

**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

# **PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO IMPERIAL**

**INFORME FINAL**

**REALIZADO POR:**

Ingeniería y Gestión Ambiental Enlaces SpA

**S.I.T. N° 475**

**Santiago, Julio 2021**

## **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

Ministro de Obras Públicas  
Ingeniero Civil Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas (S)  
Ingeniero Civil mención Hidráulica, Sanitaria y Ambiental Cristián Núñez Riveros

Jefe División de Estudios y Planificación  
Ingeniero Civil Mauricio Lorca Miranda

Inspector Fiscal  
Ingeniero Civil, Álvaro Maurín Zepeda

Inspectora Fiscal Subrogante  
Constructora Civil, Cecilia Roa Espinoza

### **INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL ENLACES SPA**

Jefa de Proyecto  
Ingeniera Civil Hidráulica, María Angélica Alegría Calvo

Profesionales Equipo Especialistas

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Pía Carolina García Peña

Ingeniera Civil Hidráulica, Camila Francisca Vega Alvarado

Ingeniero Civil Hidráulico, Maximiliano Arriagada Ulloa

Ingeniero Civil Agrícola, David Osvaldo Pávez Pávez

Antropólogo, Felipe Arturo Maturana Díaz

Geógrafo, Javier Ignacio Fuentes Torrejón

Geólogo, Mauricio Claría Hofer

Ingeniero en Recursos Naturales, Yuri Alejandro Castillo Ávalos

Ingeniero Civil, Juan Carlos Salgado González

Ingeniero Civil (e), Felipe Alberto Durán Burnier

Ingeniera Civil, María Alejandra Isamit Faure

## Contenido

Capítulo 1. Introducción y Objetivos del Estudio .....	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Algunas consideraciones sobre la gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuencas.....	17
1.3 Objetivos .....	18
1.3.1 Objetivo General.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos .....	18
Capítulo 2. Caracterización de la cuenca .....	20
2.1 Dimensión Física y Económica .....	20
2.1.1 Descripción de la cuenca.....	20
2.1.2 Geomorfología.....	23
2.1.3 Geología .....	26
2.1.4 Suelos .....	28
2.1.5 Drenaje .....	31
2.1.6 División Político Administrativa .....	33
2.1.7 Actividad Económica.....	35
2.2 Clima .....	36
2.2.1 Caracterización climática.....	36
2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática .....	40
2.2.2.1 Precipitaciones máximas en 24 horas .....	42
2.2.3 Escenarios de cambio climático.....	46
2.2.3.1 Aspectos generales .....	46
2.2.3.2 Situación en la cuenca .....	47
2.3 Dimensión Ambiental.....	48
2.3.1 Sistemas ecológicos .....	48
2.3.2 Áreas protegidas o prioritarias de conservación .....	50
2.3.3 Estado del medio ambiente .....	52

2.3.3.1	Revisión SEA	52
2.3.3.2	Repositorio de pertinencias	55
2.3.3.3	Revisión del SNIFA, SMA	55
2.3.4	Sistematización de conflictos ambientales y demandas por daño ambiental	59
2.3.5	Fuentes emisoras DS 90/2000 y DS 46/2003 .....	61
2.4	Infraestructura .....	64
2.4.1	Obras Hidráulicas.....	64
2.4.1.1	Embalses y centrales hidroeléctricas	64
2.4.1.2	Hidroelectricidad	65
2.4.1.3	Infraestructura de riego	66
2.4.2	Red Hidrométrica .....	73
2.4.2.1	Diagnóstico de la red Hidrométrica	78
2.4.3	Red de calidad.....	81
2.5	Nuevas Fuentes Existentes.....	84
2.5.1	Recarga de acuíferos .....	84
2.6	Gobernanza del agua a nivel de cuenca .....	84
2.6.1	Mapa de actores .....	90
2.6.1.1	Actores sociales clave en la cuenca del Río Imperial	92
2.6.1.2	Matriz Interés-Influencia	101
2.6.1.3	Análisis de redes	104
2.6.2	Síntesis de reuniones PAC.....	108
2.6.3	Brechas determinadas a partir de las actividades PAC.....	119
2.6.4	Brechas de Coordinación.....	120
2.6.5	Brechas de información .....	121
Capítulo 3. Demanda física y legal de recursos hídricos para diferentes usos .....		123
3.1	Uso Humano .....	123
3.1.1	Demografía .....	123
3.1.1.1	Superficie total de la cuenca	123
3.1.1.2	Cantidad de habitantes en la cuenca	124
3.1.1.3	Cantidad de habitantes rurales y urbanos	125

3.1.1.4	Crecimiento Intercensal	127
3.1.1.5	Densidad poblacional	127
3.1.2	Agua potable urbana, actual y proyectada.....	127
3.1.3	Agua potable rural, actual y proyectada.....	130
3.1.4	Derechos de agua para uso humano.....	133
3.2	Derechos de agua para el medio ambiente.....	135
3.2.1	Caudal ecológico.....	135
3.2.2	Reservas ambientales.....	138
3.3	Demanda agrícola.....	138
3.4	Demanda industrial.....	139
3.4.1	Demanda del sector industrial.....	139
3.5	Otras demandas.....	139
3.5.1	Demanda del sector pecuario.....	139
3.5.2	Demanda energía.....	140
3.5.3	Demanda por uso turístico.....	141
3.5.4	Demanda para uso minero.....	141
3.6	Mercado del agua.....	141
3.6.1	Transacciones CBR con jurisdicción en la cuenca.....	141
3.6.2	Renuncias de Derechos de Aprovechamiento de Agua.....	149
3.6.3	Pago de Patentes por no uso.....	156
Capítulo 4.	Oferta Hídrica.....	159
4.1	Agua superficial.....	159
4.1.1	Fuentes superficiales.....	159
4.1.1.1	Disponibilidad Hídrica	159
4.1.1.2	Restricciones de uso sobre fuentes superficiales	170
4.1.2	Oferta en la fuente.....	170
4.1.3	Calidad del agua superficial.....	174
4.1.3.1	Red de monitoreo	174

4.1.3.2	Análisis por subcuenca DGA	174
4.1.3.3	Conclusiones del análisis de calidad de aguas superficiales	183
4.2	Agua subterránea .....	184
4.2.1	Fuentes subterráneas .....	184
4.2.1.1	Identificación de fuentes	184
4.2.1.2	División administrativa	186
4.2.1.3	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas	188
4.2.2	Stock, recarga y niveles.....	188
4.2.3	Calidad del agua subterránea .....	188
4.2.3.1	Revisión bibliográfica	189
4.2.3.2	Conclusiones y recomendaciones	196
Capítulo 5. Balance de agua .....		197
5.1	Modelo de simulación .....	197
5.2	Interacción Modelo Superficial y Subterráneo .....	197
5.2.1	Esquema de Interacción.....	197
5.2.2	Recargas Estimadas por Modelo Superficial .....	198
5.3	Modelo de Aguas Subterráneas.....	198
5.3.1	Sustentabilidad en los acuíferos.....	199
5.4	Escenarios de Modelación.....	200
5.4.1	Usos analizados e Indicador "Satisfacción de la Demanda" (SD).....	200
5.4.2	Período Histórico (Caso Base).....	201
5.4.2.1	Descripción	201
5.4.2.2	Resultados Modelo Superficial	201
5.4.2.2.1	Satisfacción de la Demanda	201
5.4.2.3	Resultados Modelo Subterráneo	204
5.4.3	Escenario 0: Cambio Climático.....	204
5.4.3.1	Descripción	204
5.4.3.2	Proyección de la demanda futura	205
5.4.3.2.1	Usos proyectados	205
5.4.3.2.2	Riego	205
5.4.3.2.3	Agua Potable Urbana	208

5.4.3.3	Resultados Modelo Superficial	209
5.4.3.4	Resultados Modelo Subterráneo	211
5.4.4	Escenarios de Gestión Específicos .....	212
5.4.4.1	Presentación de Escenarios	212
5.4.4.1.1	Descripción	212
5.4.4.1.2	Escenario 1	212
5.4.4.1.3	Escenario 2	213
5.4.4.1.4	Escenario 3	217
5.4.4.2	Resultados Escenarios de Gestión Modelo Superficial	218
5.4.4.3	Resultados Modelo Subterráneo	227
5.5	Brechas de modelación .....	231
5.5.1	Aguas superficiales .....	231
5.5.2	Aguas subterráneas .....	233
Capítulo 6. Acciones.....		236
6.1	Generalidades .....	236
6.2	Sobre acciones de Gobernanza .....	236
6.2.1	Normativa sobre las aguas .....	237
6.2.2	Caudal ecológico mínimo y caudal ambiental .....	237
6.2.3	Enfoque y transversalización de género .....	240
6.2.4	Generación de capacidades y competencias.....	241
6.2.5	Actualización conjunta de la modelación cuando hay interacción entre sectores acuíferos.....	241
6.3	Iniciativas .....	242
Capítulo 7. Cartera de Iniciativas Propuestas.....		248
7.1	Síntesis de la selección de alternativas .....	248
7.2	Evaluación de las medidas .....	248
7.2.1	Evaluación económica.....	248
7.2.2	Evaluación social.....	254
7.2.3	Evaluación ambiental.....	262

7.2.4	Priorización de las medidas según línea de acción .....	265
7.3	Valorización Económica del plan de gestión .....	271
7.3.1	Acciones ejecutadas por DGA .....	272
7.3.2	Acciones ejecutadas por otras instituciones .....	275
7.3.3	Distribución de costos por actores .....	277
7.4	Cronograma de las soluciones .....	278
Capítulo 8. Implementación del plan .....		283
8.1	Hitos de referencia en la implementación del plan .....	283
8.1.1	Estructura del plan de gestión .....	283
8.1.2	Corto plazo .....	284
8.1.3	Mediano plazo .....	287
8.1.4	Largo plazo .....	291
8.2	Estrategia de implementación.....	293
8.2.1	Aspectos institucionales .....	293
8.2.2	Aspectos de Cultura del Agua .....	294
8.2.3	Aspectos de Financiamiento .....	295
8.2.4	Aspectos Normativos.....	295
8.2.5	Pasos en la Implementación .....	296
8.3	Estrategia de comunicación .....	297
8.3.1	Comunicación y difusión durante el desarrollo del estudio .....	297
8.3.2	Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores .....	298
8.4	Identificación de fuente de financiamiento del Plan.....	301
Capítulo 9. Monitoreo y Evaluación del Plan .....		303
9.1	Plan de monitoreo.....	303
9.1.1	Indicadores de la evaluación de las iniciativas .....	304
9.1.2	Indicadores del PEGH .....	304
9.1.3	Seguimiento del PEGH .....	304

### Figuras

Figura 2-1. Subcuencas en el área de estudio.	2-22
Figura 2-2. Geomorfología regional.	2-23
Figura 2-3. Perfil de elevación regional. Región de la Araucanía.	2-24
Figura 2-4. Geología superficial, cuenca del Río Imperial.	2-27
Figura 2-5. Usos de suelo en la cuenca.	2-30
Figura 2-6. Esquema unifilar Río Imperial.	2-33
Figura 2-7. Tipos de clima cuenca Río Imperial.	2-37
Figura 2-8. Precipitaciones medias mensuales por sector.	2-40
Figura 2-9. Informe de Alerta Meteorológica.	2-41
Figura 2-10. Isoyetas de precipitaciones máximas en 24 horas.	2-43
Figura 2-11. Precipitaciones máximas en 24 horas por año.	2-46
Figura 2-12. Pisos vegetacionales Cuenca Río Imperial.	2-49
Figura 2-13. Áreas de conservación cuenca del Río Imperial.	2-51
Figura 2-14. Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, cuenca del Río Imperial.	2-54
Figura 2-15. Fuentes emisoras a cuerpos de agua superficial (DS90) y subterráneas (DS46).	2-63
Figura 2-16 Alternativas de embalses para parte alta de subcuenca río Cautín.	2-64
Figura 2-17. Principales bocatomas identificadas en la cuenca del Río Imperial.	2-68
Figura 2-18. Ubicación de OUA en la cuenca del río Imperial.	2-70
Figura 2-19. Ubicación de proyectos de riego implementados con la Ley 18.450 de la CNR, en la cuenca del Río Imperial.	2-72
Figura 2-20. Ubicación de las estaciones de observación de niveles subterráneos en Cuenca del Río Imperial.	2-75
Figura 2-21. Ubicación de las estaciones Fluviométricas en Cuenca del Río Imperial.	2-76
Figura 2-22. Ubicación de las estaciones Meteorológicas en Cuenca del Río Imperial.	2-77
Figura 2-23. Polígonos de Thiessen.	2-80
Figura 2-24. Red de Calidad de Aguas Superficiales Cuenca Río Imperial.	2-83
Figura 2-25. Modelo de Integración Multinivel.	2-85
Figura 2-26. Principios y dimensiones en la gobernanza del agua.	2-87

Figura 2-27. Esquema de gobernanza para la cuenca del Río Imperial.	2-89
Figura 2-28. Mapa de actores sociales claves en la gestión del Recurso Hídrico en la cuenca del río Imperial.	2-91
Figura 2-29. Diagrama Influencia / Interés de Actores Sociales Clave en la cuenca del río Imperial.	2-101
Figura 2-30. Diagrama de relaciones de los actores sociales clave en la cuenca del río Imperial.	2-105
Figura 2-31. Diagrama de relaciones técnicas o formales de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.	2-106
Figura 2-32. Diagrama de relaciones colaborativas de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.	2-107
Figura 2-33 Diagrama de relaciones conflictivas de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.	2-108
Figura 2-34. Resumen temático de las problemáticas y acciones expresadas por los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.	2-109
Figura 2-35. Tipología de participantes en la Encuesta On-Line en la cuenca del río Imperial.	2-111
Figura 2-36. Respuestas sobre la forma de gestionar la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-112
Figura 2-37. Respuestas sobre la forma de solucionar la escasez de agua para el consumo humano básico en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-113
Figura 2-38. Respuestas sobre la acción más relevante de ejecutar en relación del cuidado del medio ambiente en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-114
Figura 2-39. Respuestas sobre la acción más relevante de ejecutar en relación a la calidad del agua en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-115
Figura 2-40. Orientación estratégica de la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-116
Figura 2-41. Respuestas sobre las obras más relevantes a ejecutar en relación a la protección y sustentabilidad de la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-117
Figura 2-42. Respuestas sobre la forma de solucionar el tema de los derechos ancestrales de las comunidades indígenas respecto a los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-117
Figura 2-43. Respuestas sobre la relevancia de contar con información técnica acerca de los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-118

Figura 2-44. Respuestas sobre la situación de escasez de agua según las necesidades del encuestado en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).	2-119
Figura 3-1. Porcentajes de población urbana y rural en cuenca río Imperial.	3-126
Figura 3-2. Territorios operacionales en la cuenca.	3-129
Figura 3-3. Sistemas de APR dependientes de la DOH.	3-131
Figura 3-4. Puntos de Control Caudal Ecológico, Cuenca Río Imperial	3-136
Figura 3-5. Evolución de precio [\$] equivalente de 1 l/s.	3-144
Figura 4-1. Caudales medios adimensionales.	4-171
Figura 4-2. Análisis Grafico Temporal - pH- Subcuenca Río Lumaco.	4-176
Figura 4-3. Formaciones hidrogeológicas en la cuenca del río Imperial.	4-185
Figura 4-4. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en la cuenca del Río Imperial.	4-187
Figura 4-5 Distribución espacial de los puntos de muestreo que exceden la normativa de Fe.	4-191
Figura 4-6 Distribución espacial de los puntos de muestreo que exceden la normativa de Mn.	4-192
Figura 4-7 Distribución espacial de los puntos de muestreo para CT excedidos en la zona de estudio.	4-193
Figura 4-8. Zonas potenciales de monitoreo pozos.	4-194
Figura 5-1. Esquema conceptual WEAP	5-198
Figura 5-2: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).	5-203
Figura 5-3. Comparación de Caudales medios mensuales entre Escenario Histórico (04/1990-03/2020) y Escenario Cambio (04/2022-03/2052) Climático Río Traiguén en Victoria	5-205
Figura 5-4. Extrapolación/Interpolación de Superficies de riego a años representativos de los Períodos Histórico (04/1990-03/2020) y Futuro (04/2022-03/2052)	5-207
Figura 5-5. Precipitaciones medias mensuales cuenca Imperial. Comparación Período Histórico (04/1990-03/2020) v/s Período Futuro (04/2022-03/2052)	5-208
Figura 5-6: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).	5-210
Figura 5-7: Caudales de Reserva Indígena (promedios mensuales)	5-213
Figura 5-8. Alternativa de embalse para el escenario de gestión 2.	5-215
Figura 5-9: Caudal de entrega mínima Embalse (promedios mensuales)	5-217

