,64	4,08	8,01	9,57	60,22	
		Conservador	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
	42	Optimista	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
		Conservador	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,20	
	<b>Total</b>	Optimista	45,28	37,92	34,50	24,17	16,48	10,55	11,03	13,99	22,42	21,98	40,95	45,34	324,61	
		Conservador	<b>56,92</b>	<b>44,73</b>	<b>38,95</b>	<b>25,04</b>	<b>17,27</b>	<b>12,15</b>	<b>12,87</b>	<b>16,26</b>	<b>25,45</b>	<b>27,10</b>	<b>49,96</b>	<b>57,78</b>	<b>384,48</b>	
Coquimbo	43	Optimista	<b>292,87</b>	<b>239,00</b>	<b>216,59</b>	<b>151,19</b>	<b>105,27</b>	<b>70,70</b>	<b>74,55</b>	<b>93,84</b>	<b>145,11</b>	<b>146,40</b>	<b>264,01</b>	<b>296,72</b>	<b>2.096,25</b>	
		Conservador	1,42	1,10	0,99	0,66	0,49	0,34	0,35	0,52	0,74	0,76	1,44	1,60	10,40	
		Optimista	3,17	2,55	2,30	1,58	1,10	0,73	0,77	1,07	1,61	1,61	3,05	3,38	22,92	

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	44	Conservador	19,53	15,75	12,72	8,47	6,32	4,40	4,38	6,23	8,88	8,99	17,80	20,37	133,83	
		Optimista	22,68	17,60	14,35	9,22	6,13	4,52	4,50	7,33	10,70	11,14	21,65	25,10	154,92	
	45	Conservador	10,39	7,38	5,93	3,52	2,15	1,25	1,09	2,02	3,05	3,83	8,10	10,41	59,11	
		Optimista	10,55	7,49	6,02	3,57	2,18	1,26	1,11	2,05	3,09	3,89	8,22	10,58	60,01	
	46	Conservador	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
		Optimista	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
	47	Conservador	16,21	12,75	8,89	5,76	4,36	3,01	2,85	4,83	7,29	7,69	14,95	17,48	106,09	
		Optimista	23,60	18,20	13,45	8,63	6,24	4,25	3,98	6,74	9,86	10,78	20,98	25,00	151,70	
	48	Conservador	56,20	41,32	31,87	18,16	9,85	5,75	5,03	11,03	17,40	20,20	45,25	57,20	319,27	
		Optimista	85,34	62,68	48,76	27,98	13,84	7,85	6,74	16,01	24,42	29,60	67,04	86,35	476,58	
	49	Conservador	3,94	2,81	2,19	0,97	0,60	0,26	0,19	0,54	1,26	1,43	3,20	3,95	21,34	
		Optimista	7,85	5,64	4,42	2,26	1,17	0,57	0,45	1,22	2,21	2,72	6,12	7,87	42,50	
	50	Conservador	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40	
		Optimista	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40	
	51	Conservador	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63	
		Optimista	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63	
	52	Conservador	6,36	4,58	3,75	2,26	1,45	0,52	0,39	1,24	2,15	2,49	5,22	6,46	36,89	
		Optimista	7,70	5,68	4,69	2,84	1,55	0,52	0,39	1,46	2,51	2,87	6,27	7,80	44,28	
	53	Conservador	1,96	1,48	1,19	0,64	0,41	0,11	0,07	0,33	0,70	0,78	1,64	1,98	11,27	
		Optimista	2,09	1,59	1,28	0,70	0,42	0,11	0,07	0,35	0,74	0,81	1,74	2,11	11,99	
	54	Conservador	0,66	0,54	0,38	0,13	0,10	0,04	0,04	0,10	0,28	0,28	0,60	0,68	3,82	
		Optimista	0,66	0,54	0,38	0,13	0,10	0,04	0,04	0,10	0,28	0,28	0,60	0,68	3,82	
	55	Conservador	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,05	0,11	0,13	0,72	
		Optimista	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,05	0,11	0,13	0,72	
	56	Conservador	1,30	1,05	0,75	0,31	0,21	0,04	0,03	0,19	0,50	0,51	1,10	1,33	7,32	
		Optimista	1,30	1,05	0,75	0,31	0,21	0,04	0,03	0,19	0,50	0,51	1,10	1,33	7,32	
	57	Conservador	16,27	12,34	9,62	4,58	2,63	0,38	0,24	2,07	5,87	6,30	13,80	16,48	90,57	
		Optimista	25,03	19,61	15,71	8,30	2,94	0,38	0,24	3,13	8,16	8,69	20,63	25,28	138,09	
	58	Conservador	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68	
Optimista		1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68		
59	Conservador	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92		

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
	60	Optimista	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92
		Conservador	0,85	0,66	0,53	0,29	0,15	0,00	0,00	0,11	0,33	0,35	0,74	0,86	4,87
		Optimista	0,85	0,66	0,53	0,29	0,15	0,00	0,00	0,11	0,33	0,35	0,74	0,86	4,87
	Total	Conservador	<b>142,15</b>	<b>107,05</b>	<b>83,02</b>	<b>47,73</b>	<b>29,58</b>	<b>16,20</b>	<b>14,74</b>	<b>29,73</b>	<b>50,93</b>	<b>56,36</b>	<b>119,79</b>	<b>145,93</b>	<b>843,20</b>
		Optimista	<b>197,89</b>	<b>148,59</b>	<b>116,84</b>	<b>67,78</b>	<b>36,88</b>	<b>20,37</b>	<b>18,37</b>	<b>40,28</b>	<b>66,90</b>	<b>75,99</b>	<b>164,08</b>	<b>203,46</b>	<b>1.157,43</b>
Valparaíso	61	Conservador	20,70	16,67	13,89	8,50	2,18	0,00	0,00	2,66	6,90	7,18	17,53	21,26	117,47
		Optimista	22,01	17,40	14,55	8,87	2,37	0,00	0,00	3,09	7,85	8,20	19,40	23,27	127,00
	62	Conservador	45,49	36,77	30,93	19,39	7,33	0,00	0,00	6,06	16,64	17,15	39,51	46,23	265,50
		Optimista	48,29	37,10	30,27	18,19	5,85	0,00	0,00	5,21	15,97	17,95	41,06	49,86	269,74
	63	Conservador	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68
		Optimista	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68
	64	Conservador	3,99	3,11	2,47	1,24	0,17	0,00	0,00	0,12	1,28	1,59	3,56	4,13	21,66
		Optimista	4,12	3,18	2,54	1,27	0,18	0,00	0,00	0,14	1,36	1,68	3,73	4,33	22,53
	65	Conservador	64,99	51,52	41,77	24,17	9,33	0,00	0,00	7,06	22,57	24,38	56,16	65,68	367,63
		Optimista	73,04	57,50	46,10	25,92	6,57	0,00	0,00	6,76	22,79	25,29	61,77	74,85	400,60
	66	Conservador	103,03	81,96	66,04	37,82	12,58	0,00	0,00	7,29	37,49	41,73	93,37	107,90	589,20
		Optimista	132,34	104,12	83,42	46,90	8,01	0,00	0,00	6,11	40,24	47,44	113,81	137,58	719,95
	67	Conservador	28,01	18,16	13,70	6,24	0,17	0,00	0,00	0,12	6,77	9,50	22,85	28,91	134,43
		Optimista	70,15	51,64	41,22	21,69	3,74	0,00	0,00	1,81	19,11	24,99	58,20	71,45	364,01
	Total	Conservador	<b>266,53</b>	<b>208,44</b>	<b>169,00</b>	<b>97,45</b>	<b>31,78</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>23,31</b>	<b>91,73</b>	<b>101,63</b>	<b>233,25</b>	<b>274,44</b>	<b>1.497,55</b>
		Optimista	<b>350,27</b>	<b>271,19</b>	<b>218,30</b>	<b>122,93</b>	<b>26,73</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>23,12</b>	<b>107,41</b>	<b>125,67</b>	<b>298,23</b>	<b>361,66</b>	<b>1.905,50</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVIII.9. Demanda mensual (hm<sup>3</sup>/año) al año 2040 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
Arica y Parinacota	1	Conservador	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
		Optimista	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
	2	Conservador	7,56	6,64	6,19	4,45	3,78	3,00	3,17	3,71	5,60	5,62	7,90	8,16	65,78	
		Optimista	10,82	8,98	8,63	6,30	5,38	4,36	4,61	6,07	8,73	8,94	12,12	12,54	97,47	
	3	Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
		Optimista	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
	4	Conservador	28,45	24,56	23,65	17,59	13,84	10,31	10,87	13,21	19,36	19,52	28,16	29,95	239,46	
		Optimista	58,08	49,97	49,27	38,24	30,32	22,23	23,46	28,29	40,41	40,49	57,54	61,00	499,31	
	6	Conservador	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
		Optimista	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
Total	Conservador	<b>36,47</b>	<b>31,61</b>	<b>30,25</b>	<b>22,22</b>	<b>17,78</b>	<b>13,46</b>	<b>14,19</b>	<b>17,09</b>	<b>25,39</b>	<b>25,55</b>	<b>36,68</b>	<b>38,72</b>	<b>309,40</b>		
	Optimista	<b>69,37</b>	<b>59,36</b>	<b>58,31</b>	<b>44,72</b>	<b>35,87</b>	<b>26,73</b>	<b>28,22</b>	<b>34,54</b>	<b>49,57</b>	<b>49,84</b>	<b>70,28</b>	<b>74,15</b>	<b>600,95</b>		
Tarapacá	7	Conservador	2,05	1,76	1,49	1,07	0,49	0,45	0,46	0,70	0,90	0,97	1,78	2,15	14,27	
		Optimista	5,80	5,00	4,52	3,23	0,92	0,82	0,84	1,87	2,27	2,43	4,81	5,94	38,43	
	8	Conservador	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
		Optimista	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
	9	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,20	
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,20	
	10	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	
	11	Conservador	3,20	2,37	2,24	1,63	1,43	1,21	1,28	1,91	2,52	2,68	3,73	4,00	28,19	
		Optimista	12,73	9,16	8,90	6,34	4,43	3,82	4,05	7,34	9,64	10,46	14,87	16,22	107,96	
	12	Conservador	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,74	
		Optimista	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,74	
	13	Conservador	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	3,31	
		Optimista	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	3,31	
	14	Conservador	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,83	
		Optimista	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,83	
16	Conservador	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,59		