Figura 5-10: Oferta hídrica Río Cautín a Embalse v/s Caudal demandado por nuevas ha de riego (promedios mensuales). Período futuro (04/2022 a 03/2052)	5-225
Figura 5-11: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenarios de Gestión.	5-227
Figura 5-12: Variación de almacenamiento, Imperial Bajo	5-229
Figura 5-13: Variación de almacenamiento, Purén	5-229
Figura 5-14: Variación de almacenamiento, Cautín	5-230
Figura 5-15: Variación de almacenamiento, Cholchol	5-230
Figura 5-16: Variación de almacenamiento, ríos Colpi Quillén	5-231
Figura 7-1 Esquema de priorización de iniciativas	7-266
Figura 7-2. Síntesis priorización del Plan de Acción.	7-271
Figura 8-1. Composición de acciones a corto plazo por tipo	8-285
Figura 8-2. Composición de acciones a corto plazo por eje.	8-285
Figura 8-3. Composición de acciones a mediano plazo por tipo	8-287
Figura 8-4. Composición de acciones a mediano plazo por eje.	8-288
Figura 8-5. Composición de acciones a largo plazo por tipo	8-291
Figura 8-6. Composición de acciones a largo plazo por eje.	8-292

## **Tablas**

Tabla 2-1. Usos de Suelo en la Cuenca del Río Imperial	2-29
Tabla 2-2. División Política Administrativa Región de La Araucanía con superficie dentro de la cuenca del Río Imperial.	2-34
Tabla 2-3. Precipitaciones medias mensuales representativas por tipo de clima.	2-39
Tabla 2-4. Precipitaciones máximas en 24 Horas (mm). Cuenca del Río Imperial.	2-44
Tabla 2-5 Componentes del balance hídrico VIC-CSIRO.	2-47
Tabla 2-6. Proyectos por sector productivo SEIA. Cuenca del Río Imperial.	2-52
Tabla 2-7. Pertinencias ingresadas Cuenca del Río Imperial.	2-55
Tabla 2-8. Unidades fiscalizables en la cuenca del Río Imperial.	2-56
Tabla 2-9. Expedientes de fiscalización por rubro productivo.	2-57
Tabla 2-10 Unidades Fiscalizables con sanción por incumplimiento ambiental.	2-58
Tabla 2-11. Unidades Fiscalizables con programa de cumplimiento en curso.	2-59
Tabla 2-12. Total causas ingresadas al 3º Tribunal Ambiental.	2-59
Tabla 2-13. Fuentes emisoras según decreto DS 90/2000 y DS 46/2003.	2-61
Tabla 2-14. Proyectos hidroeléctricos en la cuenca.	2-66

Tabla 2-15. Catastro de grandes obras de conducción.	2-67
Tabla 2-16. Canales principales en la cuenca del Río Imperial y longitud.	2-71
Tabla 2-17. Estaciones hidrométricas identificadas en Mapoteca DGA en la cuenca de estudio.	2-74
Tabla 2-18. Idoneidad por ubicación espacial estaciones Fluviométricas.	2-78
Tabla 2-19. Idoneidad por ubicación espacial estaciones meteorológicas.	2-99
Tabla 2-20. Estaciones de Calidad de Agua por subcuencas del Río Imperial.	2-82
Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.	2-95
Tabla 3-1. Subcuencas dentro de la cuenca río Imperial con sus superficies.	3-124
Tabla 3-2. Subcuencas dentro de la cuenca del río Imperial con sus habitantes estimados.	3-125
Tabla 3-3. Cuenca del río Imperial con su población urbano-rural estimada	3-126
Tabla 3-4. Tasa de crecimiento intercensal en cuenca río Imperial	3-127
Tabla 3-5. Densidad poblacional.	3-127
Tabla 3-6: Territorios Operacionales en la cuenca del Río Imperial	3-128
Tabla 3-7. Demanda proyectada para suplir brecha de potabilización en zonas rurales.	3-130
Tabla 3-8 Demanda de agua potable rural por subcuenca DGA. Miles de m <sup>3</sup> /año.	3-132
Tabla 3-9. Demanda de agua potable rural por subcuenca DGA, este estudio. Miles de m <sup>3</sup> /año.	3-133
Tabla 3-10. Derechos de aprovechamiento asociados a uso humano.	3-134
Tabla 3-11. Caudal Ecológico en puntos de control dentro de la cuenca del río Imperial	3-137
Tabla 3-12. Demanda industrial por subcuenca DGA. Miles de m <sup>3</sup> /año.	3-139
Tabla 3-13. Demanda pecuaria por subcuenca DGA. Miles de m <sup>3</sup> /año.	3-140
Tabla 3-14. Demanda de agua para el sector energético, por subcuenca DGA. Miles de m <sup>3</sup> /año.	3-140
Tabla 3-15. Comunas pertenecientes a la cuenca	3-143
Tabla 3-16. Transacciones en CBR	3-146
Tabla 3-17. Precios (\$) por l/s	3-149
Tabla 3-18. Renuncias a derechos de agua.	3-152
Tabla 3-19. Caudales sujetos a pagos de patente, por tipo de titular	3-156
Tabla 3-20. Listado de procesos de cobranza judicial por no pago de patentes por no uso.	3-158

Tabla 4-1. Sub-subcuencas en la Cuenca de Imperial y derechos otorgados correspondientes.	4-160
Tabla 4-2. Puntos de control para evaluación disponibilidad hídrica. Cuenca Imperial.	4-164
Tabla 4-3. Disponibilidad de caudales cuenca Río Imperial.	4-166
Tabla 4-4 Caudales Medios Mensuales [ $m^3/s$ ].	4-172
Tabla 4-5. Subcuencas y estaciones Subcuenca Río Lumaco.	4-175
Tabla 4-6. Fuentes Emisoras subcuenca Río Lumaco.	4-177
Tabla 4-7. Fuentes Emisoras subcuenca Río Cholchol.	4-179
Tabla 4-8. Fuentes Emisoras subcuenca Río Quepe. Elaboración Propia.	4-180
Tabla 4-9. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en la cuenca del Río Imperial.	4-186
Tabla 4-10. Balance de masa (l/s) para SHACs presentes en el dominio de modelación. Considerando el período histórico abril 1988 – marzo 2020.	4-188
Tabla 4-11. Parámetros físico-químicos catastrados en terreno.	4-189
Tabla 5-1. Satisfacción de la demanda por uso (promedios mensuales, %). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).	5-201
Tabla 5-2. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, $Hm^3$ ). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).	5-203
Tabla 5-3. Proyección superficie de riego Cuenca de Imperial	5-206
Tabla 5-4. Crecimiento poblacional Intercensal Cuenca de Imperial	5-208
Tabla 5-5. Satisfacción de la Demanda por uso (promedios mensuales, %), Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).	5-209
Tabla 5-6. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, $Hm^3$ ). Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).	5-210
Tabla 5-7: Resumen del balance de masa para SHAC presentes en el dominio de modelación, Esc. 0. Considerando el período enero 2016 a marzo 2048.	5-211
Tabla 5-8. Características del embalse modelado en escenario de gestión 2.	5-215
Tabla 5-9. Demanda APR Futuras escenario de gestión 3	5-217
Tabla 5-10. Satisfacción de la demanda por Usos y Escenarios (promedios mensuales, %)	220
Tabla 5-11. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, $Hm^3$ ). Escenarios de Gestión.	5-226
Tabla 5-12: Resumen del balance de masa para SHAC presentes en el dominio de modelación, Esc. 2. Considerando el período enero 2016 a marzo 2048.	5-227

Tabla 6-1. Acciones.	6-243
Tabla 6-2. Origen de las acciones	6-247
Tabla 7-1. Resumen de evaluación económica de iniciativas.	7-250
Tabla 7-2. Resumen evaluación económica por tipología de acciones.	7-254
Tabla 7-3. Evaluación Social de Acciones o Iniciativas en la cuenca del río Imperial.	7-257
Tabla 7-4. Escala de evaluación cualitativa para Evaluación Ambiental	7-263
Tabla 7-5. Evaluación Ambiental de Acciones o Iniciativas	7-264
Tabla 7-6 Resultado de priorización de iniciativas.	7-267
Tabla 7-7. Resumen costos iniciativas DGA.	7-273
Tabla 7-8. Resumen de costos de acciones no ejecutadas por DGA.	7-276
Tabla 7-9. Distribución de costos por actores.	7-278
Tabla 7-10. Cronograma de soluciones	7-279
Tabla 8-1. Acciones por eje y horizonte	8-284
Tabla 8-2. Acciones a corto plazo.	8-286
Tabla 8-3. Acciones a mediano plazo.	8-289
Tabla 8-4. Acciones a largo plazo.	8-292
Tabla 8-5. Estrategia de comunicación según tipo de Actores y Nivel de Participación.	8-300
Tabla 8-6. Distribución de costos según mandante DGA u otros	8-302
Tabla 9-1. Seguimiento PEGH.	9-305

## **Capítulo 1. Introducción y Objetivos del Estudio**

### **1.1 Introducción**

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado de Chile que se encuentra mandatado para planificar el desarrollo de los recursos hídricos en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, promoviendo una adecuada gestión y administración de dicho recurso, todo esto en un marco de sustentabilidad, en el cual se debe conciliar el interés público y la asignación eficiente de los recursos hídricos de sobre cada cuenca para:

- i. Consumo humano.
- ii. Producción de bienes y servicios.
- iii. Conservación del medio ambiente.

En la actualidad, conciliar los aspectos antes mencionados, presenta múltiples complicaciones, lo cual se traduce en numerosos desafíos que deben ser superados, dado el complejo escenario de cambio climático global, del cual Chile no es la excepción.

Variadas predicciones estiman que para la mitad del presente siglo más de la mitad de la población mundial vivirá en áreas con estrés hídrico<sup>1</sup>, en las cuales se extraen volúmenes insostenibles de agua dulce, superficial y subterránea, para suplir la demanda. El estrés hídrico antes mencionado, se produce en la práctica por:

- i. Crecimiento sostenido de la población.
- ii. Desarrollo económico, que se traduce en una competencia por el uso del recurso hídrico.
- iii. Cambio climático, que para Chile se traduce en una disminución en la oferta anual de los recursos hídricos y en la variación estacional de los mismos.

Todo lo anterior se ve reflejado sobre el territorio con:

- i. Incremento en los daños a la población por el aumento en la frecuencia y magnitud de eventos extremos asociados a crecidas.
- ii. Escasez de agua en eventos extremos asociados a períodos secos, que afectan negativamente la seguridad para:

---

<sup>1</sup> <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

- a) Consumo humano.
- b) Sector agrícola.
- c) Sector industrial.
- d) Sector minero.

En la práctica, el principal problema ha radicado en la ineficiente gestión del agua, que hace que su uso actual sea insostenible en el tiempo. Un punto esencial para adaptarse a este complicado escenario es generar una distribución eficiente del agua a los diferentes usuarios (Kiparsky et al., 2016), considerando la variabilidad temporal de los mismos.

Sin embargo, esto en sí, presenta dificultades, ya que la existencia de asimetrías de información y fallas en el actuar del mercado del agua generan incertidumbre sobre los flujos de entrada y salida en las distintas cuencas hidrográficas, e imprecisión en las estimaciones de oferta y demanda hídrica, limitando la planificación, asignación de Derechos, y uso eficiente del agua.

Además, considerando que el sector agrícola es el principal usuario de agua, con extracciones de un 75%, y la minería, centros urbanos, e industria, con el restante 25%, el nivel de competencia entre los usuarios del agua es alto, saturado de conflictos, y con altas presiones y afectaciones sobre el medio ambiente.

Adicionalmente, deben considerarse opciones no convencionales de agua para abastecimiento, como tratamiento de aguas residuales para su reúso en las diversas etapas del sistema productivo, principalmente las derivadas de la agroindustria y los sistemas pecuarios intensivos de producción, para aumentar la disponibilidad de agua con uso beneficioso en los diferentes sectores socioeconómicos de Chile.

Para enfrentar estos desafíos, la unidad de gestión hídrica más adecuada para una planificación estratégica corresponde a la cuenca hidrográfica, debido a que son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan, distribuyen y concentran la oferta del agua que proviene desde las precipitaciones y aportes cordilleranos por deshielos de la reserva nival. A esto, se suma que, debido a sus características físicas el agua dentro de una cuenca genera un alto grado de interrelación e interdependencia entre los ecosistemas, los usos del agua y sus usuarios, por lo que desarrollar planes de gestión hídrica a nivel de cuencas es una acción válida y altamente pertinente para suplir

la demanda de agua con un portafolio de acciones que permitan asegurar su conservación y uso en cantidad y calidad.

A pesar de que la DGA históricamente, ha promovido el desarrollo de instrumentos orientativos e indicativos con fines de planificación hidrológica (planes de cuenca, identificados como “planes directores” o “planes maestros”, en ocasiones a escala regional), estos no han tenido un carácter normativo como tampoco han alcanzado el éxito esperado.

Se requiere de una reestructuración del enfoque de gestión estratégico, a nivel específico de cuencas, que proporcione conocimiento y diagnóstico para formular planes de corto, mediano, y largo plazo, que generen productos reales de acuerdo a las necesidades propias de cada cuenca, con el fin de formular hojas de ruta trazables, desde la perspectiva DGA para hacer frente a los desafíos que enfrenta Chile para la gestión del agua.

En este contexto, la DGA está promoviendo actualmente la elaboración de “Planes Estratégicos de Gestión Hídrica” (PEGH) por cuencas del país. Las modificaciones respecto a los instrumentos de planificación abordados anteriormente apuntan a subsanar los problemas identificados en anteriores estudios, principalmente con la incorporación de modelos hidrológicos operacionales superficiales-subterráneos que aparecen como un apoyo importante en cuanto a la determinación de las disponibilidades de agua en las cuencas y en los acuíferos relacionados. Esta adición pone en valor la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, permitiendo además mantener actualizaciones en el tiempo, aportando escenarios que entregan valor a los tomadores de decisión, y que permitan establecer una visión temporal de la misma.

El resultado esperado para el “Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del río Imperial”, como instrumento rector del recurso hídrico, consiste en un portafolio de acciones con distintos horizontes de tiempo (corto, mediano, y largo plazo) dirigido a los diferentes grupos actores involucrados en dichas cuencas tales como:

- i. Dirección General de Aguas.
- ii. Dirección de Obras Hidráulicas.
- iii. Ministerio de Medioambiente.
- iv. Ministerio de Agricultura.
- v. Ministerio de Energía.
- vi. Ministerio de Minería.

- vii. Gobiernos Regionales.
- viii. Organismos privados, organizaciones de la sociedad civil, colectivos sociales e indígenas, Organizaciones de Usuarios de Aguas, etc.
- ix. Empresas Privadas.

Siendo éstos algunos de los principales actores involucrados en la gestión eficiente del agua y la adaptación de las diversas actividades de desarrollo socioeconómico y medioambiental al cambio climático.

## **1.2 Algunas consideraciones sobre la gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuencas**

Como se señaló en el punto anterior, la DGA promueve la elaboración de estos Planes Estratégicos de Gestión Hídrica en las cuencas del país que corresponden a Planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

Esta Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, de acuerdo con la Global Water Partnership<sup>2</sup>, es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. Busca transformar los sistemas insostenibles de desarrollo y gestión de los recursos hídricos a través de un enfoque intersectorial que abandona el enfoque tradicional y fragmentado de la gestión del agua cuyos resultados han sido nefastos e inadecuados.

Han pasado más de 25 años de dicha formulación en donde a través del tiempo se han integrado aspectos orientados a mejorar dicho proceso, principalmente en el tema de la participación real de los sectores interesados en una cuenca hidrográfica. En el Anexo J 1-1 se ha incluido un análisis más detallado de dicho proceso.

El desarrollo armónico y sostenible de los recursos hídricos en una cuenca, como base de otros sistemas relevantes dentro de ella, requiere de acciones que van desde el ámbito constitucional, legal, normativo y procedimental, partiendo por la consideración de que, y como se ha establecido a nivel mundial, el agua es un bien público y común a todos los seres humanos y como tal debe regularse conforme a las reglas del derecho público (administrativo) y no a las reglas del derecho privado (Código Civil), cómo acontece desde

---

<sup>2</sup> <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-spanish.pdf>

1981 lo que ha generado asimetrías y desviaciones en la gestión del agua que no permiten su adecuada y racional planificación.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

El objetivo general del estudio es proponer un plan estratégico indicativo para la cuenca del río Imperial, para que en su realidad se pueda conocer la oferta y demanda actual del agua, establecer balance hídrico y sus proyecciones a 30 años, diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico, y proponer cartera de acciones DGA y de terceros público-privados, que permitan suplir la demanda de agua y adaptación al cambio climático, con un portafolio de acciones que aseguren su abastecimiento en cantidad y calidad.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos se identifican los siguientes:

- Objetivo 1: Conocer el estado actual de la Cuenca Imperial en cuanto a oferta, demanda, balance de agua (en cuanto a derechos y demandas de agua) y sus respectivas herramientas de cálculo (modelos), control de extracciones, calidad físico-química de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, gobernanza, y red hidrométrica superficial, subterránea, de calidad, de glaciología y de nieves.
- Objetivo 2: Construir y/o actualizar los modelos de simulación hidrológicos, e integrarlos a nivel superficial-subterráneo, de no estarlos, según los estudios que se hayan realizado con anterioridad.
- Objetivo 3: Definir acciones para restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural y urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas.
- Objetivo 4: Diagnosticar el estado de la calidad de aguas de las fuentes superficiales y subterráneas, así como definir acciones para proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el tiempo.
- Objetivo 5: Diagnosticar el estado de la infraestructura hidráulica actual y proponer acciones para mejorar el monitoreo de las aguas de

la cuenca (superficial y subterránea, de montaña y glaciares. Se deberá analizar el estado de funcionamiento, la antigüedad y confiabilidad de los sistemas en general.

- Objetivo 6: Identificar las brechas entre oferta y demanda de agua en distintos escenarios de cambio climático, sequía e inundaciones, estableciendo un portafolio de acciones estratégicas de gestión para reducirlas, generando un caso base y distintos escenarios para la evaluación.
- Objetivo 7: Entregar estrategias para mejorar la toma de decisiones mediante la utilización de modelos operativos de gestión, con escenarios de planificación a corto, mediano y largo plazo, y adaptativos en el tiempo.
- Objetivo 8: Entregar estrategias para promover y revitalizar la alianza público-privada, y así incrementar cualitativamente la inversión requerida en infraestructura e investigación.

## **Capítulo 2. Caracterización de la cuenca**

En el presente capítulo se describen las principales características de la cuenca del río Imperial, tanto a nivel geográfico, como de aspectos político-administrativos, demográficos y relativos a su actividad económica. Asimismo, se recopilan las principales obras de infraestructura en materia hídrica existentes en la cuenca, con el fin de disponer de una visión del estado de inversión actual en diferentes ámbitos (embalses, obras de riego, agua potable, extracciones, red hidrométrica de la DGA).

### **2.1 Dimensión Física y Económica**

#### **2.1.1 Descripción de la cuenca**

La cuenca del río Imperial se ubica dentro de la región de la Araucanía, en ella se encuentran algunos de los centros urbanos más importantes de la región, como son las ciudades de Temuco, Padre Las Casas, Victoria, Purén y Curacautín, entre otras. Además la cuenca está conectada de norte a sur a través de la ruta 5 sur, como eje central de conexión vial, por otra parte existe una red interna de caminos que conecta a Temuco con la costa a Puerto Saavedra por la ruta S-40, la cual pasa por los urbanos de Nueva Imperial y Carahue, la ruta S-51 que comunica a Temuco con Melipeuco en la cordillera de la región hasta el paso internacional Icalma, existen otras rutas que comunican el resto de la cuenca como son:

- i) Ruta 181 CH, la que comunica Victoria – Curacautín – Lonquimay y el paso de Pino Hachado.
- ii) R-86, comunica Victoria – Traiguén – Los Sauces – Angol.
- iii) R-60-P, comunica Contulmo en la región del Biobío con Purén y Los Sauces en la región de la Araucanía.
- iv) S-16, comunica de norte a sur Nueva Imperial con Galvarino, pasando por Cholchol.
- v) R-76-S, comunica Galvarino con Traiguén.

Entre otras muchas rutas existentes en la cuenca.

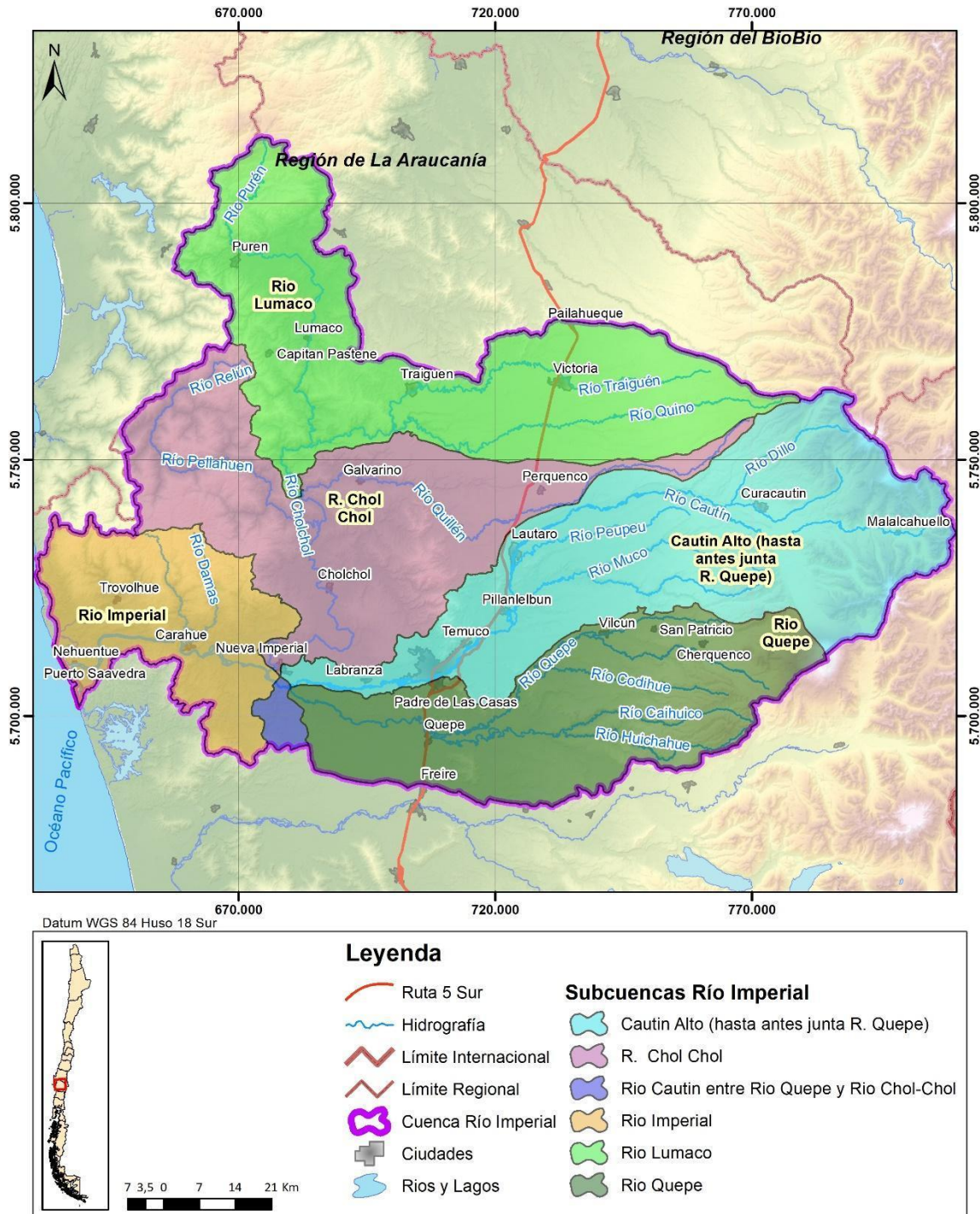
La cuenca abarca una superficie de 12.653 km<sup>2</sup> (cuenca BNA). Es una cuenca del tipo preandina, ya que el drenaje no nace en el cordón divisorio andino.

Los principales cauces presentes en esta cuenca son los ríos Cautín, Quepe, Cholchol, Lumaco e Imperial, conformando 6 subcuencas.

El río Imperial se forma por la unión de los ríos Cholchol que proviene del norte y Cautín que llega del oriente. Su curso es aproximadamente de 55 km y desemboca cerca de Puerto Saavedra.

A continuación, se presentan las 6 subcuencas pertenecientes a la cuenca del río Imperial. En la Figura 2-1 se presenta la distribución espacial de estas subcuencas.

- Subcuenca río Lumaco
- Subcuenca río Cholchol
- Subcuenca Cautín Alto (hasta antes junta río Quepe)
- Subcuenca río Cautín entre río Quepe y río Cholchol
- Subcuenca río Quepe
- Subcuenca río Imperial.

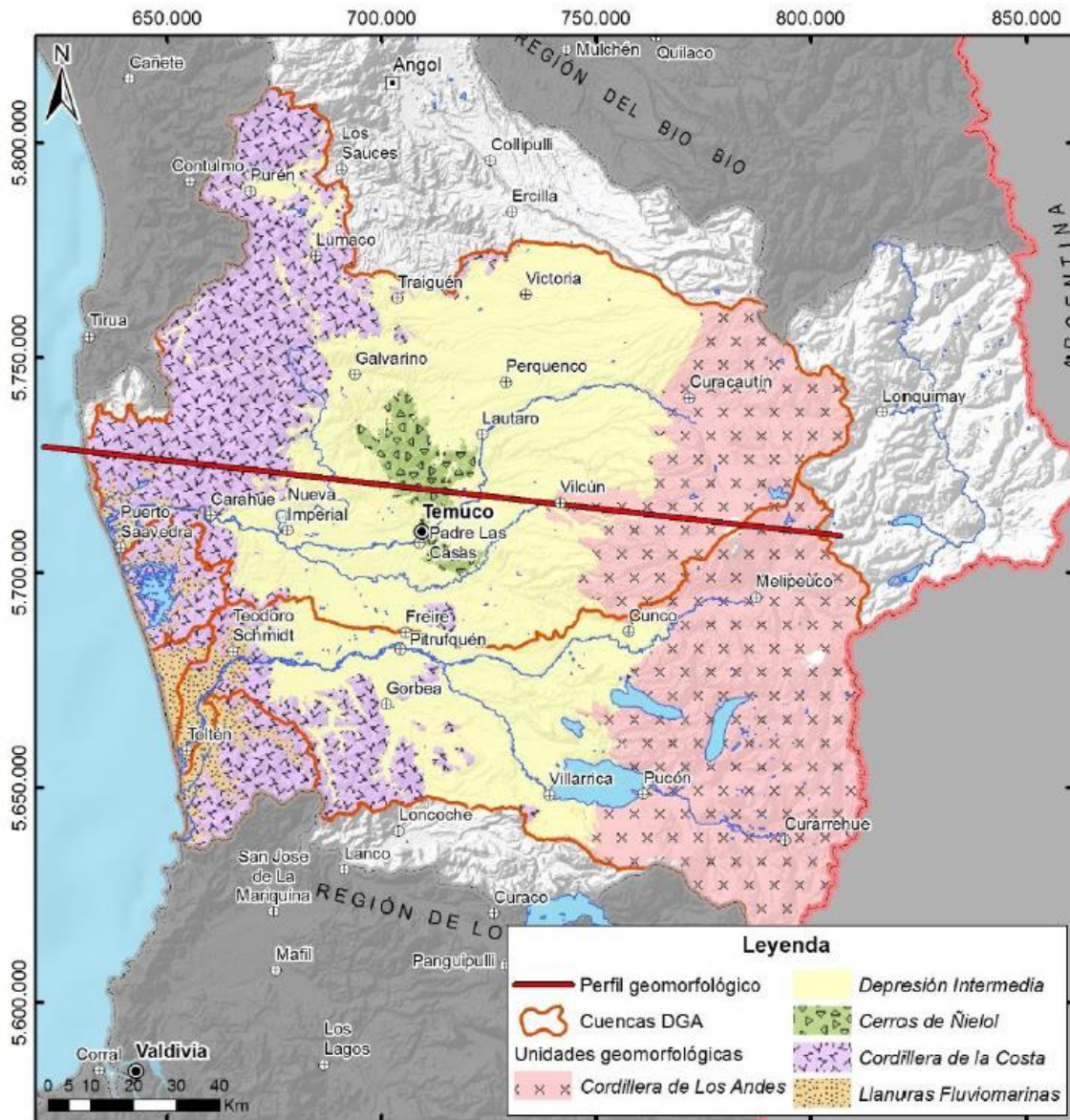


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-1. Subcuencas en el área de estudio.**

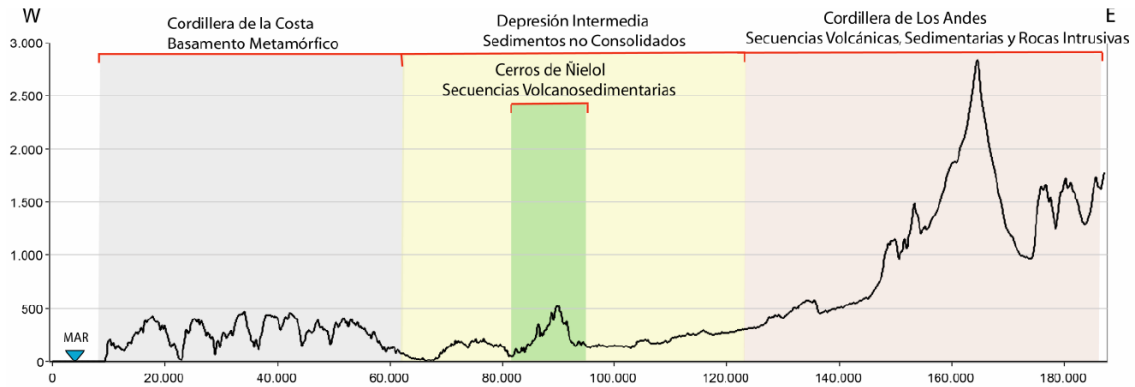
### 2.1.2 Geomorfología

La región de La Araucanía muestra, de este a oeste, las siguientes unidades morfoestructurales: (1) Cordillera de Los Andes; (2) Depresión Intermedia, (3) Cerros de Ñielol; (4) Cordillera de La Costa y 5) Llanuras Fluvio-marinas. La distribución geográfica de estas unidades se presenta en la Figura 2-2 y en un perfil latitudinal en la Figura 2-3.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA 2016b.

**Figura 2-2. Geomorfología regional.**



Fuente: DGA, 2016b.

**Figura 2-3. Perfil de elevación regional. Región de la Araucanía.**

A continuación, se describe cada unidad morfoestructural presente en la región de La Araucanía.

- Cordillera de Los Andes

La Cordillera de Los Andes se emplaza en el sector oriental del área y constituye relieves abruptos, formada por centros volcánicos activos que representan los puntos de mayor elevación topográfica, tales como el volcán Lanín (3.747 msnm), el volcán Llaima (3.124 msnm), el volcán Villarrica (2.847 msnm) y el Volcán Lonquimay (2.822 msnm). Otras cumbres importantes corresponden a Sierra Nevada (2.580 msnm) y el volcán Quetrupillán (2.382 msnm).

En general, la morfología de esta unidad morfoestructural en el área de estudio es el resultado de factores climáticos, junto con el alzamiento tectónico y acción volcánica. Los cordones montañosos se caracterizan por presentar filos, circos y cumbres desmanteladas por la acción del hielo.

Desde la Cordillera de Los Andes nacen algunos importantes tributarios que alimentan a los ríos Imperial y Toltén

- Depresión Intermedia

Este rasgo morfológico consiste en planicies y lomajes cuya cota no supera los 400 msnm. Se ubica entre las Cordilleras de Los Andes y de La Costa y constituye la cuenca con sedimentos terciarios y cuaternarios, provenientes mayormente de la denudación de la Cordillera de Los Andes, por acción glacial y fluvial. Así, esta unidad, se encuentra conformada principalmente, por depósitos de abanicos aluviales y volcanoclásticos. La roca

base de esta cuenca sedimentaria corresponde al basamento Paleozoico. Se estrecha hacia el norte y sur del área de estudio. Se incluye como parte de esta unidad morfoestructural las cuencas intramontanas formadas en la Cordillera de La Costa (e.g. Lumaco).