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	17	Optimista	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,09	0,59	
		Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
	Total	Conservador	6,03	4,81	4,27	3,01	2,24	1,96	2,03	2,91	3,91	4,14	6,28	7,01	48,58	
		Optimista	19,32	14,83	13,94	9,89	5,67	4,93	5,19	9,51	12,38	13,38	20,45	23,02	152,51	
Antofagasta	5	Conservador	1,24	0,91	0,65	0,25	0,26	0,22	0,24	0,29	0,59	0,65	1,19	1,36	7,85	
		Optimista	9,09	7,46	5,76	3,00	1,70	1,37	1,45	2,19	2,99	3,23	6,93	9,44	54,61	
	15	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06
	18	Conservador	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
		Optimista	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
	19	Conservador	10,02	8,11	6,50	3,48	2,48	2,06	2,20	3,26	4,32	4,53	8,48	10,98	66,42	
		Optimista	27,21	21,46	17,61	9,83	6,23	5,23	5,57	9,42	12,39	13,36	24,20	30,85	183,35	
	20	Conservador	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
		Optimista	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
	21	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	22	Conservador	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
		Optimista	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
	23	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	24	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	26	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
		Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
	28	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	<b>Total</b>	<b>Conservador</b>	<b>16,35</b>	<b>13,25</b>	<b>10,57</b>	<b>5,05</b>	<b>3,95</b>	<b>3,26</b>	<b>3,53</b>	<b>4,84</b>	<b>7,63</b>	<b>7,83</b>	<b>14,29</b>	<b>17,48</b>	<b>108,01</b>	
		<b>Optimista</b>	<b>41,39</b>	<b>33,15</b>	<b>26,79</b>	<b>14,15</b>	<b>9,14</b>	<b>7,58</b>	<b>8,10</b>	<b>12,89</b>	<b>18,10</b>	<b>19,24</b>	<b>35,74</b>	<b>45,43</b>	<b>271,70</b>	
Atacama	29	Conservador	0,50	0,33	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,16	0,23	0,47	0,58	2,89	
		Optimista	29,36	24,74	23,13	16,96	12,25	8,21	8,67	10,63	16,24	15,79	27,11	29,61	222,70	
	30	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	31	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	32	Conservador	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08	0,48
		Optimista	206,11	172,04	157,89	112,43	77,54	50,88	53,24	66,49	103,34	103,55	184,41	206,17	1.494,09	
	33	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	34	Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,14
		Optimista	0,65	0,54	0,49	0,34	0,24	0,15	0,16	0,20	0,32	0,32	0,57	0,64	4,62	
	35	Conservador	57,20	46,29	42,11	29,84	20,98	14,36	15,21	18,99	28,49	28,99	51,41	58,04	411,90	
		Optimista	187,30	149,40	134,37	93,93	65,35	44,67	47,12	59,19	88,88	92,88	165,86	190,35	1.319,31	
	36	Conservador	1,24	0,89	0,72	0,40	0,25	0,18	0,19	0,26	0,42	0,53	1,03	1,29	7,42	
		Optimista	1,25	0,89	0,72	0,40	0,26	0,19	0,19	0,27	0,42	0,54	1,04	1,30	7,46	
	37	Conservador	1,06	0,74	0,63	0,37	0,24	0,17	0,17	0,28	0,46	0,55	1,03	1,23	6,92	
		Optimista	1,13	0,75	0,61	0,34	0,22	0,16	0,16	0,27	0,43	0,55	1,05	1,29	6,96	
	38	Conservador	2,11	1,79	1,68	1,23	0,89	0,60	0,64	0,79	1,20	1,14	1,99	2,15	16,19	
		Optimista	26,78	22,45	21,02	15,38	11,08	7,46	7,93	9,89	15,08	14,45	25,19	27,34	204,04	
	39	Conservador	29,37	23,85	20,97	13,21	9,11	6,28	6,66	8,49	14,07	14,23	26,57	29,80	202,62	
		Optimista	47,41	38,54	34,20	22,44	15,41	10,47	11,08	14,06	22,67	22,96	42,61	47,98	329,83	
	40	Conservador	3,69	2,71	2,20	1,29	0,71	0,51	0,54	0,76	1,16	1,42	2,95	3,71	21,64	
		Optimista	10,38	7,96	6,75	4,26	2,60	1,73	1,79	2,45	3,86	4,39	8,70	10,52	65,36	
	41	Conservador	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
		Optimista	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
	42	Conservador	4,93	4,13	3,78	2,66	1,83	1,18	1,25	1,57	2,50	2,43	4,49	4,95	35,70	
		Optimista	82,32	64,94	56,46	37,56	24,17	15,94	16,61	21,59	33,58	36,25	69,94	82,63	541,96	
		<b>Total</b>	<b>Conservador</b>	<b>100,86</b>	<b>81,30</b>	<b>72,73</b>	<b>49,28</b>	<b>34,21</b>	<b>23,43</b>	<b>24,79</b>	<b>31,35</b>	<b>48,71</b>	<b>49,81</b>	<b>90,57</b>	<b>102,51</b>	<b>709,56</b>

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
		<b>Optimista</b>	<b>593,32</b>	<b>482,74</b>	<b>436,03</b>	<b>304,21</b>	<b>209,21</b>	<b>139,93</b>	<b>147,00</b>	<b>185,11</b>	<b>285,03</b>	<b>291,92</b>	<b>527,02</b>	<b>598,48</b>	<b>4.199,99</b>
Coquimbo	43	Conservador	1,49	1,15	1,03	0,68	0,49	0,34	0,36	0,53	0,75	0,77	1,49	1,66	10,74
		Optimista	3,47	2,81	2,53	1,73	1,21	0,80	0,84	1,16	1,74	1,74	3,32	3,68	25,04
	44	Conservador	19,62	15,80	12,76	8,50	6,33	4,42	4,39	6,26	8,93	9,06	17,92	20,50	134,48
		Optimista	23,86	18,58	15,18	9,74	6,29	4,62	4,59	7,58	11,05	11,51	22,58	26,28	161,85
	45	Conservador	10,56	7,50	6,02	3,57	2,18	1,26	1,11	2,05	3,09	3,89	8,23	10,58	60,04
		Optimista	10,62	7,55	6,06	3,60	2,20	1,28	1,12	2,07	3,12	3,92	8,28	10,64	60,45
	46	Conservador	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
		Optimista	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
	47	Conservador	20,03	15,79	11,69	7,68	5,79	3,95	3,75	6,30	9,33	9,71	18,79	21,68	134,47
		Optimista	59,28	47,33	38,63	24,42	10,57	6,94	6,11	15,49	21,88	23,28	51,06	62,42	367,41
	48	Conservador	65,66	49,15	38,40	22,11	10,49	5,89	5,07	12,66	19,76	22,74	52,49	66,67	371,09
		Optimista	105,35	79,33	63,72	38,00	20,50	11,34	9,89	22,07	33,28	38,40	84,94	106,64	613,47
	49	Conservador	7,41	5,34	4,19	2,13	1,09	0,53	0,42	1,14	2,11	2,57	5,79	7,43	40,14
		Optimista	10,20	7,60	6,15	3,43	1,95	1,03	0,88	1,93	3,19	3,70	8,18	10,21	58,44
	50	Conservador	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40
		Optimista	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40
	51	Conservador	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63
		Optimista	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63
	52	Conservador	7,70	5,68	4,69	2,84	1,55	0,52	0,39	1,46	2,51	2,87	6,27	7,80	44,28
		Optimista	7,70	5,68	4,69	2,84	1,55	0,52	0,39	1,46	2,51	2,87	6,27	7,80	44,28
	53	Conservador	2,09	1,59	1,28	0,70	0,42	0,11	0,07	0,35	0,74	0,81	1,74	2,11	11,99
		Optimista	23,81	19,73	17,51	11,76	8,24	3,03	2,50	6,41	10,36	10,15	21,39	23,87	158,75
	54	Conservador	0,66	0,54	0,38	0,13	0,10	0,04	0,04	0,10	0,28	0,28	0,60	0,68	3,82
		Optimista	5,20	4,35	3,80	2,48	1,80	0,88	0,80	1,55	2,34	2,26	4,73	5,24	35,43
	55	Conservador	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,05	0,11	0,13	0,72
		Optimista	1,49	1,24	1,09	0,72	0,51	0,20	0,18	0,41	0,65	0,63	1,34	1,49	9,94
	56	Conservador	1,30	1,05	0,75	0,31	0,21	0,04	0,03	0,19	0,50	0,51	1,10	1,33	7,32
		Optimista	1,79	1,46	1,13	0,56	0,39	0,12	0,10	0,34	0,73	0,73	1,55	1,83	10,71
57	Conservador	25,03	19,61	15,71	8,30	2,94	0,38	0,24	3,13	8,16	8,69	20,63	25,28	138,09	
	Optimista	32,23	25,63	21,11	12,00	5,42	1,09	0,80	5,02	11,43	11,80	27,21	32,50	186,25	



Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	58	Conservador	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68	
		Optimista	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68	
	59	Conservador	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92	
		Optimista	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92	
	60	Conservador	0,85	0,66	0,53	0,29	0,15	0,00	0,00	0,11	0,33	0,35	0,74	0,86	4,87	
		Optimista	2,62	2,15	1,87	1,21	0,69	0,03	0,00	0,49	1,15	1,12	2,37	2,65	16,33	
	<b>Total</b>	<b>Conservador</b>	<b>169,46</b>	<b>129,15</b>	<b>101,64</b>	<b>59,22</b>	<b>32,60</b>	<b>17,58</b>	<b>15,92</b>	<b>34,80</b>	<b>58,98</b>	<b>64,98</b>	<b>141,73</b>	<b>173,70</b>	<b>999,76</b>	
		<b>Optimista</b>	<b>294,56</b>	<b>228,62</b>	<b>187,59</b>	<b>114,45</b>	<b>62,18</b>	<b>31,97</b>	<b>28,26</b>	<b>66,46</b>	<b>105,85</b>	<b>114,78</b>	<b>249,07</b>	<b>302,25</b>	<b>1.786,05</b>	
	Valparaíso	61	Conservador	22,01	17,40	14,55	8,87	2,37	0,00	0,00	3,09	7,85	8,20	19,40	23,27	127,00
			Optimista	33,56	26,72	22,64	14,20	5,03	0,00	0,00	4,97	12,41	12,82	29,49	34,88	196,72
62		Conservador	45,58	36,82	30,98	19,42	7,33	0,00	0,00	6,08	16,69	17,21	39,64	46,37	266,12	
		Optimista	56,69	43,75	36,02	21,99	7,58	0,00	0,00	6,32	19,24	21,41	48,43	58,34	319,78	
63		Conservador	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68	
		Optimista	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68	
64		Conservador	4,08	3,17	2,52	1,26	0,18	0,00	0,00	0,14	1,34	1,65	3,69	4,28	22,30	
		Optimista	4,12	3,18	2,54	1,27	0,18	0,00	0,00	0,14	1,36	1,68	3,73	4,33	22,53	
65		Conservador	64,99	51,52	41,77	24,17	9,33	0,00	0,00	7,06	22,57	24,38	56,16	65,68	367,63	
		Optimista	74,45	58,30	46,80	26,29	6,64	0,00	0,00	7,03	23,65	26,29	63,69	76,99	410,13	
66		Conservador	118,39	94,59	76,51	43,73	12,84	0,00	0,00	7,33	40,82	46,02	105,48	123,28	668,99	
		Optimista	145,75	114,36	92,30	52,26	9,20	0,00	0,00	7,11	45,43	53,40	126,98	152,72	799,52	
67		Conservador	87,22	67,10	53,99	28,67	1,84	0,00	0,00	1,21	20,89	26,81	70,23	88,62	446,56	
		Optimista	121,78	92,63	75,35	40,69	5,31	0,00	0,00	2,37	32,09	42,27	100,94	123,75	637,17	
<b>Total</b>		<b>Conservador</b>	<b>342,59</b>	<b>270,85</b>	<b>220,52</b>	<b>126,21</b>	<b>33,89</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>24,91</b>	<b>110,23</b>	<b>124,40</b>	<b>294,86</b>	<b>351,82</b>	<b>1.900,28</b>	
		<b>Optimista</b>	<b>436,67</b>	<b>339,19</b>	<b>275,85</b>	<b>156,79</b>	<b>33,95</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>27,94</b>	<b>134,27</b>	<b>157,99</b>	<b>373,54</b>	<b>451,32</b>	<b>2.387,52</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVIII.10. Demanda mensual (hm<sup>3</sup>/año) al año 2050 del sector agrícola por región y Unidad de Análisis

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
Arica y Parinacota	1	Conservador	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
		Optimista	0,40	0,36	0,37	0,16	0,14	0,13	0,14	0,15	0,39	0,37	0,56	0,55	3,73	
	2	Conservador	9,97	8,31	7,91	5,73	4,88	3,90	4,13	5,41	7,91	8,10	11,09	11,48	88,82	
		Optimista	12,46	10,04	9,73	7,09	6,07	4,97	5,26	7,32	10,39	10,76	14,41	14,94	113,43	
	3	Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
		Optimista	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,19
	4	Conservador	44,59	38,68	37,77	28,92	22,14	16,31	17,21	20,88	29,92	29,96	43,39	46,34	376,10	
		Optimista	60,12	51,42	50,90	39,52	31,45	23,24	24,53	29,98	42,57	42,79	60,42	64,02	520,97	
	6	Conservador	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
		Optimista	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,26
Total	Conservador	<b>55,02</b>	<b>47,40</b>	<b>46,10</b>	<b>34,83</b>	<b>27,18</b>	<b>20,35</b>	<b>21,48</b>	<b>26,46</b>	<b>38,26</b>	<b>38,47</b>	<b>55,11</b>	<b>58,43</b>	<b>469,09</b>		
	Optimista	<b>73,04</b>	<b>61,87</b>	<b>61,05</b>	<b>46,79</b>	<b>37,68</b>	<b>28,35</b>	<b>29,94</b>	<b>37,47</b>	<b>53,39</b>	<b>53,96</b>	<b>75,46</b>	<b>79,57</b>	<b>638,57</b>		
Tarapacá	7	Conservador	3,77	3,25	2,88	2,06	0,69	0,62	0,63	1,24	1,53	1,64	3,17	3,89	25,34	
		Optimista	8,11	6,99	6,38	4,57	1,18	1,04	1,08	2,59	3,11	3,33	6,67	8,26	53,30	
	8	Conservador	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
		Optimista	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,27	
	9	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,20	
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,20	
	10	Conservador	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	
		Optimista	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,18	
	11	Conservador	4,85	3,35	3,23	2,28	1,98	1,69	1,79	3,08	4,16	4,49	6,13	6,51	43,51	
		Optimista	45,96	37,58	35,85	26,08	9,99	8,59	9,13	19,17	23,39	24,84	42,77	50,08	333,42	
	12	Conservador	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,74	
		Optimista	0,09	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,74	
	13	Conservador	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	3,31	
		Optimista	0,44	0,38	0,31	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,27	0,27	0,43	3,31	
	14	Conservador	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,83	
		Optimista	0,20	0,17	0,16	0,12	0,06	0,06	0,06	0,09	0,11	0,11	0,18	0,21	1,52	
16	Conservador	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,59		
	Optimista	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,59		

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
	17	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
	Total	Conservador	9,40	7,27	6,64	4,65	2,99	2,60	2,71	4,62	6,16	6,61	10,07	11,26	74,98	
		Optimista	54,96	45,34	42,84	31,03	11,50	9,93	10,51	22,09	27,02	28,71	50,31	59,32	393,54	
Antofagasta	5	Conservador	1,99	1,55	1,16	0,55	0,37	0,30	0,33	0,46	0,80	0,88	1,73	2,11	12,23	
		Optimista	28,02	23,40	19,94	12,49	3,43	2,78	2,92	6,83	8,74	9,55	21,50	28,30	167,89	
	15	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	
	18	Conservador	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
		Optimista	1,84	1,46	1,11	0,44	0,49	0,41	0,47	0,56	0,98	0,94	1,62	1,86	12,17	
	19	Conservador	13,72	10,82	8,94	5,03	3,24	2,70	2,88	4,86	6,49	6,92	12,41	15,57	93,57	
		Optimista	50,35	40,96	34,26	20,32	10,31	8,58	9,12	15,91	20,23	21,73	42,04	54,35	328,14	
	20	Conservador	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	
		Optimista	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	
	21	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
	22	Conservador	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
		Optimista	3,23	2,74	2,30	0,87	0,71	0,57	0,60	0,72	1,72	1,69	2,98	3,26	21,39	
	23	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
	24	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	25	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	26	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	27	Conservador	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	
		Optimista	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	
	28	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Total	Conservador	20,80	16,59	13,52	6,90	4,81	3,99	4,30	6,60	10,01	10,44	18,76	22,82	139,54

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual	
		<b>Optimista</b>	<b>83,47</b>	<b>68,58</b>	<b>57,62</b>	<b>34,12</b>	<b>14,94</b>	<b>12,34</b>	<b>13,13</b>	<b>24,02</b>	<b>31,68</b>	<b>33,92</b>	<b>68,16</b>	<b>87,79</b>	<b>529,77</b>	
Atacama	29	Conservador	0,50	0,33	0,22	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,16	0,23	0,47	0,58	2,89	
		Optimista	29,36	24,74	23,13	16,96	12,25	8,21	8,67	10,63	16,24	15,79	27,11	29,61	222,70	
	30	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	31	Conservador	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Optimista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	32	Conservador	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08	0,48
		Optimista	209,37	173,87	159,57	113,38	78,26	51,44	53,82	67,96	105,68	106,27	188,88	211,16	1.519,66	
	33	Conservador	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
		Optimista	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
	34	Conservador	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,14
		Optimista	1,13	0,81	0,74	0,48	0,34	0,24	0,25	0,42	0,66	0,72	1,23	1,38	8,38	
	35	Conservador	95,08	77,21	70,36	49,81	34,45	23,47	24,82	31,57	47,55	48,19	85,95	96,98	685,44	
		Optimista	188,40	150,33	135,25	94,57	65,84	45,02	47,49	59,63	89,45	93,43	166,88	191,46	1.327,74	
	36	Conservador	1,25	0,89	0,72	0,40	0,26	0,19	0,19	0,27	0,42	0,54	1,04	1,30	7,46	
		Optimista	1,25	0,89	0,72	0,40	0,26	0,19	0,19	0,27	0,42	0,54	1,04	1,30	7,46	
	37	Conservador	1,06	0,74	0,63	0,37	0,24	0,17	0,17	0,28	0,46	0,55	1,03	1,23	6,92	
		Optimista	1,13	0,75	0,61	0,34	0,22	0,16	0,16	0,27	0,43	0,55	1,05	1,29	6,96	
	38	Conservador	2,87	2,43	2,28	1,67	1,20	0,81	0,86	1,06	1,62	1,54	2,69	2,91	21,94	
		Optimista	27,83	23,34	21,86	16,01	11,57	7,80	8,29	10,34	15,65	14,98	26,19	28,41	212,26	
	39	Conservador	32,88	26,64	23,50	14,96	10,32	7,10	7,52	9,63	15,83	16,03	29,84	33,49	227,74	
		Optimista	47,41	38,54	34,20	22,44	15,41	10,47	11,08	14,06	22,67	22,96	42,61	47,98	329,83	
	40	Conservador	4,40	3,15	2,56	1,49	0,85	0,61	0,64	0,97	1,48	1,83	3,70	4,61	26,29	
		Optimista	10,38	7,96	6,75	4,26	2,60	1,73	1,79	2,45	3,86	4,39	8,70	10,52	65,36	
	41	Conservador	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
		Optimista	0,64	0,48	0,38	0,15	0,10	0,06	0,04	0,09	0,21	0,24	0,53	0,64	3,56	
	42	Conservador	13,61	11,42	10,44	7,37	5,07	3,28	3,44	4,35	6,92	6,71	12,42	13,67	98,70	
		Optimista	82,32	64,94	56,46	37,56	24,17	15,94	16,61	21,59	33,58	36,25	69,94	82,63	541,97	
Total	Conservador	<b>152,41</b>	<b>123,38</b>	<b>111,14</b>	<b>76,35</b>	<b>52,59</b>	<b>35,75</b>	<b>37,78</b>	<b>48,34</b>	<b>74,71</b>	<b>75,92</b>	<b>137,77</b>	<b>155,53</b>	<b>1.081,67</b>		
	Optimista	<b>599,22</b>	<b>486,66</b>	<b>439,66</b>	<b>306,56</b>	<b>211,01</b>	<b>141,25</b>	<b>148,39</b>	<b>187,70</b>	<b>288,86</b>	<b>296,12</b>	<b>534,17</b>	<b>606,38</b>	<b>4.245,97</b>		