- Cerros de Ñielol

Corresponde a una unidad topográficamente elevada, de dirección aprox. N-S, que interrumpe la Depresión Intermedia y que se extiende hacia el norte y sur de Temuco. Está conformado principalmente por afloramientos de rocas volcánicas y volcanoclásticas (Oligoceno-Mioceno) que evidencia un arco volcánico secundario al occidente del arco volcánico actual.

- Cordillera de La Costa

Esta unidad morfoestructural presenta una orientación norte-sur, sin embargo, hacia el norte y sur del área de estudio, la Cordillera de La Costa avanza hacia la Depresión Intermedia, angostándola. Se expresa con alturas promedio de 300-400 msnm e incluso con menor altitud en el centro de la región, mimetizándose entre la Depresión Intermedia y las Planicies Litorales. Sin embargo, en la Cordillera de Nahuelbuta que nace al sur del río Biobío y se extiende hasta el río Imperial, alcanza en la región alturas de más de 1.000 msnm. La Cordillera de La Costa está constituida por rocas metamórficas de tipo pizarras micáceas del Paleozoico y en la Cordillera de Nahuelbuta por un batolito granodiorítico.

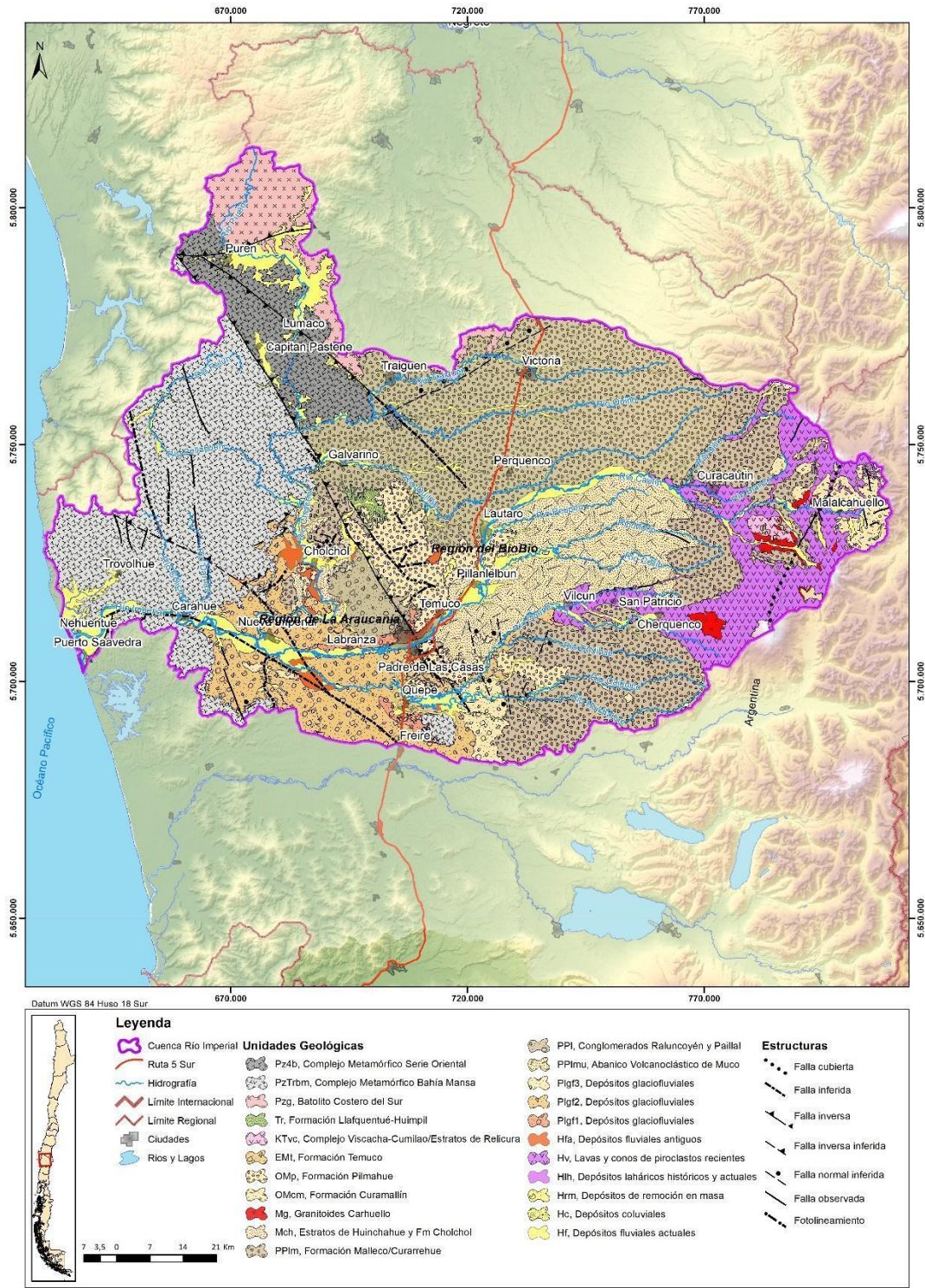
Hacia el sur, en la localidad de Lastarria, se produce una angostura de la Depresión Intermedia dada por el avance de la Cordillera de la Costa hacia la Cordillera de Los Andes. En este punto se caracterizan las cordilleras de Polcura, Mahuidanche y Mitropulli que subdividen las cuencas de los ríos Toltén y Valdivia.

- Llanuras Fluvioamarinas

Corresponde principalmente a los valles de los ríos que desembocan al mar, de los ríos Queule, Toltén e Imperial en donde existe una importante interacción fluvioamarina. También se incluye la depresión conformada por el lago Budi que corresponde a una depresión litoral vinculada a movimientos tectónicos, y que corresponde al nivel base de aguas superficiales y subterráneas, provenientes de la Cordillera de La Costa. La cota de esta unidad morfoestructural es en general, menor a 20 msnm.

### 2.1.3 Geología

La descripción de las unidades geológicas reconocidas de la carta Geológica nacional del SERNAGEOMIN de la cuenca del río Imperial, región de La Araucanía, se muestran en la Figura 2-4 y se describen en el Anexo J8.



Fuente: Elaboración propia a partir de carta geológica nacional, SERNAGEOMIN.

**Figura 2-4. Geología superficial, cuenca del Río Imperial.**

#### 2.1.4 Suelos

En base al "Catastro de usos de suelo y vegetación (2014)" realizado por CONAF, en la cuenca del río Imperial se clasificaron ocho tipos de usos de suelo, estos son:

- Áreas sin Vegetación.
- Áreas Urbanas – Industriales.
- Bosque.
- Cuerpos de Aguas.
- Humedales.
- Nieves y Glaciares.
- Praderas y Matorrales.
- Terrenos Agrícolas.

Para el desarrollo de los distintos usos de suelo y un mejor entendimiento de la realidad de la cuenca los ítems de Bosques y Terrenos Agrícolas se utilizarán sus subcategorías. Para Bosques se dividirá en tres, estos son: Bosques Mixtos, Bosque Nativo y Plantaciones. Por otra parte, el Ítem de Terrenos Agrícolas se dividirá en dos, estos son: Rotación de Cultivo – Pradera y Terrenos de Uso Agrícola.

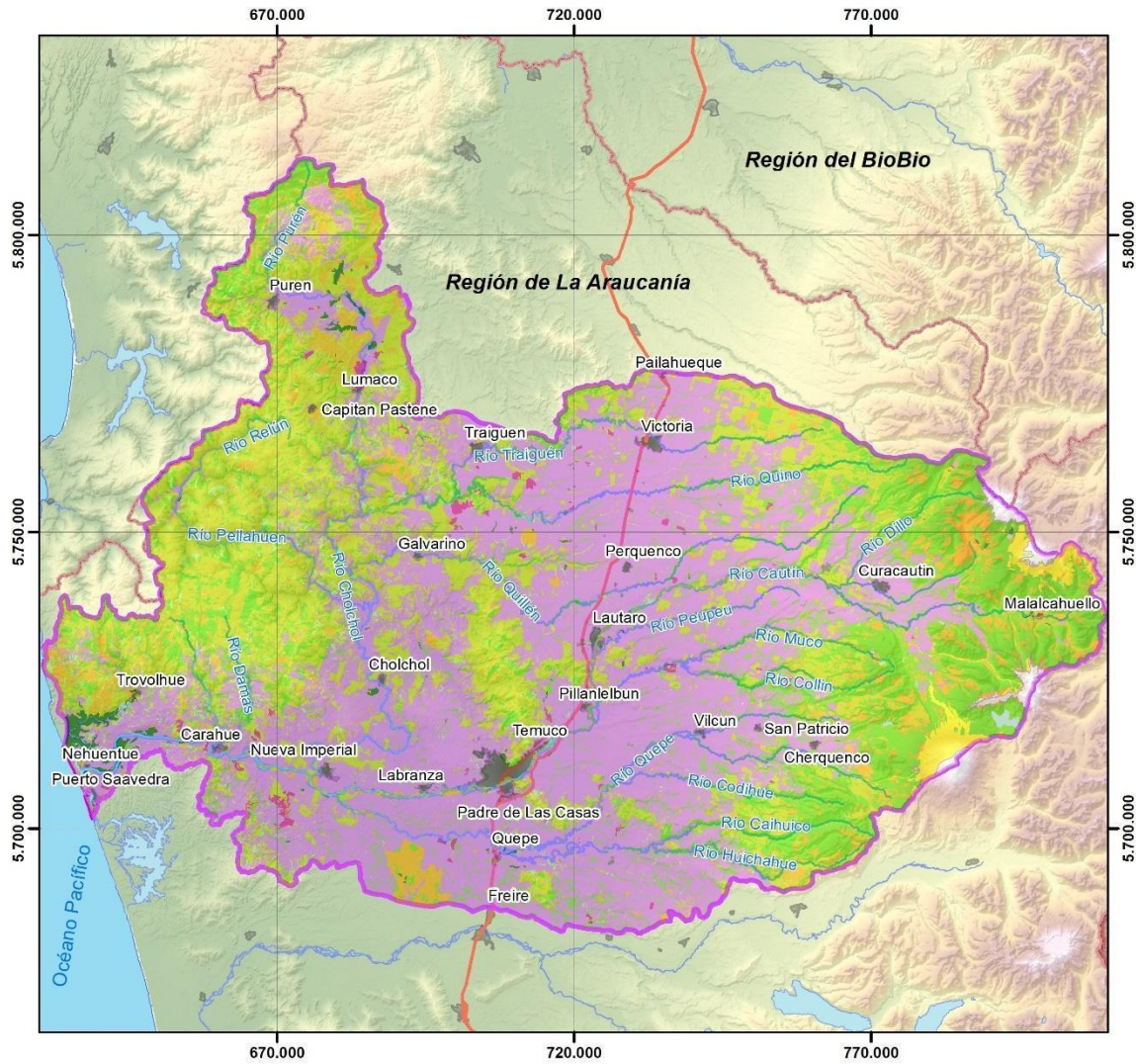
La cuenca del Río Imperial cuenta con una superficie de 1.264.589 Ha (según cálculos de CONAF para los usos de suelo)

En la Tabla 2-1 se muestra la superficie de cada uso en la cuenca del río imperial. En la Figura 2-5 se observa la distribución espacial de los usos de suelo.

**Tabla 2-1. Usos de Suelo en la Cuenca del Río Imperial**

Usos de Suelos	Área Ha	Área %
Áreas Sin Vegetación	13.706	1,1%
Áreas Urbanas-Industriales	9.023	0,7%
Bosque Mixto	22.069	1,7%
Bosque Nativo	253.249	20,0%
Plantaciones	297.842	23,6%
Cuerpos de Agua	5.988	0,5%
Humedales	7.170	0,6%
Nieves y Glaciares	6.142	0,5%
Praderas y Matorrales	85.725	6,8%
Rotación Cultivo-Pradera	557.451	44,1%
Terrenos de Uso Agrícola	6.224	0,5%
<b>TOTAL</b>	<b>1.264.589</b>	

Fuente: CONAF 2014



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 2-5. Usos de suelo en la cuenca.**

Como se aprecia en la Tabla 2-1, el uso de suelo con mayor representatividad en la cuenca del río Imperial son los bosques y los terrenos agrícolas, los bosques representan el 45,3% de la superficie de la cuenca, de estos las plantaciones se encuentran en el 23,6% del territorio, mientras que el bosque Nativo representa el 20%. Por otra parte, los Terrenos Agrícolas representan el 40,6% de la superficie de la cuenca del río Imperial, destacando la Rotación Cultivo – Pradera con un 44,1%.

Estos datos reflejan una amplia industria silvoagropecuaria en la zona destacando por presencia en el territorio, el área agrícola por sobre las plantaciones de bosques.

Los Bosque Nativos representan un porcentaje importante dentro de la superficie de la cuenca, esto debido a la existencia de áreas protegidas en la zona, como son los Parques Nacionales de Nahuelbuta y Conguillio, la Reserva Nacional de Malalcahuello y el Monumento Natural Cerro Ñielol, para más detalles ver acápite 2.3.2.

Por otra parte el uso de praderas y matorrales representa el 6,8% de la cuenca, los otros usos ya pasan a ser porcentajes menores que varían entre 1,1% como son las Áreas Sin Vegetación, las áreas Urbanas – Industriales con el 0,7% y humedales con el 0,6% entre otros.

#### 2.1.5 Drenaje

La cuenca del río Imperial, forma parte de la región de La Araucanía, se desarrolla al occidente de la cuenca alta del río Bío Bío.

El río Imperial se forma cerca de la ciudad de Nueva Imperial, de la junta de los ríos Cautín (desde el oriente) y Cholchol (por el norte).

El río Cautín es el principal afluente del río Imperial, y se conforma de una serie de ríos y esteros, siendo su principal tributario el río Quepe, proveniente por el sur, aproximadamente 4 kilómetros antes de la junta del río Cautín con el Cholchol.

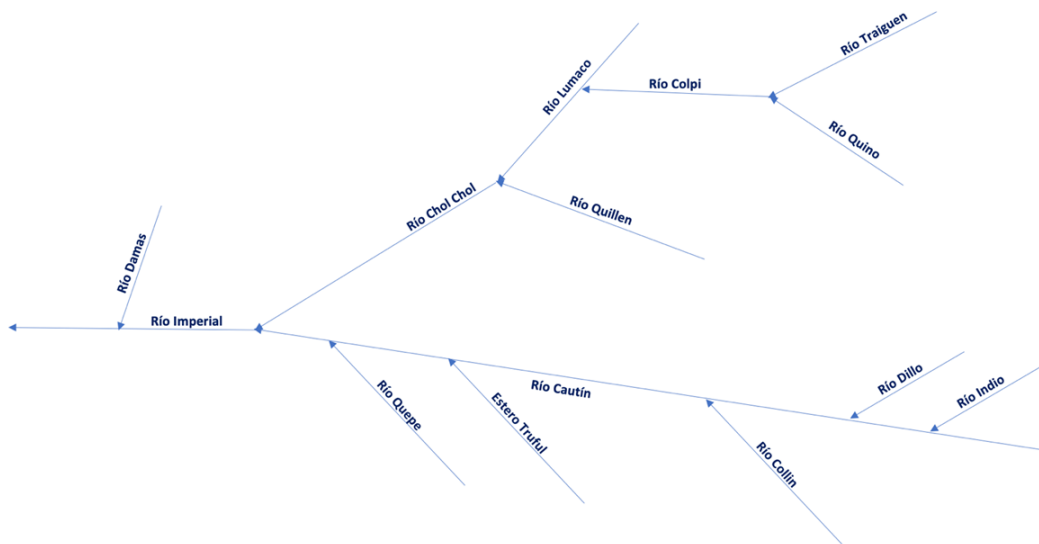
El río Cholchol, se desarrolla al pie de la vertiente oriental de la cordillera de Nahuelbuta, uno de sus principales tributarios corresponde al río Traiguén y aguas abajo recibe las aguas del río Quino, que juntos forman al río Colpi que es uno de los principales que conforman al río Cholchol.

Por otro lado, la DGA ha generado una separación a nivel de subcuenca, las que se describen a continuación:

- Subcuenca Río Lumaco: Esta subcuenca se localiza al norte de la cuenca del río Imperial. El nacimiento del río Lumaco se produce por los aportes provenientes de la Cordillera de Nahuelbuta, principalmente del río Purén, y escurre hacia el sur. En la vertiente oeste de la Cordillera de los Andes nacen los ríos Traiguén y Quino, los cuales confluyen en la Cordillera de la Costa dando origen al río Colpi o Panqueco, el cual, aguas abajo, tributa al río Lumaco.
- Subcuenca Río Cholchol: El río Cholchol recibe afluentes que provienen tanto desde el este, nacientes en la Cordillera de los Andes, como del norte y oeste, nacientes en la Cordillera de la Costa. El río Cholchol nace de la confluencia de los ríos Lumaco (de dirección norte-sur) y Quillén (de dirección este-oeste). Continúa el río Cholchol en dirección sur, para recibir los aportes del río Cautín, el río Cholchol cambia bruscamente de dirección a este-oeste, para finalmente, en Nueva Imperial y junto al río Cautín, dar origen al río Imperial.
- Subcuenca Cautín Alto (hasta antes junta río Quepe: El río Cautín nace en la vertiente este del volcán Lonquimay. Aguas abajo recibe los aportes de otros ríos principales, como ocurre en la Precordillera con los ríos Dillo (al oeste de Curacautín) y Rariruca, de flujo NE-SW, y en la Depresión Intermedia con los ríos Peupeu y Collín. El río Collín nace al norte de las faldas del volcán Llaima y recibe en su transcurso hacia el oeste, el aporte de los ríos Trueno y Muco. Cuando atraviesa la unidad morfoestructural volcanitas de Ñielol-Pilmahue, el río Cautín se desvía de su curso, en dirección sur.
- Subcuenca Río Cautín entre río Quepe y río Cholchol: Al oeste de la unidad morfoestructural volcanitas de Ñielol-Pilmahue, el río recibe el aporte de las aguas del río Quepe, para luego, en Nueva Imperial, unirse al río Cholchol y dar nacimiento al río Imperial.
- Subcuenca Río Quepe: El río Quepe nace de la confluencia de los ríos Calbuco y Lleuque, ambos nacientes de la vertiente occidental del volcán Llaima. Aguas debajo de su recorrido hacia el oeste, revive los aportes del río Vilcún desde el norte y los ríos con flujo SE-NW Codihue y Huichahue, nacientes de la Cordillera de los Andes, y finalmente tributa al río Cautín.

- Subcuenca Río Imperial: El río Imperial nace en la vertiente este de la cordillera de la Costa, en la confluencia de los ríos Cautín proveniente del oriente y Cholchol que llega del norte. Antes de su desembocadura en Puerto Saavedra, el río Imperial es tributado por el río Moncul en Nehuentue, que nace de la laguna Trovolhue y es alimentado por el río Puyanhue, ambos nacientes de la Cordillera de la Costa.

A continuación, se presenta en la Figura 2-6 el esquema unifilar de la cuenca del río Imperial.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-6. Esquema unifilar Río Imperial.**

### 2.1.6 División Político Administrativa

La región de la Araucanía limita al noroeste y norte con la Región del Biobío, al este con la provincia del Neuquén en Argentina, al sur con la Región de Los Ríos y al oeste con el océano Pacífico. Cuenta con una superficie de 31.807 km<sup>2</sup>, una población total de 957.224 Hab (INE, 2017), y una densidad de población de 30.09 Hab/km<sup>2</sup>. La región cuenta con 2 Provincias, Malleco y Cautín. La capital regional es la ciudad de Temuco, con una población de 277.529 habitantes (Conurbación Temuco – Padre Las Casas. INE, 2017) la

cual encabeza también la Provincia de Cautín, la provincia de Malleco por su parte la encabeza la ciudad de Angol con 48.608 habitantes (INE, 2017).

La cuenca del Río Imperial es una cuenca regional, por lo que se presenta en ambas provincias, en Tabla 2-2 se ve el detalle de las comunas de la región por provincia, con su superficie total y la superficie dentro de la cuenca del Río Imperial.

En la tabla siguiente sólo se consideran las comunas pertenecientes a la región de la Araucanía.

**Tabla 2-2. División Política Administrativa Región de La Araucanía con superficie dentro de la cuenca del Río Imperial.**

Región	Provincia	Comuna	Área km2	Área Km2 en cuenca
LA ARAUCANÍA	MALLECO	ANGOL	1.198,93	21,90
		PUREN	463,95	462,40
		LOS SAUCES	847,19	282,59
		RENAICO	265,53	-
		COLLIPULLI	1.305,90	-
		ERCILLA	498,57	96,14
		TRAIGUEN	897,26	558,85
		LUMACO	1.109,95	1.095,13
		VICTORIA	1.261,94	1.242,08
		CURACAUTIN	1.660,12	1.575,38
		LONQUIMAY	3.921,87	3,09
	CAUTIN	PADRE LAS CASAS	402,41	402,41
		TEMUCO	464,09	464,09
		VILCUN	1.416,45	1.409,49
		FREIRE	937,14	508,75
		CUNCO	1.890,77	395,59
		LAUTARO	907,17	907,17
		PERQUENCO	330,57	330,57
GALVARINO	567,46	567,46		

**Tabla 2-2. División Política Administrativa Región de La Araucanía con superficie dentro de la cuenca del Río Imperial.**

Región	Provincia	Comuna	Área km2	Área Km2 en cuenca
		CHOLCHOL	427,41	427,41
		NUEVA IMPERIAL	732,42	720,25
		CARAHUE	1.337,41	1.060,27
		SAAVEDRA	397,20	61,84
		PITRUFQUEN	581,08	-
		GORBEA	689,64	-
		TOLTEN	853,32	-
		LONCOCHE	970,58	-
		VILLARRICA	1.289,33	-
		PUCÓN	1.248,55	-
		MELIPEUCO	1.107,22	49,90
		CURARREHUE	1.170,76	-
		TEODORO SCHMIDT	653,83	3,78

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.7 Actividad Económica

La actividad económica se analiza en mayor detalle dentro del anexo J9.

En resumen, las principales actividades económicas corresponden a la agricultura (sobre la que se ha visto una tecnificación y por lo tanto aumento de la eficiencia en el uso del agua). Por otro lado, en los últimos años ha aumentado la participación de la actividad forestal en la economía regional. Finalmente, el turismo cobra relevancia en torno a los balnearios en Pucón y Villarrica y los parques nacionales asociados.

Lo anterior resulta útil para el plan y fue considerado al momento de formular las acciones, enfocando aquellas que tengan que ver con la actividad económica en lo descrito en el párrafo anterior.

## **2.2 Clima**

### **2.2.1 Caracterización climática**

Con el fin de comprender el comportamiento climático dentro de la cuenca, es que se ha utilizado las definiciones de distritos agroclimáticos (Universidad de Chile, 2017), estos distritos corresponden a territorios climáticamente uniformes, es decir, que presentan comportamientos similares, tanto de distribución de precipitaciones y de temperaturas. Cabe señalar que estos distritos han sido clasificados según una tipología basada en el sistema Köppen.

En la Figura 2-7 se presentan los 11 tipos de climas identificados y en la Tabla 2-3 y la Figura 2-8 se presentan las precipitaciones medias mensuales representativas de cada tipo de clima. En el *Anexo J6* se presenta en detalle la descripción de cada tipo de clima.



**DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS**

- |                        |                     |                   |                  |
|------------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| 6-8-1 COIHUECO         | 7-9-1 CHILLAN       | 8-9-4 LOS LINGUES | 9-2 LONCOCHE     |
| 6-8-2 LAGUNA DEL MAULE | 7-9-2 ANTUCO        | 8-9-5 ANGOL       | 9-10-1 NIEBLA    |
| 7-8-1 CONSTITUCION     | 7-9-3 MALALCAHUELLO | 8-9-6 TRAIQUEN    | 9-11-1 CHAITEN   |
| 7-8-2 EMPEDRADO        | 7-9-4 LONQUIMAY     | 8-10-1 ANTILLANCA | 9-14-1 VALDIVIA  |
| 7-8-3 CAUQUENES        | 8-9-1 CONCEPCION    | 8-11-1 TOLGUACA   | 9-14-2 LOS LAGOS |
| 7-8-4 TALCA            | 8-9-2 CURANILAHUE   | 8-14-1 PUCON      |                  |
| 7-8-5 LINARES          | 8-9-3 NAHUELBUTA    | 9-1 TEMUCO        |                  |

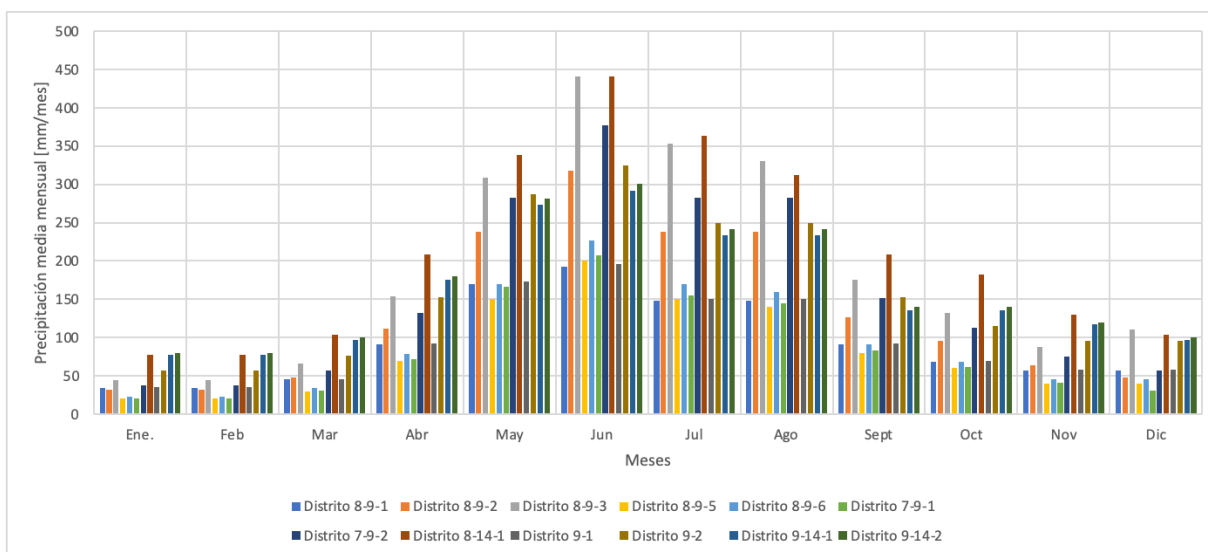
Fuente: Elaboración propia en base a Agrimed, 2017a

**Figura 2-7. Tipos de clima cuenca Río Imperial.**

**Tabla 2-3. Precipitaciones medias mensuales representativas por tipo de clima. (mm)**

Tipo Clima	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Distrito 8-9-1	34	34	45	91	170	193	148	148	91	68	57	57	1135
Distrito 8-9-2	31,7	31,7	47,6	111,1	238,1	317,4	238,1	238,1	127	95,2	63,5	47,6	1587,2
Distrito 8-9-3	44	44	66	154	309	441	353	331	176	132	88	110	2248
Distrito 8-9-5	20	20	30	70	150	200	150	140	80	60	40	40	1000
Distrito 8-9-6	23	23	34	79	170	227	170	159	91	68	45	45	1133
Distrito 7-9-1	21	21	31	72	166	207	155	145	83	62	41	31	1035
Distrito 7-9-2	38	38	57	132	283	377	283	283	151	113	75	57	1884
Distrito 8-14-1	78	78	104	208	338	441	363	312	208	182	130	104	2544
Distrito 9-1	35	35	46	92	173	196	150	150	92	69	58	58	1152
Distrito 9-2	57	57	76	153	287	325	249	249	153	115	96	96	1912
Distrito 9-14-1	78	78	97	175	273	292	234	234	136	136	117	97	1947
Distrito 9-14-2	80	80	100	180	281	301	241	241	140	140	120	100	2006

Fuente: Elaboración propia en base a Agrimed, 2017a



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-8. Precipitaciones medias mensuales por sector.**

### 2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Los fenómenos climáticos extremos, se definen cómo aquellos eventos hidrometeorológicos que se caracterizan por representar condiciones máximas o mínimas en las variables hidrometeorológicas (por ejemplo: marea, precipitación, temperatura, etc.) de forma periódica dentro de un ciclo determinado y tienen capacidad de generar pérdidas humanas o económicas, (IPCC, 2014). Por otro lado, cambio climático, corresponde a la variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmosfera o del uso del suelo (IPCC, 2014).

En la actualidad, a nivel general, la población del mundo está ejerciendo más presión que nunca sobre los recursos de agua dulce. Esto debido a una población en rápido crecimiento y un clima cambiante, el estrés hídrico, y por lo tanto el riesgo del agua, se incrementa en todo el mundo. Por otro lado, los ecosistemas de agua dulce son puntos de gran biodiversidad, pero también han sido los más impactados por el desarrollo humano.

Estos sistemas son vitales para apoyar no solo la vida vegetal y animal, sino también para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales para los seres humanos.

Se estima que los seres humanos extraen aproximadamente 4000 km<sup>3</sup> de agua en todo el mundo cada año, que es el triple de lo que se extraía hace 50 años, y estas extracciones continúan incrementándose a una tasa de aproximadamente 1,6 % anual. A partir de esto, se estima que la demanda mundial por agua dulce aumentará aproximadamente en un 55% entre 2000 y 2050 (Kammeyer, 2017).

En Chile, desde el año 2010, el territorio comprendido entre las regiones de Coquimbo y de La Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30% (CR2, 2015). Lo anterior ha ocurrido en forma continua e ininterrumpida. Esto ha generado un estrés sobre los sistemas hídricos y sus demandas, lo que se ha traducido en déficit hídrico. Así también, se han observado cambios en los patrones de comportamientos de las precipitaciones, ocurriendo lluvias más concentradas y con las líneas de nieve a una menor cota, lo cual se ha traducido en eventos de crecidas de mayores intensidades. Esto se puede observar en los reportes de alertas meteorológicas, según se observa en la Figura 2-9.

ALERTAS METEOROLÓGICAS		
PRECIPITACIONES DE INTENSIDAD MODERADA A FUERTE ENTRE LAS REGIONES DEL MAULE Y BIOBÍO		
DURANTE LOS DÍAS SÁBADO 01.MAYO.2021 Y DOMINGO 02.MAYO.2021 SE PRONOSTICAN PRECIPITACIONES DE INTENSIDAD MODERADA A FUERTE EN SECTORES DE LAS REGIONES DEL MAULE, ÑUBLE Y BIOBÍO.		
SE ESPERA QUE LA PRINCIPAL ACUMULACIÓN DE PRECIPITACIONES SE PRODUZCAN ENTRE LA TARDE DEL SÁBADO 01.MAYO.2021 Y LA MAÑANA DEL DOMINGO 02.MAYO.2021		
LOS MONTOS ACUMULADOS ESPERADOS SON (MM)		
REGIÓN	ZONA	SÁBADO 01
MAULE	COSTA	55-65
	VALLE	40-60
	PRECORDILLERA	50-70
ÑUBLE	COSTA	55-65
	VALLE	55-65
	PRECORDILLERA	60-75
BIOBÍO	COSTA	40-50
	VALLE	45-60
	PRECORDILLERA	60-70

Fuente: ONEMI, 2021.

**Figura 2-9. Informe de Alerta Meteorológica.**

La amenaza climática de inundaciones fluviales tiene alta incidencia en las macrozonas centro y sur de Chile, debido principalmente a alteraciones en el régimen de precipitaciones (mayor intensidad). Las consecuencias que tienen origen en las amenazas climáticas inundaciones o desbordamientos, pueden ser diversas, y se han clasificado en

tres grupos de impactos, como son los sociales, económicos y medio ambientales. En particular, durante el período 2006-2018, se identificaron 5 eventos de inundación fluvial asociada a la región de la Araucanía.

Con respecto a las amenazas futuras asociadas al cambio climático, a modo general, y de acuerdo con el Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Chile (CEPAL, 2012); Las proyecciones para Chile indican dos cambios fundamentales: una baja en las precipitaciones y un alza en las temperaturas. Dependiendo del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero considerado, se proyecta que los mayores aumentos sean del orden de 2 a 4° C, asociándose estos mayores aumentos a la zona central de Chile, y siendo más marcados en la zona del valle central y la zona cordillerana (CCGUC, 2012).