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
Coquimbo	43	Conservador	1,90	1,49	1,33	0,89	0,63	0,43	0,46	0,67	0,97	0,99	1,89	2,11	13,76
		Optimista	20,22	15,80	14,19	9,48	6,64	5,16	5,42	6,96	9,47	10,07	17,93	21,08	142,43
	44	Conservador	23,34	18,87	15,36	10,11	6,77	4,71	4,69	7,02	9,97	10,16	20,82	24,20	156,03
		Optimista	28,05	22,05	18,45	12,02	7,96	5,90	5,89	9,31	13,35	13,76	26,53	30,67	193,92
	45	Conservador	10,56	7,50	6,02	3,57	2,18	1,26	1,11	2,05	3,09	3,89	8,23	10,58	60,04
		Optimista	10,62	7,55	6,07	3,60	2,20	1,28	1,12	2,07	3,12	3,92	8,28	10,64	60,47
	46	Conservador	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
		Optimista	0,70	0,51	0,42	0,25	0,16	0,07	0,05	0,14	0,23	0,27	0,56	0,70	4,07
	47	Conservador	39,14	30,97	25,28	16,89	12,44	8,03	7,55	12,87	18,38	18,90	36,91	41,99	269,33
		Optimista	100,30	81,80	70,10	46,34	26,65	16,68	15,26	30,21	41,69	42,33	88,97	104,03	664,36
	48	Conservador	69,06	51,65	40,43	23,35	11,28	6,37	5,50	13,39	20,77	24,00	55,16	70,06	390,99
		Optimista	123,50	93,64	76,81	46,78	26,84	15,26	13,57	28,78	42,83	48,01	103,22	126,85	746,08
	49	Conservador	7,99	5,76	4,52	2,33	1,22	0,60	0,48	1,26	2,27	2,78	6,24	8,00	43,45
		Optimista	11,47	8,65	7,10	4,07	2,41	1,30	1,14	2,33	3,74	4,24	9,31	11,47	67,23
	50	Conservador	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40
		Optimista	2,03	1,59	1,28	0,54	0,30	0,00	0,00	0,16	0,83	0,85	1,78	2,05	11,40
	51	Conservador	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63
		Optimista	0,64	0,52	0,41	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,28	0,28	0,58	0,65	3,63
	52	Conservador	7,70	5,68	4,69	2,84	1,55	0,52	0,39	1,46	2,51	2,87	6,27	7,80	44,28
		Optimista	8,01	5,86	4,85	2,93	1,61	0,53	0,40	1,58	2,73	3,11	6,70	8,28	46,60
	53	Conservador	2,09	1,59	1,28	0,70	0,42	0,11	0,07	0,35	0,74	0,81	1,74	2,11	11,99
		Optimista	28,19	22,79	19,89	13,14	9,06	3,28	2,65	7,08	11,48	11,70	24,69	28,25	182,18
	54	Conservador	0,66	0,54	0,38	0,13	0,10	0,04	0,04	0,10	0,28	0,28	0,60	0,68	3,82
		Optimista	6,97	5,57	4,74	3,02	2,11	1,01	0,90	1,84	2,78	2,89	6,07	7,02	44,93
	55	Conservador	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,05	0,05	0,11	0,13	0,72
		Optimista	1,79	1,45	1,25	0,81	0,56	0,22	0,19	0,45	0,73	0,74	1,57	1,80	11,55
	56	Conservador	1,30	1,05	0,75	0,31	0,21	0,04	0,03	0,19	0,50	0,51	1,10	1,33	7,32
		Optimista	6,89	5,75	5,00	3,25	2,25	0,64	0,49	1,75	3,13	2,99	6,27	6,97	45,38
57	Conservador	25,03	19,61	15,71	8,30	2,94	0,38	0,24	3,13	8,16	8,69	20,63	25,28	138,09	
	Optimista	33,56	26,75	22,12	12,70	5,87	1,18	0,86	5,36	12,06	12,39	28,45	33,84	195,12	
58	Conservador	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68	

Región	UA	Escenario	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
	59	Optimista	1,01	0,78	0,62	0,29	0,16	0,02	0,01	0,11	0,39	0,41	0,87	1,02	5,68
		Conservador	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92
	60	Optimista	2,58	1,80	1,41	0,70	0,15	0,00	0,00	0,07	0,70	0,89	2,05	2,58	12,92
		Conservador	0,85	0,66	0,53	0,29	0,15	0,00	0,00	0,11	0,33	0,35	0,74	0,86	4,87
	<b>Total</b>	Conservador	<b>196,68</b>	<b>150,65</b>	<b>120,50</b>	<b>71,68</b>	<b>40,75</b>	<b>22,59</b>	<b>20,61</b>	<b>43,11</b>	<b>70,45</b>	<b>76,97</b>	<b>166,27</b>	<b>202,12</b>	<b>1.182,39</b>
		Optimista	<b>389,51</b>	<b>305,31</b>	<b>256,84</b>	<b>161,50</b>	<b>95,82</b>	<b>52,57</b>	<b>47,95</b>	<b>98,80</b>	<b>150,85</b>	<b>160,13</b>	<b>336,56</b>	<b>400,92</b>	<b>2.456,75</b>
Valparaíso	61	Conservador	33,32	26,82	22,90	14,49	5,32	0,00	0,00	5,18	12,70	12,88	29,60	34,65	197,84
		Optimista	33,58	26,74	22,66	14,21	5,03	0,00	0,00	4,98	12,43	12,85	29,54	34,92	196,93
	62	Conservador	55,09	44,41	37,80	24,01	9,61	0,00	0,00	7,83	21,32	21,80	49,15	56,73	327,76
		Optimista	57,61	44,26	36,47	22,23	7,65	0,00	0,00	6,52	19,83	22,08	49,70	59,75	326,10
	63	Conservador	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68
		Optimista	0,32	0,25	0,20	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,27	0,32	1,68
	64	Conservador	4,12	3,18	2,54	1,27	0,18	0,00	0,00	0,14	1,36	1,68	3,73	4,33	22,53
		Optimista	4,12	3,18	2,54	1,27	0,18	0,00	0,00	0,14	1,36	1,68	3,73	4,33	22,54
	65	Conservador	66,98	52,65	42,76	24,70	9,49	0,00	0,00	7,51	23,80	25,80	58,88	68,70	381,27
		Optimista	74,62	58,39	46,88	26,33	6,65	0,00	0,00	7,07	23,76	26,41	63,92	77,23	411,25
	66	Conservador	129,14	103,42	84,21	48,53	13,94	0,00	0,00	7,85	44,56	50,19	115,15	134,40	731,38
		Optimista	146,92	115,00	92,87	52,55	9,27	0,00	0,00	7,33	46,13	54,23	128,58	154,50	807,38
	67	Conservador	128,88	100,94	82,16	44,26	3,24	0,00	0,00	1,68	31,34	40,33	104,52	130,61	667,95
		Optimista	122,61	93,09	75,76	40,86	5,31	0,00	0,00	2,41	32,56	42,87	102,10	125,02	642,59
	<b>Total</b>	Conservador	<b>417,85</b>	<b>331,67</b>	<b>272,56</b>	<b>157,35</b>	<b>41,79</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>30,20</b>	<b>135,17</b>	<b>152,79</b>	<b>361,29</b>	<b>429,74</b>	<b>2.330,40</b>
		Optimista	<b>439,77</b>	<b>340,92</b>	<b>277,37</b>	<b>157,55</b>	<b>34,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>28,45</b>	<b>136,15</b>	<b>160,23</b>	<b>377,83</b>	<b>456,07</b>	<b>2.408,46</b>

Fuente: Elaboración propia.

## XVIII.11. Pauta de entrevista para la Consulta y Validación de resultados de Demanda de Agua y Disposición a Pago para los sectores minero, sanitario y agrícola

### CONSULTA Y VALIDACIÓN RESULTADOS DEMANDA DE AGUA Y DISPOSICIÓN A PAGO Expertos locales

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"

- **Disposición a pagar**

En un escenario hipotético en que el sector minero contara con acceso a agua de calidad, fruto de trasvases provenientes de cuencas de la zona centro-sur y sur, y con un suministro seguro del recurso, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar el sector por metro cúbico?

A partir de diferentes estudios se ha identificado como disposición a pagar un valor de US\$5,1<sup>89</sup> el m<sup>3</sup> de agua sería lo dispuesto a pagar por el sector minero. ¿Es un valor coherente con sus estimaciones o con los datos que manejan?

- **Proyecciones**

En la actualidad, de acuerdo a las estimaciones realizadas en este estudio, el sector minero tiene una demanda permanente por agua dulce que alcanza los 7.793 L/s, considerando el territorio comprendido entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Valparaíso.

Teniendo estos antecedentes, el estudio ha proyectado la demanda futura de agua **dulce** de este sector en este territorio, considerando los siguientes alcances:

- Se mantiene la misma cartera de proyectos.
- Se asume todos los proyectos consumen agua dulce (se utilizan consumos unitarios existentes para el uso de agua continental)
- Se mantiene la misma ley del mineral reportada a 2017
- Se proyecta en función en la producción histórica 2000-2017 (proyección simple utilizando serie de tiempo)
- Se considera la tasa unitaria (m<sup>3</sup>/ton de mineral procesado) reportada para el año 2017.

Los resultados, proyectados al año 2050 indican un aumento en la demanda de un 30%, alcanzando un requerimiento permanente de 10.159 L/s, teniendo en consideración a todo el sector minero (no solo al cobre).

En el caso particular de la Región de Atacama, esta demanda sería de 1.112 L/s, lo que representa un 33% de crecimiento

¿Estos resultados le parecen coherentes de acuerdo a sus conocimientos y experiencia? ¿Por qué?

<sup>89</sup> Relacionada con el agua desalada puesta en faena. Agua fresca US\$ 1,6

## CONSULTA Y VALIDACIÓN RESULTADOS DEMANDA DE AGUA Y DISPOSICIÓN A PAGO Expertos locales

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"

- **Disposición a pagar**

En un escenario hipotético en que el sector sanitario contara con acceso a agua de calidad, fruto de trasvases provenientes de cuencas de la zona centro-sur y sur, y con un suministro seguro del recurso, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar el sector por metro cúbico?

- **Proyecciones**

En la actualidad, de acuerdo a la información de la SISS y a las estimaciones realizadas por en el contexto del presente proyecto, el sector sanitario tiene un consumo de agua que alcanzaba, el año 2015, los 314.049 Mm<sup>3</sup>/año (producción de agua potable) considerando el territorio comprendido entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Valparaíso.

Teniendo estos antecedentes, el estudio ha proyectado la demanda futura de agua de este sector y este territorio, considerando como base de esta proyección las tasas de crecimiento población, la proyección del PIB, este último aplicado a los usos no residenciales que se abastecen de agua potable. Los resultados, proyectados al año 2050 indican un aumento en la demanda de un 29%, alcanzando los 444.026 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable producida (Tabla XVIII.11).

**Tabla XVIII.11. Detalle de consumo de agua y producción para año 2015 y 2050**

Región	Consumo Mm <sup>3</sup> /año		Producción en Mm <sup>3</sup> /año	
	2015	2050	2015	2050
Región de Arica y Parinacota	12.926	43.877	19.003	58.589
Región de Tarapacá	21.698	39.280	34.252	49.704
Región de Antofagasta	38.719	56.210	54.001	64.248
Región de Atacama	17.005	20.647	25.558	27.373
Región de Coquimbo	38.496	54.863	55.152	67.348
Región de Valparaíso	108.556	130.578	126.083	176.764
<b>Total</b>	<b>237.400</b>	<b>345.455</b>	<b>314.049</b>	<b>444.026</b>

Fuente: Elaboración propia

¿Estos resultados le parecen estimaciones adecuadas de acuerdo a sus conocimientos y experiencia?  
¿Por qué?



## CONSULTA Y VALIDACIÓN RESULTADOS DEMANDA DE AGUA Y DISPOSICIÓN A PAGO

### Expertos locales

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"

- **Disposición a pagar**

En un escenario hipotético en que el sector agrícola contara con acceso a agua de calidad, fruto de trasvases provenientes de cuencas de la zona centro-sur y sur, y con un suministro seguro del recurso, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar el sector por metro cúbico?

- **Proyecciones**

En la actualidad, basándose en los datos de cultivos proveniente de la ODEPA (censos agropecuarios, catastros frutícolas, entre otros) y de la demanda hídrica del sector (de acuerdo a DGA, 2018<sup>90</sup>), las estimaciones realizadas en el contexto del presente proyecto estiman que el sector agrícola tiene un consumo de agua que alcanzaba, el año 2015, los 151.827 Mm<sup>3</sup>/año, considerando el territorio comprendido entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Valparaíso.

La Región de Atacama en particular, presenta una demanda promedio cercano a los 14 millones de m<sup>3</sup>/año, teniendo sus mayores requerimientos entre los meses de noviembre y febrero con demandas mayores a los 20 millones de m<sup>3</sup>/año

**Tabla 12. Demanda hídrica actual (Mm<sup>3</sup>/año) al año 2015 del sector agrícola por Región**

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. anual
Arica y Parinacota	10.567	9.198	7.579	3.862	3.417	3.019	3.149	3.856	7.099	7.464	11.199	11.768	<b>6.848</b>
Tarapacá	2.380	2.044	1.578	1.055	1.060	974	985	985	1.447	1.494	2.326	2.617	<b>1.579</b>
Antofagasta	7.403	5.971	4.691	1.812	1.721	1.415	1.576	1.864	3.862	3.860	6.797	7.618	<b>4.049</b>
Atacama	27.570	20.388	16.404	8.765	5.774	4.395	4.662	5.905	9.740	11.694	22.827	27.853	<b>13.831</b>
Coquimbo	112.794	83.961	62.067	33.939	21.985	11.285	9.044	21.501	39.786	44.961	93.672	116.188	<b>54.265</b>
Valparaíso	157.432	118.046	90.973	47.516	14.506	0	0	11.189	52.123	60.594	138.280	164.398	<b>71.255</b>

Fuente: Elaboración propia

### **Supuestos**

Teniendo estos antecedentes, el estudio ha proyectado la demanda futura de agua de este sector y este territorio, considerando para esta proyección:

- Los requerimientos de una matriz de cultivos. Para ello:
  - Se seleccionaron cultivos sobre la base de expectativas de mercado (basándose en información de ODEPA) y opinión experta<sup>91</sup>, su adaptabilidad agroclimática a la zona de estudio y representatividad dentro de la matriz agrícola histórica a nivel nacional. Como consecuencia, son cultivos frutícolas los seleccionados: Vid, Nogal, Palto, Limonero, Naranja, Mandarino, Cerezo, Arándano y Olivo.
  - La demanda se estimó considerando las características climáticas del territorio y asumiendo una eficiencia de riego del 85% para toda el área de estudio.

<sup>90</sup> Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile

<sup>91</sup> Marcos Mora, Doctor en Economía de la Empresa Agraria y Alimentaria, Académico Fac. de Cs. Agronómicas, U. de Chile

- Por su parte, la superficie inicial sobre la cual se realizó la proyección se basó en la información de catastros frutícolas de CIREN, en los casos en que los cultivos ya presentaban una superficie cultivada en las regiones consideradas. En aquellos casos en que los cultivos actualmente estuvieran siendo cultivados, se asumió una superficie inicial de 100 ha.
- En cuanto a la tasa de expansión de superficie de cada uno de estos cultivos, se proyectó tomando como base las tasas de crecimiento histórico entre los años 1992 y 2018 en el país. Fue definida bajo un escenario conservador y otro optimista, los cuales se basan en la tasa anual de crecimiento en superficie a nivel nacional, y en la tasa anual de la región más alta en el periodo analizado, respectivamente.
- El emplazamiento de estas hectáreas proyectadas se realizó a partir de las zonas ya ocupadas por la agricultura.
- La superficie final de estos cultivos al 2050 se estableció por las restricciones climáticas y geomorfológicas y de uso de suelo, que imposibilitaran el establecimiento de los cultivos.
- Dado que se trata de una diversidad de cultivos, la proyección de cada uno en la superficie disponible se priorizó de acuerdo a su rentabilidad (VAN y TIR).

La proyección realizada, no consideró posibles cambios de precipitaciones o en la evapotranspiración máxima, que pudiesen presentarse en el contexto de cambio climático.

### Resultados

Los resultados, proyectados indican que las regiones que mayor volumen de agua demandarían a futuro –independiente del escenario proyectado– en orden de importancia serían las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso (ver Tabla 14 y Tabla 129). A pesar de la adición de nueva superficie agrícola en las regiones de Antofagasta, Tarapacá y Arica y Parinacota (Tabla 129), ésta no llega a tener un gran efecto en la demanda hídrica proyectada si se compara con el aporte que harían las regiones de Valparaíso, Coquimbo y Atacama; situación especialmente marcada bajo el escenario optimista.

**Tabla 129. Proyección de hectáreas adicionales para uso agrícola bajo escenarios de crecimiento conservador y optimista, para los años 2030, 2040 y 2050, entre las regiones de Arica y Parinacota y Valparaíso**

Región	Escenario conservador			Escenario optimista		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Arica y Parinacota	9.199	23.814	40.070	51.682	53.698	57.095
Tarapacá	1.205	2.171	4.106	3.886	9.703	26.842
Antofagasta	3.456	7.175	9.920	6.698	25.748	48.543
Atacama	22.503	57.806	95.939	201.162	399.899	403.756
Coquimbo	17.476	30.992	48.838	46.590	103.527	169.196
Valparaíso	72.740	117.576	167.273	116.036	171.463	173.537

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14. Demanda de agua proyectada (en Mm<sup>3</sup>/año y m<sup>3</sup>/s) para el sector agrícola bajo escenarios de crecimiento conservador y optimista, para el año 2050**

Región	Escenario Conservador		Escenario Optimista	
	Mm <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /s	Mm <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /s
Arica y Parinacota	469.091	14,9	638.572	20,2
Tarapacá	74.980	2,4	393.536	12,5
Antofagasta	139.544	4,4	529.771	16,8
Atacama	1.081.665	34,3	4.245.970	134,6
Coquimbo	1.182.392	37,5	2.456.751	77,9
Valparaíso	2.330.395	73,9	2.408.458	76,4

Fuente: Elaboración propia

En relación a la variabilidad que la demanda hídrica experimenta dentro del año, en general e independiente del escenario, las estimaciones muestran que los mayores requerimientos hídricos a 2050 se proyectan para las estaciones de primavera y verano (noviembre y marzo). Este patrón característico describe a todas las regiones del área de estudio a excepción de la Región de Arica y Parinacota cuya demanda se distribuye a través del año de forma más homogénea.

En relación a la distribución espacial de la demanda hídrica, se observa que la mayor presión por recursos hídrico al año 2050 se materializaría, en las zonas ubicadas en general, en las zonas interiores y costeras de las regiones de Atacama, Coquimbo y Valparaíso. Este patrón de distribución no difiere significativamente de la condición actual, dado que la modelación se realizó en torno a las zonas ya cultivadas. En relación a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta la variabilidad espacial de la demanda hídrica que caracteriza al escenario actual se mantiene al año 2050 independiente del escenario proyectado.

Finalmente, importante es señalar el gran aumento de la demanda hídrica en relación a la situación actual en diversas zonas de las distintas regiones al año 2050 y en particular bajo el escenario optimista.

¿Estos resultados le parecen estimaciones adecuadas de acuerdo a sus conocimientos y experiencia?  
¿Por qué?

## XVIII.12. Base de Datos

### XVIII.12.A. Diseño de base de datos

Se diseñó una base de datos relacional cuya función es la de sistematizar la información relativa a Demanda AAC y Oferta Natural, necesaria para estimar la OJ distribuida en el espacio a nivel de UA. Esta base de datos se implementó en un gestor PostgreSQL con extensión PostGIS, el que proporciona la posibilidad de realizar análisis sobre las componentes espaciales y no espaciales de los datos. Este gestor se encuentra montado en un servidor, lo que permite realizar operaciones simultáneas sobre la base de datos.