Las proyecciones climáticas se asocian a cambios hidrometeorológicos que podrían afectar las obras de infraestructura en Chile. Las principales amenazas son (CCGUC, 2012):

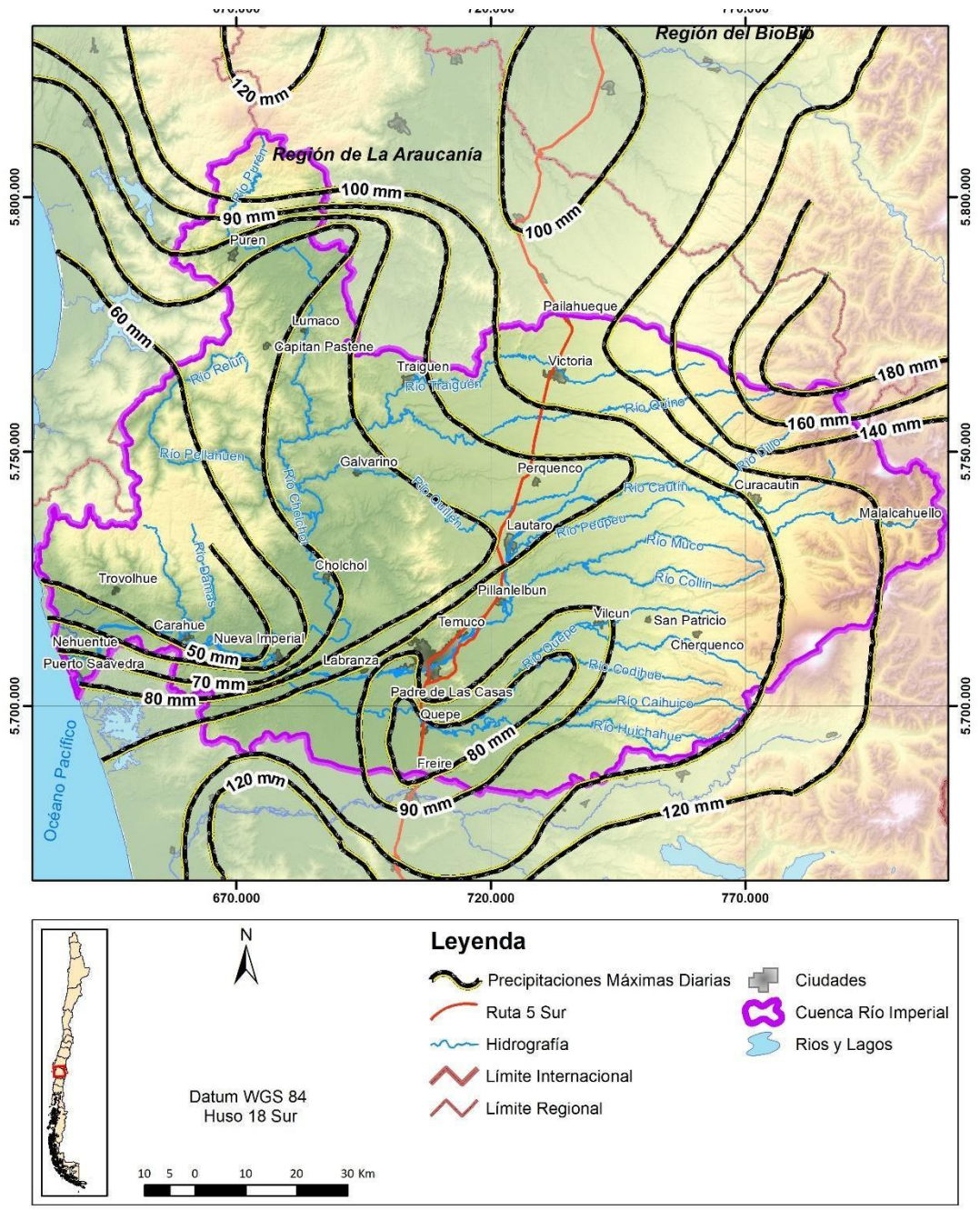
- Aumento en extensión y magnitud de sequías.
- Aumento en intensidad en inundaciones fluviales.
- Aumento en intensidad en inundaciones costeras.

Para la región de la Araucanía, la precipitación promedio anual alcanza los 2000 mm (período 1980-2010), mientras que para el escenario previsto al año 2050 alcanzará un valor de 1474 mm, lo que se traduce en un déficit del 14,2%. (ATP - BCN, 2018a).

#### *2.2.2.1 Precipitaciones máximas en 24 horas*

Existen una serie de métodos directos e indirectos para dimensionar los diseños hidráulicos para distintos tipos de obras. Estos utilizan tormentas de diseño, para lo cual un parámetro base son las precipitaciones máximas en 24 horas para un período de retorno de 10 años (MOP, 2017).

Por otro lado, la DGA, ha elaborado estudios para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas, una cobertura de isoyetas, que se presentan en la Figura 2-10. Por otro lado, la DGA lleva registro de las precipitaciones máximas registradas en 24 horas para cada año, las que se presentan en la Tabla 2-4. En la Figura 2-11 se presenta la evolución de las precipitaciones máximas registradas en 24 horas.



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA.

**Figura 2-10. Isoyetas de precipitaciones máximas en 24 horas.**

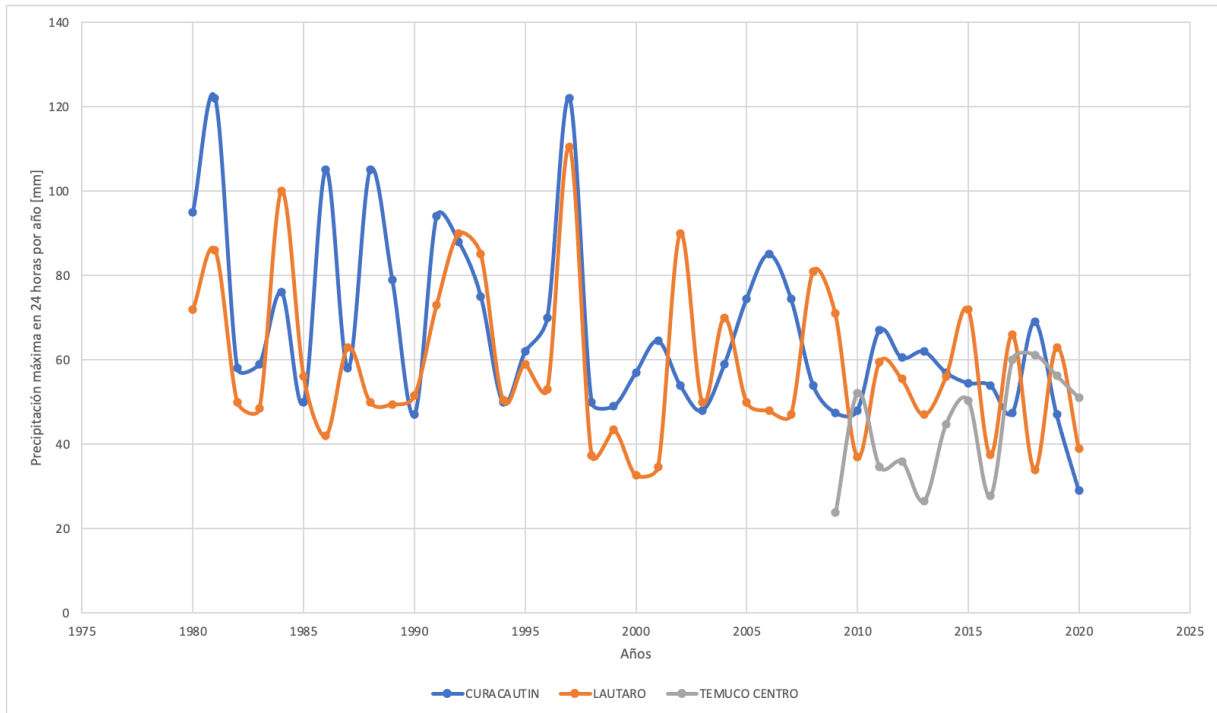
**Tabla 2-4. Precipitaciones máximas en 24 Horas (mm). Cuenca del Río Imperial.**

AÑO	CURACAUTIN	LAUTARO	TEMUCO CENTRO
1980	95	72	-
1981	122	86	-
1982	58	50	-
1983	59	48,5	-
1984	76	100	-
1985	50	56	-
1986	105	42	-
1987	58	63	-
1988	105	50	-
1989	79	49,5	-
1990	47	51,5	-
1991	94	73	-
1992	88	90	-
1993	75	85	-
1994	50	50,5	-
1995	62	59	-
1996	70	53	-
1997	122	110,5	-
1998	50	37,4	-
1999	49	43,5	-
2000	57	32,6	-

**Tabla 2-4. Precipitaciones máximas en 24 Horas (mm). Cuenca del Río Imperial.**

AÑO	CURACAUTIN	LAUTARO	TEMUCO CENTRO
2001	64,5	34,7	-
2002	54	90	-
2003	48	50	-
2004	59	70	-
2005	74,5	50	-
2006	85	48	-
2007	74,5	47	-
2008	54	81	-
2009	47,5	71	23,8
2010	48	37	52,2
2011	67	59,5	34,6
2012	60,5	55,5	36
2013	62	47	26,6
2014	57	56	44,8
2015	54,5	72	50,4
2016	54	37,5	27,8
2017	47,5	66	60
2018	69	34	61,2
2019	47	63	56,2
2020	29	39	51

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-11. Precipitaciones máximas en 24 horas por año.**

### 2.2.3 Escenarios de cambio climático

#### 2.2.3.1 Aspectos generales

El escenario de cambio climático a estudiar es el RCP 8.5 (Representative Concentration Pathway), asociado a una forzante radiativa sobre la atmósfera igual a 8,5 W/m<sup>2</sup>. Este es considerado el caso más pesimista, en donde la actividad humana, y por lo tanto el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero, sigue en el tiempo con las tasas actuales hacia un futuro próximo (2100), sin adopción de medidas de reducción de las emisiones o captura de Este escenario fue definido y utilizado en el quinto Assessment Report del IPCC en 2014.

Para este y los otros escenarios, se han desarrollado diversas modelaciones climáticas que pretenden, a diferentes escalas espaciales y temporales, definir el comportamiento de la atmósfera y el clima en el futuro, y en particular las variables hidrometeorológicas.

A nivel local, la Dirección General de Aguas realizó la actualización del Balance Hídrico Nacional (entre 2017 y 2020). En estos estudios se consideró la generación de series futuras de variables hidrometeorológicas para un período futuro (2030-2060) basadas en modelos de circulación general (GCM) escaladas al territorio nacional. Se

escalaron 4 GCM en todo el territorio y se presentaron productos grillados con información entre los años 1979 y 2060.

Para el desarrollo de este estudio se utiliza el modelo CSIRO-MK3-6-0 (en adelante CSIRO) de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, en colaboración con el Queensland Climate Change Centre of Excellence, Australia, y el escalamiento realizado en la Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral (DGA, 2019). Cabe destacar que en el mencionado estudio, además del escalamiento de los GCM, se realizó una modelación VIC, de la cual se obtuvieron algunas variables como la evapotranspiración y la escorrentía superficial, pero esta información no es utilizada en el presente estudio.

Las variables contenidas en el producto grillado utilizado presentan una resolución espacial de 5 km y una resolución temporal de meses.

### 2.2.3.2 Situación en la cuenca

En la Tabla 2-5 se comparan las componentes del balance hídrico resultantes (o de entrada en el caso de la precipitación) para la cuenca del Río Imperial y el modelo CSIRO.

**Tabla 2-5 Componentes del balance hídrico VIC-CSIRO.**

Variable	Período				
	1985-2015	2030-2040	2040-2050	2050-2060	2030-2060
Precipitación media anual [mm/año]	1.569,4	1.459,6	1.397,2	1.491,3	1.449,4
Escorrentía natura [mm/año]	1.066,7	960,2	910,9	975,6	948,9
Evapotranspiración natural [mm/año]	501,4	496,6	487,0	516,6	500,1
Demanda evapotranspirativa por riego [mm/año]	134,2	137,2	142,3	142,6	140,7

Fuente: Actualización del Balance Hídrico Nacional. DGA, 2019.

Para el período 2040-2050 se observa la mayor disminución de la precipitación con respecto al período base (1985-2015) en torno a un 11%.

## **2.3 Dimensión Ambiental**

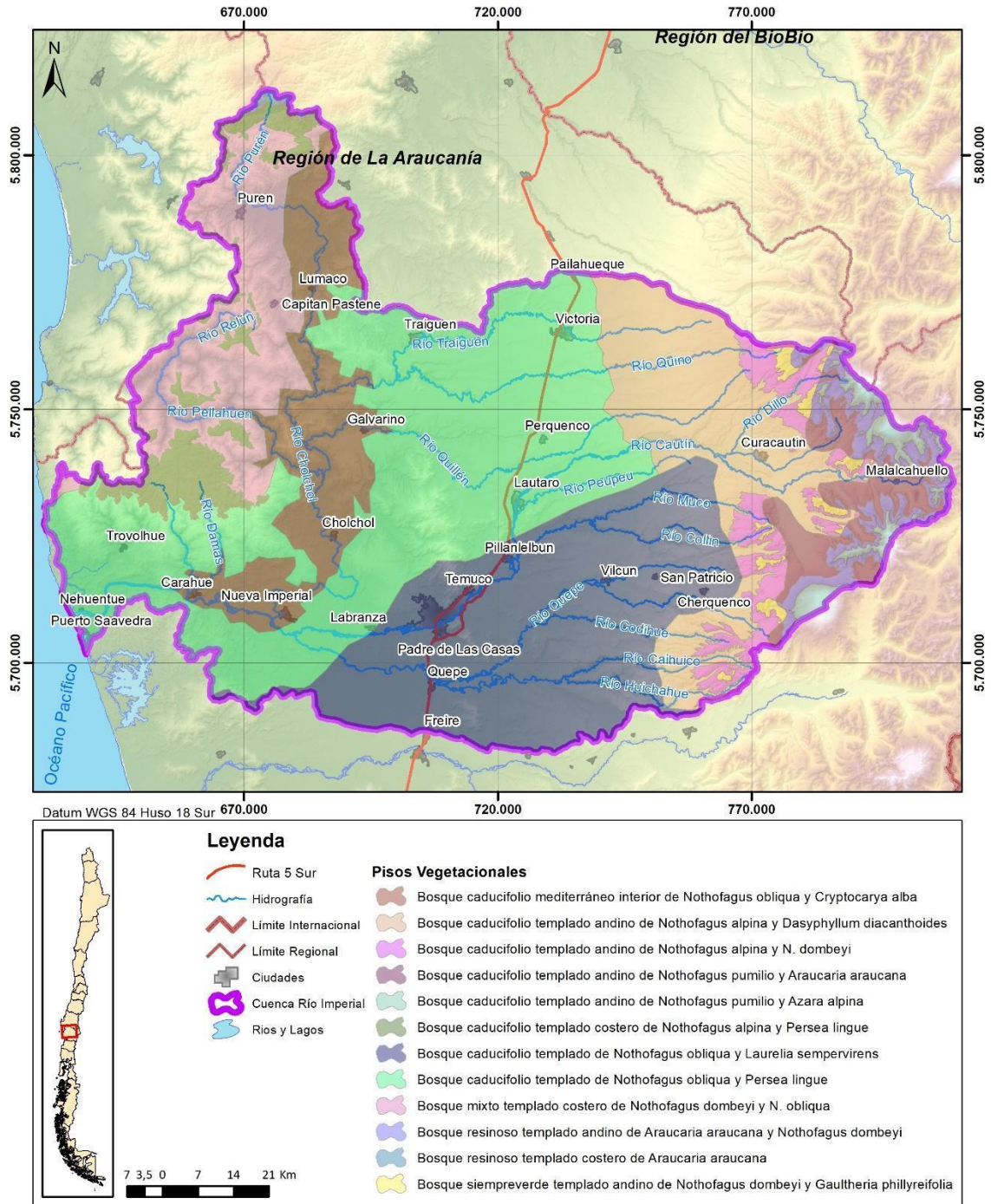
En este acápite se realizó un levantamiento, recopilación y análisis de la información de la componente ambiental en la cuenca del río Imperial, donde en una primera instancia se realiza un reconocimiento de los sistemas ecológicos existentes en la cuenca. En segundo lugar, se realiza la identificación y descripción de áreas protegidas o prioritarias de conservación presentes en la zona de estudio. Finalmente, se realizó una recopilación de información del estado del medio ambiente a través de un análisis de la situación actual en la materia, respecto de las actividades y proyectos que se ingresan al SEIA y análisis de las fuentes de emisión del SNIFA.

El análisis de la información se orientó de manera de poder formular un diagnóstico de la situación ambiental de los sistemas hídricos en las cuencas de estudio, que sirva como base para posteriormente lograr determinar las posibles o futuras situaciones de conflictos, los territorios más susceptibles, las problemáticas atingentes, los instrumentos de gestión y protección del recurso y otros antecedentes que permitan determinar en qué estado se encuentra el tema ambiental relacionado con los recursos hídricos y así ser un input que permita formular las bases de un Plan Estratégico de Gestión Hídrica realista y sustentable.

### **2.3.1 Sistemas ecológicos**

Se consideró como unidad de análisis los "Pisos de Vegetación" (Luebert-Pliscoff, 2016). En la cuenca del río Imperial se pueden observar 3 formaciones vegetacionales correspondientes a: Bosque Caducifolio, Bosque Resinoso y Bosque Siempre Verde. En el Anexo J2 se describen las unidades con mayor representación dentro de la cuenca del río Imperial.

La superficie de la cuenca está representada mayormente por el bosque caducifolio en sus variantes mediterráneo, templado interior y andino. Hacia la cordillera de Los Andes se presentan algunas formaciones de bosque siempre verde con presencia de coihues y bosque resinoso de araucarias tanto en la cordillera de Nahuelbuta, como en la de Los Andes, tal como se aprecia en la Figura 2-12.



Fuente: Elaboración propia.

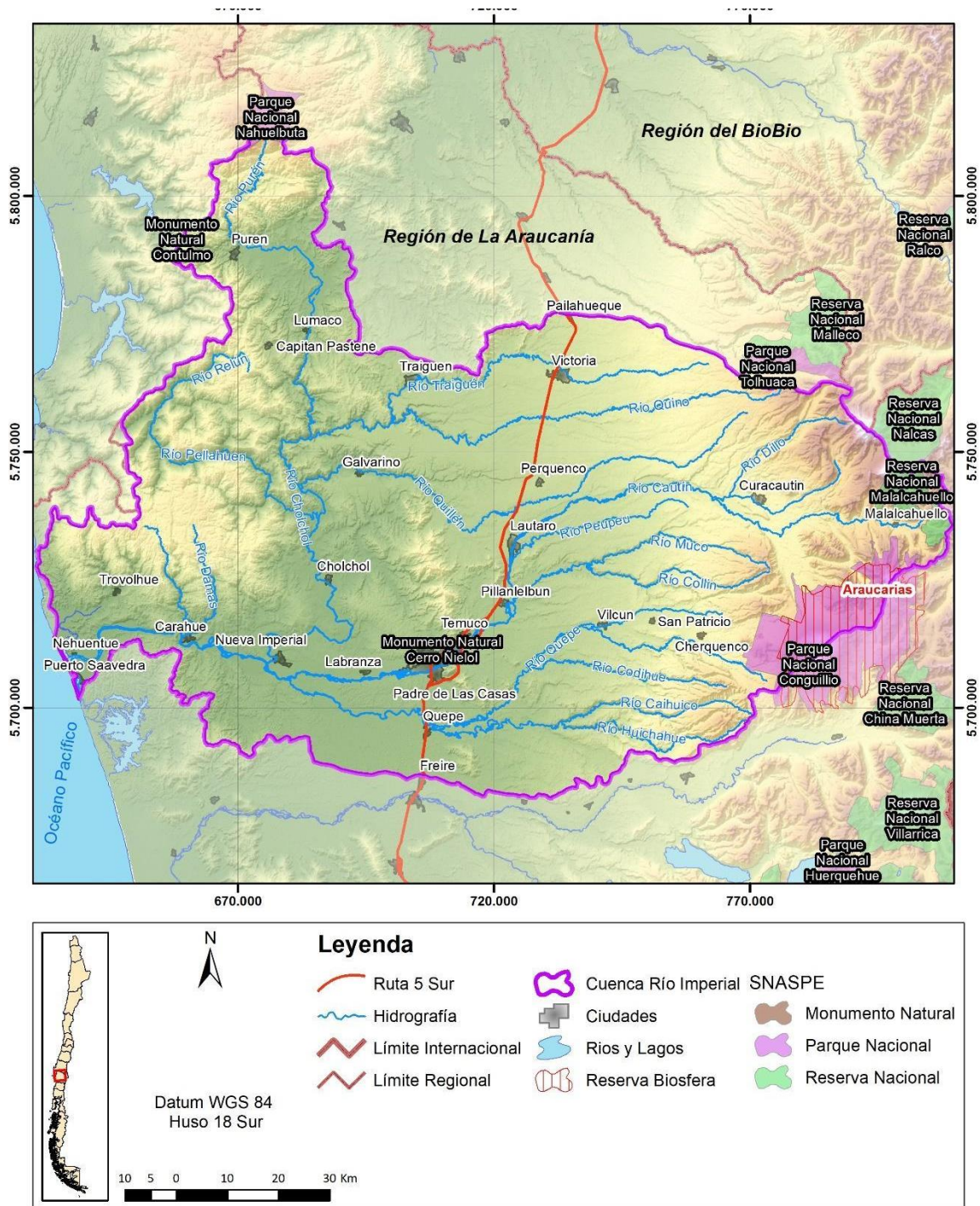
**Figura 2-12. Pisos vegetacionales Cuenca Río Imperial.**

### 2.3.2 Áreas protegidas o prioritarias de conservación

En la cuenca del río imperial es posible identificar 7 sitios prioritarios de conservación tal y como se aprecia en la Figura 2-13. Estos son:

- 2 Monumentos Naturales: Cerro Ñielol y Contulmo
- 2 Parques Nacionales: Nahuelbuta y Conguillío
- 2 Reservas Forestales: Malalcahuello y Las Nalcas
- 1 Reserva de la Biosfera las Araucarias

La descripción de los sitios prioritarios ubicados dentro de la cuenca del río Imperial, así como las especies de flora y fauna representativa de cada unidad se presentan en Anexo J2.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-13. Áreas de conservación cuenca del Río Imperial.**

### 2.3.3 Estado del medio ambiente

En este acápite se realiza un análisis de la situación actual del medio ambiente en relación a los impactos y presiones sobre los recursos hídricos, respecto de las actividades y proyectos que se ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA en la cuenca del río Imperial.

#### 2.3.3.1 Revisión SEA

Se analizó para la cuenca del río Imperial los proyectos por sector productivo, con injerencia sobre los recursos hídricos. En la Tabla 2-6 se presenta un resumen donde es posible observar que del total de proyectos ingresados aprobados y en calificación al SEIA, los más representativos son los del sector de saneamiento ambiental (65), pesca y acuicultura (24), minería (18), infraestructura hidráulica (18), energía (17).

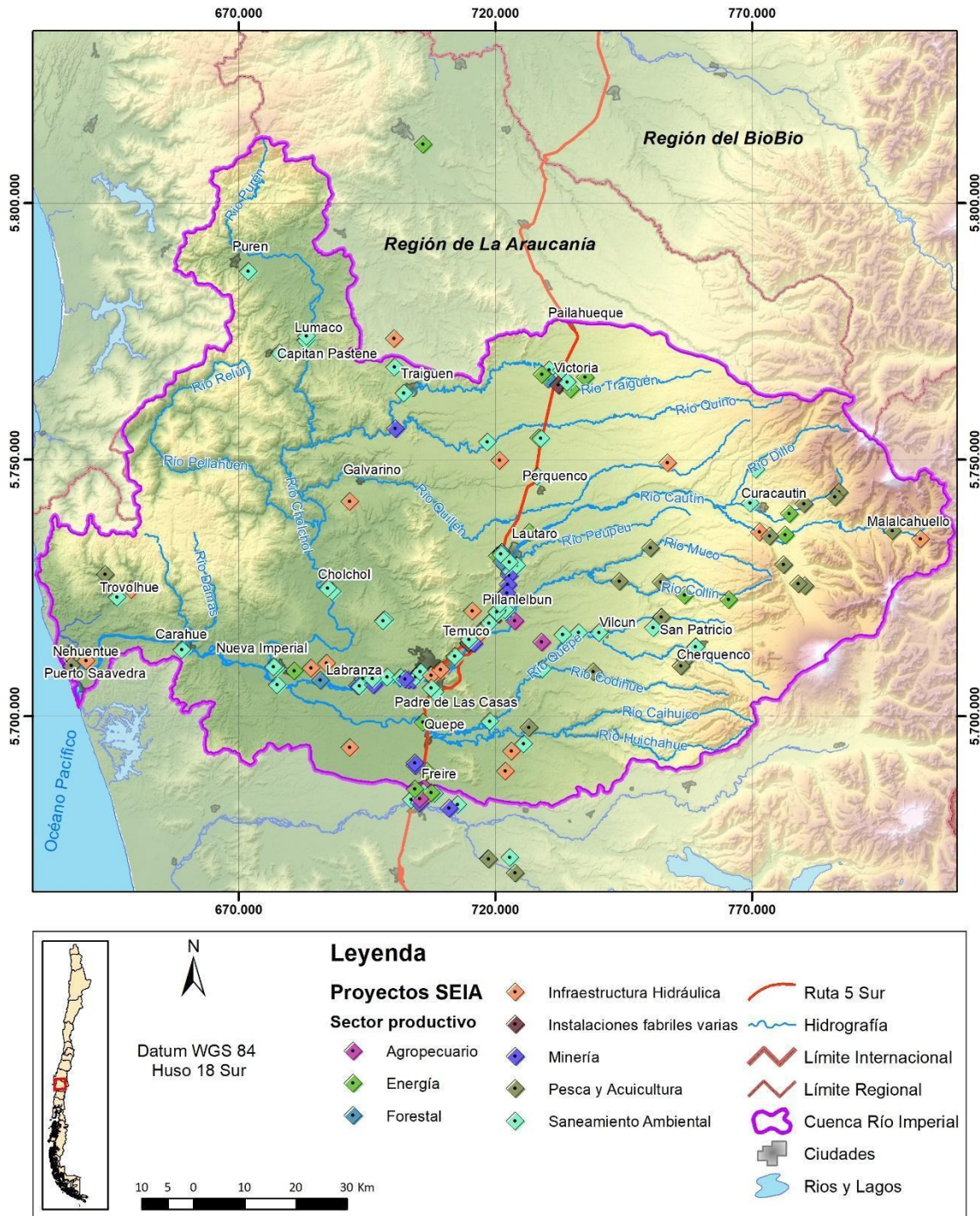
**Tabla 2-6. Proyectos por sector productivo SEIA. Cuenca del Río Imperial.**

Sector productivo	Aprobado		En Calificación		Total General
	DIA	EIA	DIA	EIA	
Agropecuario	4	-	-	-	4
Energía	14	-	3	-	17
Forestal	5	1	-	-	6
Infraestructura Hidráulica	16	1	1	-	18
Instalaciones fabriles varias	3	1	-	-	4
Minería	17	-	1	-	18
Pesca y Acuicultura	24	-	-	-	24
Saneamiento Ambiental	62	2	-	1	65
Total general	145	5	5	1	156

Fuente: Elaboración Propia a partir de información del SEIA.

En la Figura 2-14, es posible apreciar la distribución espacial de los proyectos dentro de la cuenca del río Imperial según rubro productivo, donde se evidencia que éstos están distribuidos en la parte media de la cuenca, con concentraciones en las cercanías de las ciudades de Temuco, Padre las Casas, Lautaro y también hacia la parte alta de la cuenca.

La relación con los recursos hídricos ocurre para casi la mayoría ya que se ubican en las cercanías de los cauces lo que de una u otra forma y con mayor o menor intensidad, se relacionan con el recurso hídrico. Para mayor detalle ir a Acápite J 2.1: "Proyectos SEA Imperial".



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-14. Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, cuenca del Río Imperial.**

### 2.3.3.2 Repositorio de pertinencias

En el repositorio de pertinencias del SEA, desde el año 2016, hay 352 pertinencias presentadas en la región de la Araucanía, ver listado completo en Acápite J 2.2, en la Tabla 2-7 se sistematizan las pertinencias ingresadas para la cuenca del Río Imperial donde es posible apreciar que el 94% de las consultas se encuentra resuelta con su respectivo expediente, oficio de respuesta y estado de desarrollo. Del total de pertinencias ingresadas 274 pertinencias se refieren a proyectos nuevos, 12 pertinencias a modificaciones de proyecto sin RCA y 66 pertinencias a modificaciones de proyectos en desarrollo.

**Tabla 2-7. Pertinencias ingresadas Cuenca del Río Imperial.**

Tipo Proyecto	En Evaluación	Suspendida	Resuelta	Total General
Modificación con RCA	4	-	62	66
Modificación sin RCA	-	-	12	12
Proyecto nuevo	15	3	256	274
Total general	19	3	330	352

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3.3 Revisión del SNIFA, SMA

De la revisión del SNIFA de la Superintendencia de Medio Ambiente es posible recopilar información que permita conocer las principales temáticas relacionadas con el incumplimiento ambiental de los proyectos aprobados ambientalmente. En esta plataforma se obtiene información sobre unidades fiscalizables, expedientes de fiscalizaciones, procesos sancionatorios, programas de cumplimiento:

Unidades Fiscalizables: Dentro de la cuenca de Imperial existen vigentes 164 U.F. se desglosan por rubro productivo como se resume en la Tabla 2-8.

**Tabla 2-8. Unidades fiscalizables en la cuenca del Río Imperial.**

RUBRO PRODUCTIVO	CUENCA RÍO IMPERIAL
Agroindustrias	21
Energía	16
Forestal	12
Infraestructura Hidráulica	9
Instalación fabril	21
Minería	14
Pesca y Acuicultura	24
Saneamiento Ambiental	47
<b>TOTAL Unidades Fiscalizables</b>	<b>164</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Fiscalizaciones: En la región de la Araucanía desde el año 2013 a la fecha, existen 737 expedientes de fiscalización en un total de 54 unidades fiscalizables. El resumen se presenta en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9. Expedientes de fiscalización por rubro productivo.**

RUBRO PRODUCTIVO	U. F	EXPEDIENTES DE FISCALIZACIÓN
Agroindustrias	8	165
Energía	3	29
ETFAS	1	2
Forestal	5	19
Instalación fabril	13	37
Minería	4	7
Monitoreo de Calidad Ambiental	1	2
Pesca y Acuicultura	12	465
Saneamiento Ambiental	7	11
Total general	54	737

Fuente: Elaboración Propia.

Procesos Sancionatorios: Se encontraron 23 procesos sancionatorios en la cuenca de Imperial 6 de ellos resultaron con algún tipo de sanción estos se resumen en la Tabla 2-10.

**Tabla 2-10 Unidades Fiscalizables con sanción por incumplimiento ambiental.**

Expediente	RUBRO PRODUCTIVO	NOMBRE U. F	MONTO (UTA)
D-057-2016	Instalación fabril	Taller Mecánico Padre de Las Casas	5,9 (pagada)
F-008-2014	Agroindustrias	Quesera Arquenco	14
F-026-2017	Agroindustrias	Agrícola Los Temos	1
F-029-2013	Agroindustrias	Feria Agrícola Frutas y Verduras La Granja	0,25
F-038-2013	Saneamiento Ambiental	Vertedero Temuco	320
D-057-2016	Instalación fabril	Taller Mecánico Padre de Las Casas	5,9

Fuente: Elaboración Propia.

Programas de cumplimiento: Se encontraron 10 Programas de cumplimiento en ejecución en la región de la Araucanía los que se presentan en la Tabla 2-11.

**Tabla 2-11. Unidades Fiscalizables con programa de cumplimiento en curso.**

EXPEDIENTE	RUBRO PRODUCTIVO	U. F
D-015-2016	Agroindustrias	PTA. RILES QUILLAYES VICTORIA
D-021-2015	Agroindustrias	FRIGORIFICO TEMUCO
D-174-2019	Minería	EXTRACCION DE ARIDOS LA FRONTERA
F-005-2014	Instalación fabril	FÁBRICA DE COCINA Y CALEFACTORES
F-006-2019	Minería	ARIDOS MAQUEHUE
F-019-2020	Instalación fabril	PROMAD TEMUCO
F-020-2015	Energía	COMASA LAUTARO
F-022-2018	Instalación fabril	PLANTA CONALUM PLC
F-028-2018	Instalación fabril	PROVESUR PLC
F-054-2015	Agroindustrias	AGROINDUSTRIAL PEDREGAL S.A.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.3.4 Sistematización de conflictos ambientales y demandas por daño ambiental

En la cuenca del Imperial se han presentado 2 demandas por daño ambiental ante el Tercer Tribunal Ambiental. De este organismo se recopilaron los fallos emitidos entre los años 2013 y 2020, en la Región de la Araucanía, en su mayoría corresponden a Reclamaciones de Ilegalidad. La información se resume en la Tabla 2-12.