La base de datos está organizada en distintas tablas, las cuales guardan la información sobre Oferta Natural y Demanda AAC separada por meses y agrupadas a nivel de UA. Adicionalmente, se cuenta con tablas que almacenan los resultados de los análisis realizados para estimar la OJ, separada también por meses y agrupadas por UA.

Una vez implementada, la base de datos se pobló utilizando distintas fuentes de información y realizando consultas de tablas y operaciones espaciales cuando fue necesario para lograr la compatibilización de las distintas fuentes utilizadas.

Los detalles de las fuentes de datos y los procedimientos para incorporarlos a la base de datos se detallan a continuación.

#### *i) Fuentes de información*

Las fuentes de información pertenecen a dos categorías principales: Fuentes que proporcionan datos sobre Oferta Natural y fuentes que proporcionan datos sobre Demanda AAC.

En el caso de la Oferta Natural, la información provino de la modelación hidrológica del caudal en régimen natural por cada UA. Dicha modelación se realizó de forma externa a la base de datos, tal como se describe en el capítulo correspondiente. Los resultados de esta modelación se incorporaron a la base de datos y se asociaron a los mapas de las UA para su posterior análisis.

Con respecto a la Demanda AAC, se buscó representar principalmente la información proveniente del RPDAA y DAA en proceso de regularización provisto por la DGA e información relacionadas con las OU sobre caudales bajo su jurisdicción. De modo de integrar la información de RPDAA y OU, se diseñó la base de datos para ingresar información de coberturas espaciales que permitieran cumplir con este objetivo, como coberturas de canales provistos por la CNR, coberturas de SSC del BNA y coberturas de fuentes (cauces naturales).

Por tanto, se contó con información espacial y no espacial. Para poder conectar la información entre el SIG y la base de datos se utilizaron los programas QGis 3.0 y PgAdmin 4 (PostgreSQL) permitiendo realizar intercambio de datos entre ambas plataformas.

### XVIII.12.B. Poblamiento base de datos

La base de datos fue poblada inicialmente con la información espacial relacionada a las 87 UA que constituyen el pilar de la mayoría de las relaciones realizadas dentro de la base de datos. La principal tarea consistió en el ingreso y distribución espacial de alrededor de 43.500 registros de DAA otorgados y en proceso de regularización, a partir de lo cual se hicieron correcciones de datos y eliminación de duplicados ya mencionadas. Esto fue parte fundamental de la Demanda AAC, pues el poblamiento de la OF fue

relativamente sencillo (caudales medios mensuales diferenciados por distintas probabilidades de excedencia y en distintas UA).

Lo primero fue ingresar todos los DAA que se presentaron en el área de estudio, discriminando por el campo de "cuenca" de una planilla Excel que contenía los datos del RPDAA y expedientes NR. Este ingreso significó el poblamiento de 69 campos de información por cada DAA.

Se procuró distribuir espacialmente los DAA en UA. El procedimiento se basó en discriminar los datos más confiables de los menos confiables, con relación a su ubicación. La primera prioridad para la distribución espacial fue la ubicación por SSC del BNA a la que pertenecían esos derechos.

Se relacionó los nombres de subsubcuenca del RPDAA con una cobertura espacial de SSC del BNA, para llevar los derechos a un polígono conocido. Esta relación se basó en el nombre de la subsubcuenca, entre ambas tablas de información. En los casos donde no se contó con este dato, se utilizaron las coordenadas geográficas (coincidencia espacial del punto con una subsubcuenca) y, de no contar tampoco con ellas, se utilizó la asignación a nivel de cuenca, específicamente en la subsubcuenca relacionada a la desembocadura.

Luego del análisis de subsubcuenca y de coordenadas, algunos derechos quedaron fuera, pues estaban ubicados en lugares donde no había sido modelada la Oferta Natural (UA). Principalmente esta situación se dio en cuencas costeras, donde la coincidencia entre cuencas de la DGA y cuencas modeladas no es buena.

Posteriormente, se procedió a identificar todas las subsubcuencas completamente contenidas dentro de las UA, llevando los DAA desde una asignación espacial de SSC hasta las UA. En el caso de subsubcuenca divididas por UA, se asignaron a una u otra unidad a partir de las coordenadas de cada derecho. En los casos donde no existían coordenadas, los derechos se asignaron a UA aguas abajo, para tener la limitación efectiva de la disponibilidad agua.

Ya teniendo realizada la asignación de derechos a UA, se profundizó el análisis para el caso de los DAA no consuntivos. Como ya se señaló, parte de las cuestiones a considerar en la estimación de la Demanda AAC a nivel de UA, era la condición de los derechos no consuntivos en cuanto a la localización de sus puntos de captación y restitución. A este respecto se constató que más del 99% de estos DAA que poseían coordenadas en su punto de captación y restitución (alrededor del 40% del total) tenían ambos puntos al interior de una misma UA, mientras que, si se analizaba considerando el caudal total de los DAA con coordenadas del punto de captación y restitución, los DAA que captan y restituyen en distintas UA representa el 4% del caudal. Dados estos resultados, se adoptó el supuesto de que los DAA no consuntivos se encontraban tanto con sus puntos de captación y restitución al interior de las UA para efectos del cálculo de la OJ.

#### **XVIII.12.C. Relación entre Unidades de Análisis**

Para poder relacionar cada UA, fue necesario identificar de manera independiente cada una de estas; por lo que a todas las UA se les asignó un único identificador correlativo.

Una vez identificada cada UA, se determinó la relación hidrológica entre estas, para ello se identificaron las unidades que cumplen un rol de aportante hacia otra unidad denominada receptora, utilizando esquemas en base a la hidrografía y la dirección de flujo del lugar para cada cuenca BNA. Esta identificación queda establecida dentro de columnas en una tabla en la base de datos donde se diferencian las UA que están siendo receptoras y las UA que están aportando a esa unidad receptora bajo el nombre de "receptor" y "aportante" para referirse respectivamente a las unidades mencionadas previamente.

Luego, se establecieron niveles para cada UA que representan la cercanía respecto a la desembocadura de la cuenca y los aportes recibidos por otras UA, siendo el nivel 1 la UA que se ubica en la desembocadura

y receptora final de todo el flujo acumulado a lo largo de la cuenca, el nivel 2 por otro lado es la que antecede a la unidad de nivel 1 y por ende es aportante a esta última, el nivel 3 es la unidad aportante a la unidad de nivel 2 y así sucesivamente.

### XVIII.13. Resumen de datos estaciones disponibles en estaciones fluviométricas

Tabla XVIII.131. Resumen de las estaciones fluviométricas de la DGA utilizadas en el estudio y el número de años con datos.

Id UA	Cuenca	Nombre Estación Fluviométrica	Nº Años	Inicio periodo	Fin periodo	Observaciones
23	Biobío	Río Biobío en La Culebra	2	dic-13	mar-16	Sin observaciones
43	Bueno	Río Llolehue en La Unión	4	may-12	mar-16	Sin observaciones
28	Biobío	Río Laja en San Rosendo	5	ene-79	sep-83	Sin observaciones
27	Toltén	Río Toltén en Coipué	5	ene-79	jun-15	Desde abril 1983 a diciembre 2014 no se presentan datos
9	Bueno	Río Rahue Antes Junta río Negro	8	may-08	mar-16	Sin observaciones
44	Bueno	Río Bueno en Bueno	12	feb-02	sep-14	Sin observaciones
42	Valdivia	Río Futa en Tres Chiflones	14	may-02	mar-16	Se presentan 7 meses aislados sin datos
112	Maule	Río Claro en Rauquén	17	ene-99	mar-16	Desde enero de 2010 a abril 2010 sin datos
36	Maule	Río Maule en Armerillo	18	ene-79	mar-16	Se presentan 19 años sin datos, desde octubre 1982 hasta agosto 2001
31	Valdivia	Río Calle-Calle en Balsa San Javier	21	feb-87	may-08	Sin observaciones
10	Toltén	Río Toltén en Teodoro Schmidt	25	feb-91	mar-16	Sin observaciones
57	Biobío	Río Biobío en Coihue	27	nov-83	mar-16	Desde julio 1996 a mayo 2000 sin datos, más 4 meses aislados sin datos
2	Bueno	Río Negro en Chahuilco	28	mar-86	mar-16	Se presentan 24 meses sin datos, 18 de ellos sin datos desde abril 1998 a septiembre 1999
7	Bueno	Río Rahue en Forrahue	29	feb-86	mar-16	Se presentan 19 meses sin datos, nueve de ellos sin datos desde septiembre 2000 a mayo 2001
38	Toltén	Río Mahuidanche en Santa Ana	29	mar-87	mar-16	Se presentan 5 meses aislados sin datos
25	Valdivia	Río Collileufu en Los Lagos	29	feb-87	mar-16	Se presentan 13 meses sin datos, siete de ellos sin datos desde septiembre 1999 a febrero 2000
60	Bueno	Río Damas en Tacamo	30	feb-86	mar-16	Se presentan 2 meses aislados sin datos
37	Maule	Río Cauquenes en desembocadura	30	abr-86	ene-16	Se presentan 9 meses aislados sin datos, siete de ellos sin datos desde julio a diciembre de 2006
30	Valdivia	Río Ñaqué en Máfil	30	jul-86	feb-16	Se presentan 5 meses aislados sin datos
21	Maule	Río Maule en Forel	31	ene-85	mar-16	Se presentan 8 meses aislados sin datos
40	Valdivia	Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue	31	mar-85	mar-16	Se presenta 1 mes sin observaciones
29	Biobío	Río Biobío en desembocadura	34	feb-82	mar-16	Se presentan 11 meses sin datos, nueve de ellos desde septiembre 2010 a mayo 2011
22	Biobío	Río Vergara en Tijeral	37	ene-79	feb-16	Se presentan 7 meses sin datos

Id UA	Cuenca	Nombre Estación Fluviométrica	Nº Años	Inicio periodo	Fin periodo	Observaciones
16	Bueno	Río Pilmaiquén en San Pablo	37	ene-79	mar-16	Se presentan 9 meses aislados sin datos
0	Imperial	Río Cautín en Almagro	37	ene-79	mar-16	Se presentan 11 meses sin datos, siete de ellos sin datos desde abril a septiembre 2015
24	Imperial	Río Cholchol en Cholchol	37	ene-79	mar-16	Se presentan 2 meses aislados sin datos
19	Maule	Río Loncomilla en Las Brisas	37	ene-79	mar-16	Se presentan 5 mese aislados sin datos
20	Maule	Río Perquilauquén en Quella	37	ene-79	mar-16	Se presentan 3 meses aislados sin datos
111	Maule	Río Maule en Longitudinal	37	ene-79	mar-16	Se presentan 25 meses sin datos, 21 de ellos sin datos entre agosto 1979 a abril 1981
26	Toltén	Río Allipén en Los Laureles	37	ene-79	mar-16	Se presentan 9 meses sin datos
61	Toltén	Río Donguil en Gorbea	37	ene-79	mar-16	Se presentan 18 meses sin datos, siete de ellos sin datos desde enero a julio 2015
45	Valdivia	Río Cruces en Rucaco	37	ene-79	mar-16	Se presentan 2 mese aislados sin datos

Fuente: Elaboración propia.



#### XVIII.14. Resultados por secciones de cuenca de adición de caudales susceptibles de ser utilizados en un proyecto de trasvase para distintas probabilidades de excedencia.

Tabla XVIII.132. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 85% en la sección de desembocadura en las cuencas excedentarias estudiadas.

Oferta Jurídica en desembocaduras (m3/s) 85%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
43	Maule	46,9	2,6	0,0	0,0	29,5	220,5	578,5	337,3	207,1	131,8	154,7	120,7
35	Biobío	88,0	22,4	0,0	0,0	282,3	1.051,1	1.083,1	992,9	820,4	507,4	312,9	179,8
27	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,6	226,2	222,8	144,6	0,0	0,0	0,0
21	Toltén	68,7	53,7	35,4	67,9	174,7	466,3	530,5	519,5	452,0	270,6	205,8	107,7
15	Valdivia	63,3	41,1	32,7	68,7	194,5	655,1	640,9	623,7	471,6	208,0	154,1	85,7
13	Bueno	124,4	100,3	89,5	138,6	366,9	849,7	991,4	997,3	696,4	356,4	271,4	172,4
<b>Total</b>		<b>391,2</b>	<b>220,1</b>	<b>157,6</b>	<b>275,2</b>	<b>1.047,8</b>	<b>3.371,4</b>	<b>4.050,7</b>	<b>3.693,6</b>	<b>2.792,0</b>	<b>1.474,3</b>	<b>1.098,8</b>	<b>666,3</b>
Caudal Observado no comprometido aguas abajo en desembocaduras (m3/s) 85%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
42	Maule	30,9	22,7	46,8	98,6	162,8	208,6	240,8	167,9	233,4	149,5	100,9	62,2
34	Biobío	67,7	50,3	81,5	115,8	240,2	693,1	838,3	824,7	795,1	555,2	335,6	171,2
-	Imperial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Toltén	166,5	154,6	150,2	167,1	178,1	559,9	633,7	623,6	553,3	399,5	290,5	201,9
-	Valdivia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Bueno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>265,1</b>	<b>227,6</b>	<b>278,6</b>	<b>381,5</b>	<b>581,1</b>	<b>1.461,7</b>	<b>1.712,8</b>	<b>1.616,1</b>	<b>1.581,8</b>	<b>1.104,2</b>	<b>727,0</b>	<b>435,3</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla XVIII.133. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 50% en la sección de desembocadura en las cuencas excedentarias estudiadas.**

Oferta Jurídica en desembocaduras (m3/s) 50%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
43	Maule	64,0	51,0	26,4	44,7	191,8	780,5	431,1	459,0	272,1	173,5	162,8	201,9
35	Biobío	128,0	91,9	68,7	180,7	416,5	1.060,5	709,6	609,8	430,0	384,0	282,1	218,2
27	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8	291,2	277,4	233,9	143,2	108,5	24,0	0,0
21	Toltén	79,9	76,3	61,0	121,5	170,7	352,5	267,2	242,5	168,0	147,1	97,4	127,7
15	Valdivia	53,5	43,8	47,2	102,5	391,0	442,9	374,4	256,0	201,8	173,5	122,9	121,0
13	Bueno	71,9	62,7	64,6	145,9	477,8	811,8	479,4	359,8	299,1	243,5	192,3	176,6
<b>Total</b>		<b>397,3</b>	<b>325,6</b>	<b>267,9</b>	<b>595,3</b>	<b>1.680,6</b>	<b>3.739,4</b>	<b>2.539,1</b>	<b>2.161,0</b>	<b>1.514,4</b>	<b>1.230,2</b>	<b>881,5</b>	<b>845,4</b>
Caudal Observado no comprometido aguas abajo en desembocaduras (m3/s) 50%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
42	Maule	110,7	67,2	14,9	159,3	294,5	452,9	680,6	515,3	474,0	312,4	248,9	181,5
34	Biobío	166,4	134,9	115,2	275,1	658,8	1.349,7	1.412,4	1.410,7	1.225,3	925,1	596,5	326,9
-	Imperial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Toltén	258,0	216,0	197,8	228,9	323,4	1.011,7	1.060,9	859,9	790,5	588,4	468,4	355,0
-	Valdivia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Bueno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>535,0</b>	<b>418,1</b>	<b>327,8</b>	<b>663,4</b>	<b>1.276,7</b>	<b>2.814,3</b>	<b>3.153,9</b>	<b>2.785,9</b>	<b>2.489,8</b>	<b>1.825,8</b>	<b>1.313,7</b>	<b>863,4</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVIII.134. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 10% en la sección de desembocadura en las cuencas excedentarias estudiadas.

Oferta Jurídica en desembocaduras (m3/s) 10%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
43	Maule	311,1	148,2	101,7	222,7	2.389,4	2.813,4	2.328,3	1.506,5	1.106,9	746,0	468,9	452,6
35	Biobío	372,4	268,9	183,1	665,3	3.020,8	2.375,1	2.042,4	1.755,8	1.239,7	1.107,4	814,9	597,0
27	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	583,9	844,0	804,6	593,3	419,3	399,4	216,9	107,4
21	Toltén	230,9	171,4	176,4	272,6	759,1	770,2	767,6	589,7	376,1	422,9	440,5	364,9
15	Valdivia	205,2	146,7	154,6	392,5	1.165,9	998,1	844,9	746,4	459,0	577,5	365,4	434,9
13	Bueno	302,3	239,2	245,6	594,5	1.378,8	1.486,6	1.217,5	1.038,7	652,6	819,6	568,7	623,1
<b>Total</b>		<b>1.421,9</b>	<b>974,4</b>	<b>861,4</b>	<b>2.147,7</b>	<b>9.297,8</b>	<b>9.287,4</b>	<b>8.005,3</b>	<b>6.230,5</b>	<b>4.253,6</b>	<b>4.072,9</b>	<b>2.875,1</b>	<b>2.579,8</b>
Caudal Observado no comprometido aguas abajo en desembocaduras (m3/s) 10%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
42	Maule	259,9	150,4	176,6	331,3	1.412,2	1.723,3	1.794,4	1.608,8	924,2	617,1	460,5	404,9
34	Biobío	440,2	293,2	273,5	573,3	1.851,2	3.030,4	2.880,8	2.135,4	2.030,2	1.617,4	1.198,0	768,2
-	Imperial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Toltén	372,1	292,0	249,1	344,6	823,6	1.570,9	1.861,0	1.302,6	1.235,0	935,8	801,8	642,1
-	Valdivia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Bueno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>1.072,2</b>	<b>735,6</b>	<b>699,2</b>	<b>1.249,2</b>	<b>4.087,0</b>	<b>6.324,5</b>	<b>6.536,2</b>	<b>5.046,8</b>	<b>4.189,5</b>	<b>3.170,3</b>	<b>2.460,4</b>	<b>1.815,2</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVIII.135. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 85% en la sección de Parte Media en las cuencas excedentarias estudiadas.

Oferta Jurídica en Partes Medias (m3/s) 85%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	231,9	156,5	44,1	0,0	0,0	0,0
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	335,1	306,8	297,6	207,6	23,1	0,0	0,0
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>12,4</b>	<b>387,4</b>	<b>574,3</b>	<b>484,1</b>	<b>251,6</b>	<b>23,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Caudal Observado no comprometido aguas abajo en Partes Medias (m3/s) 85%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	43,6	171,6	99,3	62,5	10,5	0,0	0,0
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	68,1	66,7	30,0	0,0	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	329,9	341,4	329,3	236,4	64,9	27,0	0,0
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>64,3</b>	<b>380,8</b>	<b>581,1</b>	<b>501,2</b>	<b>328,9</b>	<b>75,4</b>	<b>27,0</b>	<b>0,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVIII.136. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 50% en la sección de Parte Media en las cuencas excedentarias estudiadas.

Oferta Jurídica en Partes Medias (m3/s) 50%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	306,0	189,9	160,3	37,1	0,0	0,0	0,0
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	95,0	70,9	38,7	0,0	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	0,0	0,0	0,0	33,3	188,7	269,0	224,7	160,9	130,0	115,7	77,0	35,9
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,4	54,1	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>33,3</b>	<b>188,7</b>	<b>751,3</b>	<b>563,6</b>	<b>422,8</b>	<b>205,8</b>	<b>115,7</b>	<b>77,0</b>	<b>35,9</b>
Caudal Observado no comprometido aguas abajo en Partes Medias (m3/s) 50%													
Nodo	Cuenca	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
39	Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5	339,4	457,3	343,4	222,6	37,8	17,2	0,0
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	169,0	153,3	68,6	3,3	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8	187,8	31,0	44,6	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	22,4	0,0	0,0	14,7	179,2	646,3	583,2	538,9	369,3	195,4	124,7	86,0
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,5	53,6	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>22,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>14,7</b>	<b>252,7</b>	<b>1.316,0</b>	<b>1.450,8</b>	<b>1.123,7</b>	<b>705,1</b>	<b>236,5</b>	<b>141,9</b>	<b>86,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla XVIII.137. Oferta Jurídica (m3/s) y caudal observado no comprometido aguas abajo (m3/s) para una probabilidad de excedencia del 10% en la sección de Parte Media en las cuencas excedentarias estudiadas.**

<b>Oferta Jurídica en Partes Medias (m3/s) 10%</b>													
<b>Nodo</b>	<b>Cuenca</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
39	Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	984,9	1.395,2	1.011,3	614,0	411,1	183,7	0,0	0,0
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	86,1	277,6	281,0	199,8	130,3	75,0	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	83,4	47,0	46,2	203,2	746,6	607,4	508,2	470,3	295,8	393,8	237,4	209,7
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	0,0	138,5	268,9	220,1	195,1	53,3	35,8	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>83,4</b>	<b>47,0</b>	<b>46,2</b>	<b>203,2</b>	<b>1.956,1</b>	<b>2.549,1</b>	<b>2.025,7</b>	<b>1.479,2</b>	<b>890,5</b>	<b>688,3</b>	<b>237,4</b>	<b>209,7</b>
<b>Caudal Observado no comprometido aguas abajo en Partes Medias (m3/s) 10%</b>													
<b>Nodo</b>	<b>Cuenca</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
39	Maule	0,0	0,0	0,0	43,5	1.007,9	1.242,6	991,9	750,0	722,7	309,0	112,5	57,3
32	Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	38,2	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Imperial	0,0	0,0	0,0	0,0	133,4	366,4	387,2	291,8	174,2	86,4	0,0	0,0
24	Toltén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,0	450,7	242,6	226,5	0,0	0,0	0,0
17	Valdivia	151,2	66,8	41,8	268,1	506,0	1.048,6	1.041,3	759,5	533,6	402,5	330,2	349,7
10	Bueno	0,0	0,0	0,0	2,4	116,7	206,6	195,5	152,7	22,9	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>		<b>151,2</b>	<b>66,8</b>	<b>41,8</b>	<b>314,0</b>	<b>1.769,7</b>	<b>3.164,4</b>	<b>3.094,4</b>	<b>2.196,6</b>	<b>1.679,9</b>	<b>797,9</b>	<b>442,7</b>	<b>407,0</b>

Fuente: Elaboración propia.

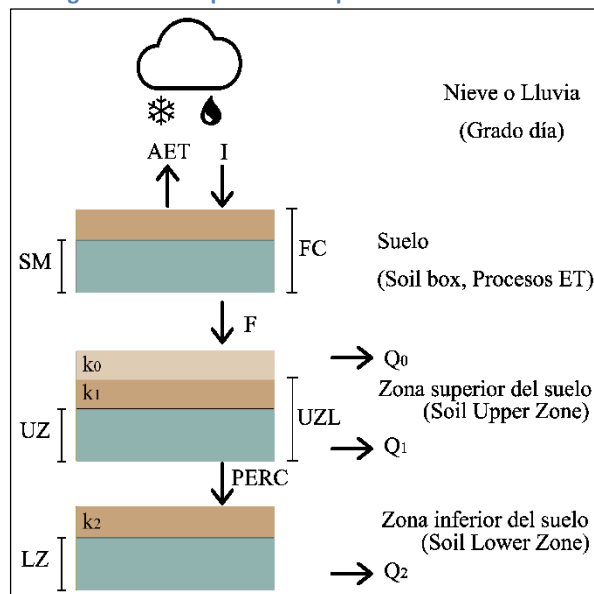
## XIX. ANEXOS

### XIX.1. Modelo hidrológico HBV

En el presente anexo se describe el esquema del modelo HBV, así como sus ecuaciones de balance de masa y estimación de flujos de agua en sus distintas fases/componentes.

#### XIX.1.A. Esquema del modelo.

Figura XIX.1. Esquema conceptual del modelo HBV.



#### XIX.1.B. Ecuaciones del modelo.

El modelo requiere como *inputs* la precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial, todas a nivel diario. Los cálculos se realizan por separado en rutinas que modelan distintos procesos físicos.

##### i) Rutina de nieve:

###### Ecuación XIX.1.

$$M(t) = CFMAX \cdot (T(t) - TT)$$

###### Ecuación XIX.2.

$$R(t) = CFR \cdot CFMAX \cdot (TT - T(t))$$

Donde:

- $M(t) \left[ \frac{mm}{día} \right]$ : Derretimiento de nieve en el día  $t$ .
- $R(t) \left[ \frac{mm}{día} \right]$ : Recongelamiento de agua en el manto de nieve en el día  $t$ .
- $T(t) [^{\circ}C]$ : Temperatura media del día  $t$ .

### ii) Rutina de suelo.

#### Ecuación XIX.3.

$$\frac{F(t)}{I(t)} = \left( \frac{SM(t)}{FC} \right)^\beta$$

#### Ecuación XIX.4.

$$ET_{act}(t) = ET_{pot}(t) \cdot \min\left(\frac{SM(t)}{FC \cdot LP}, 1\right)$$

Donde:

- $I(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Agua que ingresa al suelo (suma de precipitación líquida y deshielo) el día  $t$ .
- $F(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Fracción de  $I(t)$  que va directamente al agua subterránea.
- $SM(t)$   $[mm]$ : Contenido de agua en el suelo (soil box) en el día  $t$ .
- $ET_{pot}(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Evapotranspiración potencial, que es ingresada al modelo como input.
- $ET_{act}(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Evapotranspiración real, que puede ser igual a la potencial dependiendo del grado de saturación del suelo.

### iii) Rutina de respuesta.

#### Ecuación XIX.5.

$$Q_{GW}(t) = K_2 \cdot LZ(t) + K_1 \cdot UZ(t) + K_0 \cdot \max(UZ(t) - UZL, 0)$$

Donde:

- $Q_{GW}(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Caudal de salida de las capas de agua subterránea el día  $t$ .
- $LZ(t)$   $[mm]$ : Contenido de agua en la capa inferior de agua subterránea (lower zone).
- $UZ(t)$   $[mm]$ : Contenido de agua en la capa superior de agua subterránea (upper zone).

### iv) Rutina de "ruteo".

#### Ecuación XIX.6.

$$Q_{sim}(t) = \sum_{i=1}^{MAXBAS} c(i) \cdot Q_{GW}(t - i + 1)$$

#### Ecuación XIX.7.

$$c(i) = \int_{i-1}^i \frac{2}{MAXBAS} - \left| u - \frac{MAXBAS}{2} \right| \cdot \frac{4}{MAXBAS^2} du$$

Donde:

- $Q_{sim}(t)$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Caudal de salida de la cuenca simulado por el modelo el día  $t$ .



### v) Correcciones de forzantes por altura.

Se deben considerar cuando se desean incorporar bandas de elevación en la modelación.

Ecuación XIX.8.

$$Pp(h) = Pp_0 \cdot \left(1 + \frac{PCALT \cdot (h - h_0)}{10000}\right)$$

Ecuación XIX.9.

$$T(h) = T_0 - \frac{TCALT \cdot (h - h_0)}{100}$$

Donde:

- $Pp_0 \left[\frac{mm}{día}\right]$ : Precipitación diaria, ingresada como input, asociada a la altura de referencia  $h_0$ .
- $T_0 [°C]$ : Temperatura media diaria, ingresada como input, asociada a la altura de referencia  $h_0$ .
- $Pp(h) \left[\frac{mm}{día}\right]$ : Precipitación diaria corregida a la altura  $h$ .
- $T(h) \left[\frac{mm}{día}\right]$ : Temperatura diaria corregida a la altura  $h$ .

### vi) Corrección de ET potencial mensual por diferencias de temperatura.

Se debe considerar cuando la evapotranspiración potencial incorporada al modelo se encuentra a nivel mensual, por lo tanto, esta debe ser corregida en función de la diferencia entre la temperatura diaria y la media de cada mes.

Ecuación XIX.10.

$$E_{pot}(t) = E_{pot,M} \cdot (1 + C_{ET} \cdot (T(t) - T_M))$$

$$\text{sujeto a: } 0 \leq E_{pot}(t) \leq 2 \cdot E_{pot,M}$$

Donde:

- $E_{pot} \left[\frac{mm}{día}\right]$ : Evapotranspiración potencial para el día  $t$  corregida.
- $E_{pot,M}$ : Evapotranspiración potencial media de largo plazo, para el mes  $M$ .
- $T_M [°C]$ : Temperatura media del mes  $M$ .

#### XIX.1.C. Parámetros del modelo.

$TT [°C]$ : Temperatura umbral, que separa la precipitación líquida de la sólida.

$SFCF [-]$ : Factor de corrección para la precipitación sólida. Se aplica a la precipitación cuando la temperatura es menor que  $TT$  y pretende compensar errores en la estimación de la precipitación y simular las pérdidas por sublimación del manto nival, las cuales no se modelan explícitamente.

$CFMAX [-]$ : Coeficiente del método grado-día para la estimación del derretimiento.

$CFR [-]$ : Coeficiente para la estimación del recongelamiento en el manto.

$CWH [-]$ : Fracción del SWE que determina la retención de agua (precipitación líquida más derretimiento) en el manto.

$FC$  [mm]: Máxima capacidad de almacenamiento en el suelo.

$\beta$  [-]: Parámetro del modelo para la separación de los flujos hacia el suelo y el acuífero.

$LP$  [-]: Grado de saturación mínimo del suelo a partir del cual la evapotranspiración real es igual a la potencial.

$PERC$   $\left[\frac{mm}{día}\right]$ : Tasa de percolación máxima desde la capa superior del acuífero hacia la inferior.

$UZL$  [mm]: Contenido de agua límite en el estanque superior del acuífero, a partir del cual el estanque superior comienza a aportar al escurrimiento.

$K_2$   $\left[\frac{1}{día}\right]$ : Permeabilidad del estanque inferior del acuífero.

$K_1$   $\left[\frac{1}{día}\right]$ : Permeabilidad del estanque superior del acuífero.

$K_0$   $\left[\frac{1}{día}\right]$ : Permeabilidad del primer estanque del acuífero, el cual sólo aporta cuando se supera el valor límite del contenido de agua en el estanque superior ( $UZ > UZL$ )

$MAXBAS$  [-]: Parámetro utilizado para transformar la escorrentía generada en caudal de salida (lag).

$PCALT$   $\left[\frac{\%}{100m}\right]$ : Gradiente altitudinal de precipitación, para corrección por bandas de elevación.

$TCALT$   $\left[\frac{°C}{100m}\right]$ : Gradiente altitudinal de temperatura, para corrección por bandas de elevación.

$C_{ET}$   $\left[\frac{1}{°C}\right]$ : Factor de corrección para la evapotranspiración potencial media mensual.