**Tabla 2-12. Total causas ingresadas al 3° Tribunal Ambiental.**

Región de la Araucanía	Demandas por Daño Ambiental	Reclamaciones de Ilegalidad	Solicitudes SMA	Total
Causas Abiertas	5	2	0	7
Causas Terminadas	4	12	6	22
Total Causas Ingresadas	9	14	6	29

Fuente: Elaboración propia.

En la cuenca del Imperial, se han presentado 9 demandas por daño ambiental ante el Tribunal Ambiental desde el año 2013, 7 de ellas se desestiman de la revisión dado que

no tienen injerencia directa con afectación a los recursos hídricos, para efecto de este análisis se detallan a continuación 2 causas.

- Rol: D-4-2014

<https://causas.3ta.cl/causes/32/expedient/335/books/5/?attachmentId=399>

Daño ambiental en territorio de comunidades indígenas del sector de Tromen, Temuco, por graves incumplimientos a las RCA del vertedero Boyeco, con consecuencias directa en la contaminación de aguas subterráneas dado el mal manejo de líquidos percolados, y aguas superficiales, tras nula recirculación de lixiviados los cuales son descargados al estero Cuzaco.

La causa se encuentra archivada desde el 08/10/2018, sin que conste en el expediente ningún informe pericial o de algún organismo del estado relacionado con la materia.

- Rol: D-4-2020

<https://causas.3ta.cl/causes/688/expedient/11124/books/392/?attachmentId=198>

46

La demanda fue presentada por la Municipalidad de Perquenco en contra de la Cooperativa de Servicio de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental Perquenco Limitada por el abandono de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, causando la contaminación del Río Perquenco, de la cuenca del Imperial, lo que está perjudicando principalmente a las Comunidades Indígenas del sector. según informes de la causa "El agua del Estero Perquenco en los puntos de muestreo no es apta para el consumo humano ni para regadío, ya que contiene altos niveles de Escherichia Coli, los cuales son perjudiciales para los seres humanos".- Se agrega en las conclusiones que "Según la información recabada en antecedentes del problema, en el catastro del 2012 se realizaron observaciones al tratamiento de aguas servidas de la comuna de Perquenco, donde se sugirió ampliar la capacidad, agregando una tercera laguna y un tratamiento de lodos, ya que el caudal ingresado es mayor a su potencial. Seis años después, siguen existiendo solo dos lagunas, las cuales se presentan rebalsadas, lo que puede explicar en parte la alta carga microbiana detectadas en las muestras analizadas".

La demanda fue presentada el 17 de octubre de 2020 y aún no ha sido proveída.

### 2.3.5 Fuentes emisoras DS 90/2000 y DS 46/2003

Respecto de las fuentes emisoras fiscalizadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se obtuvo el grado de cumplimiento del año 2020 en el link <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6408.html>, que indica que para la Región de la Araucanía existen 34 PTAS que son supervisadas por la SISS respecto del DS90 (se adjunta detalle en el Anexo J2, Apéndice J3-3), de las cuales 17 están presentes en la cuenca del río Imperial.

Respecto de las fuentes emisoras, que registra y controla el Ministerio de Medio Ambiente a través de sus programas de cumplimiento o de seguimiento ambiental se tienen 18 Fuentes que se ajustan a descargas superficiales en función del DS90, además 41 empresas lo hacen de las exigencias propias de las RCA sus proyectos.

El análisis de las fuentes emisoras que aplican bajo el DS46/2003 arroja que existen en la cuenca 4 unidades fiscalizables que infiltran sus Riles directamente en los predios. En la Tabla 2-13 se presenta la información sistematizada desde la SISS y la SMA.

**Tabla 2-13. Fuentes emisoras según decreto DS 90/2000 y DS 46/2003.**

Tipo Fuente Emisora	DS 90	DS 46	RCA
Agroindustrias	5	2	7
Energía	-	-	7
Forestal	1	1	2
Instalación fabril	1	-	2
Minería	-	-	10
Pesca y Acuicultura	11	1	9
Saneamiento Ambiental	17	-	4
Total general	35	4	41

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe destacar que, en respuesta a la segunda solicitud de información por transparencia realizada a la SMA, este servicio no entrega dicha información y remite a los datos abiertos publicados en su portal SNIFA.

El acceso a los datos de emisiones reportados por empresas (RILES), no incluyen ningún tipo de procesamiento de la SMA ni siquiera se encuentran georreferenciados, tanto es así que en el portal se indica explícitamente lo siguiente: “la información que se encuentra disponible en esta sección corresponde a datos obtenidos y reportados por los regulados, no habiendo sido procesada, analizada o verificada de ninguna forma por la Superintendencia del Medio Ambiente”.

Las fuentes emisoras donde se verificó reportes de emisiones a fuentes superficiales y subterráneas en la cuenca se presentan en la Figura 2-15 y el listado sistematizado en el respectivo Acápite J2.3.



## 2.4 Infraestructura

En el presente acápite se presentan los antecedentes sobre infraestructura hídrica en la cuenca del río Imperial.

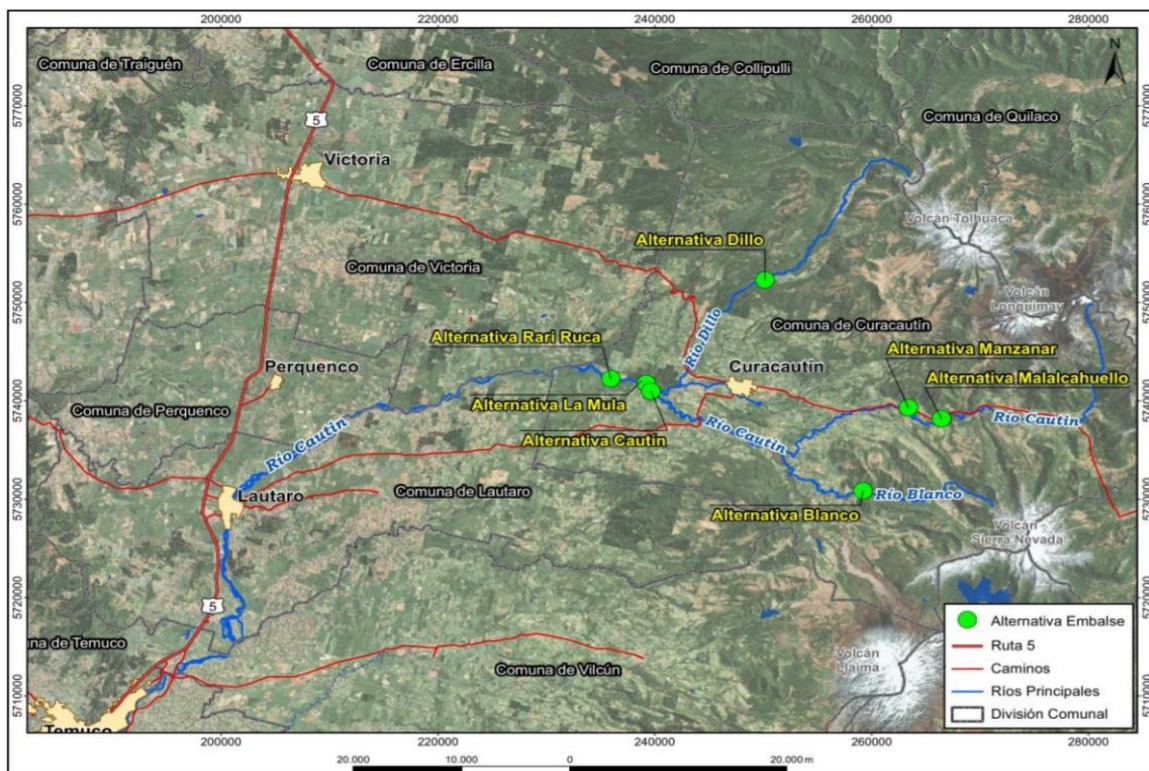
### 2.4.1 Obras Hidráulicas

A continuación, se presentan las obras hidráulicas identificadas en la cuenca.

#### 2.4.1.1 Embalses y centrales hidroeléctricas

En la cuenca del Río Imperial, existen proyectos de acumulación de agua para riego los cuales se encuentran en etapa de estudio y otros ejecutados, caracterizados como embalses menores.

La CNR el año 2012, desarrollo el Estudio de Prefactibilidad del Proyecto "Mejoramiento del Riego en la Cuenca del Río Cautín en Curacautín Región de la Araucanía", donde el objetivo general de esta iniciativa es la elaboración de un estudio de prefactibilidad para el desarrollo del riego en el valle del Río Cautín, mediante la construcción de un embalse y la red de riego asociada, en la Figura 2-16 se muestran las propuestas de embalses en la cuenca.



Fuente: CNR, 2012b.

**Figura 2-16 Alternativas de embalses para parte alta de subcuenca río Cautín.**

De las alternativas presentadas, se ha constatado que, durante la realización de este estudio, no se han presentado avances de estudios o diseños de prefactibilidad para las propuestas de embalses en la subcuenca el Río Cautín.

#### *2.4.1.2 Hidroelectricidad*

Respecto a la generación hidroeléctrica, existen dos proyectos que se encuentran en operación en la cuenca, según lo expresado por el sitio web del Coordinador Eléctrico Nacional, organismo técnico e independiente, encargado de la coordinación de la operación del conjunto de instalaciones del Sistema Eléctrico Nacional que operen interconectadas entre sí. En ese sentido las centrales hidroeléctricas catastradas por esta entidad se muestran en la Tabla 2-14.

**Tabla 2-14. Proyectos hidroeléctricos en la cuenca.**

Nombre	Comuna	Generación Eléctrica	Estado
Trueno	Vilcún	3 MW	2005 funcionando.
El Agrio	Curacautín	2,51 MW	2016 funcionado

Fuente: Elaboración propia a partir de <https://infotecnica.coordinador.cl/geo/region/araucania-11/centrales/31>  
(Consultado oct. 2020).

A partir del análisis respecto a la generación hidroeléctrica analizada, pese a que estas hidroeléctricas generan restricciones al acceso del recurso aguas arriba, no se han presentado conflictos o existen denuncias, respecto al perjuicio de generar hidroelectricidad en estas subcuencas.

En el anexo J4-2 se presenta Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) No consuntivos para hidroelectricidad y las declaraciones respecto al uso hidroeléctrico de los DAA superficiales no consuntivos en la cuenca del Río Imperial.

#### *2.4.1.3 Infraestructura de riego*

- Superficie y proyectos de riego en la cuenca

Esta información se presenta en el Anexo J4-3.

- Bocatomas

Según el estudio "Diagnóstico para desarrollar Plan de Riego en la región de la Araucanía" (2017) (CNR, 2017a), se catastraron 8 bocatomas consideradas de gran envergadura, donde se identificaron 4 en la cuenca del Río Imperial, como se muestra en la Tabla 2-15.

**Tabla 2-15. Catastro de grandes obras de conducción.**

NOMBRE	CAPACIDAD EN BOCATOMA (m <sup>3</sup> /s)	SUPERFICIE BENEFICIADA (Hectáreas)
Canal Perquenco	2,8	2.800
Canal Quepe	6,0	5.000
Canal Pillanlelún e Imperial	4,0	3.400
Canal Chufquen	12,0	9.840

Fuente: CNR, 2017a.

Además, el estudio de CNR (2017a), a partir del catastro de obras y proyectos de riego, determinó que existen 23 bocatomas vinculadas a los proyectos de riego, como se muestra en la Figura 2-17.

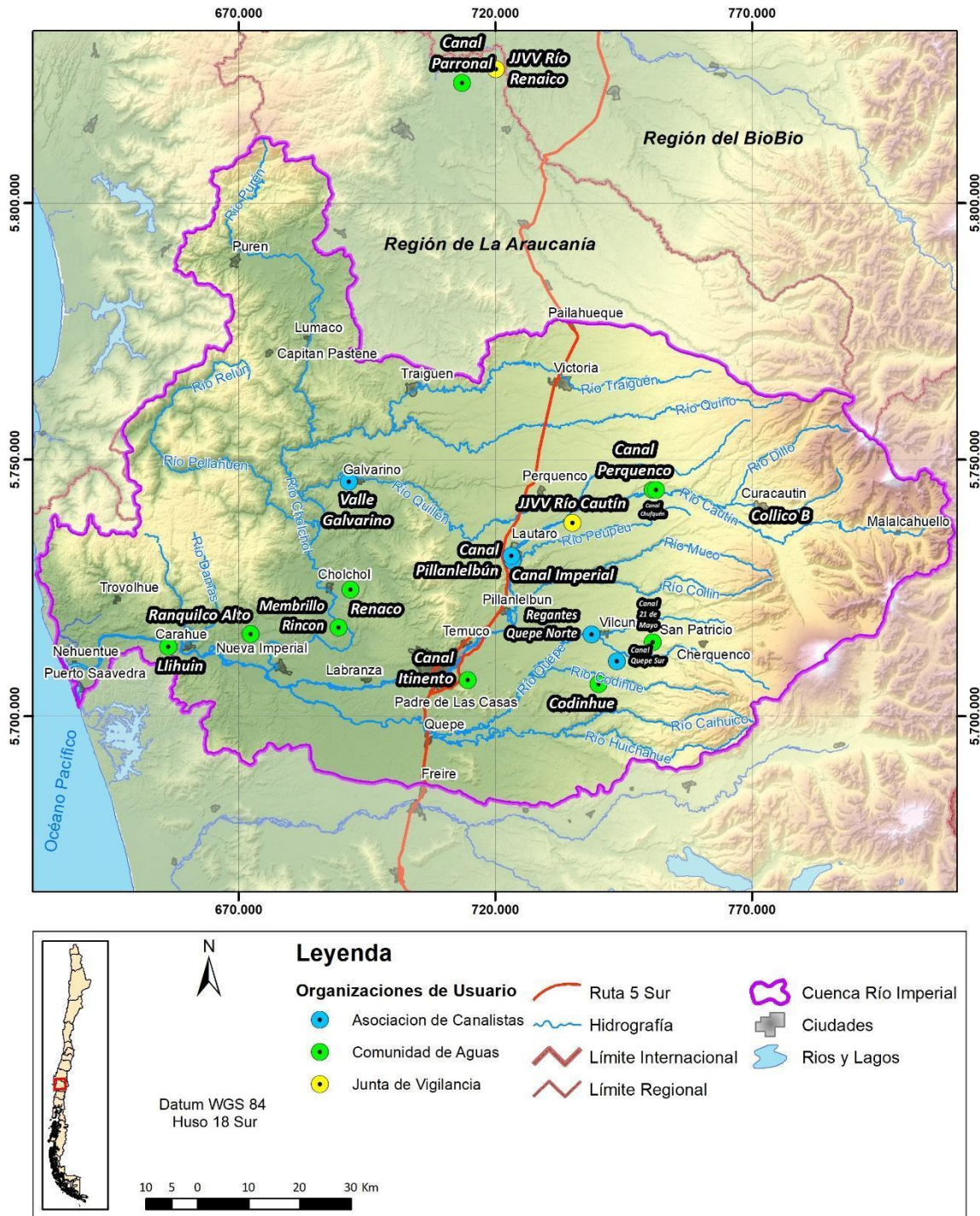


- Canales

La infraestructura extra predial se representa por los canales y sus obras, que en muchos casos son administradas por Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA). Las aguas para riego provienen principalmente de fuentes superficiales.

En la Región de la Araucanía, la infraestructura de riego extra predial se caracteriza por no tener elementos tecnificados como control automático o telemetría. Esta situación implica una alta dependencia de celadores y de su eficiente y permanente fiscalización de los elementos involucrados en las redes de canales.

En la cuenca del Imperial existen los siguientes canales, vinculados a Comunidades de Agua, como se muestran en la Figura 2-18.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-18. Ubicación de OUA en la cuenca del río Imperial.**

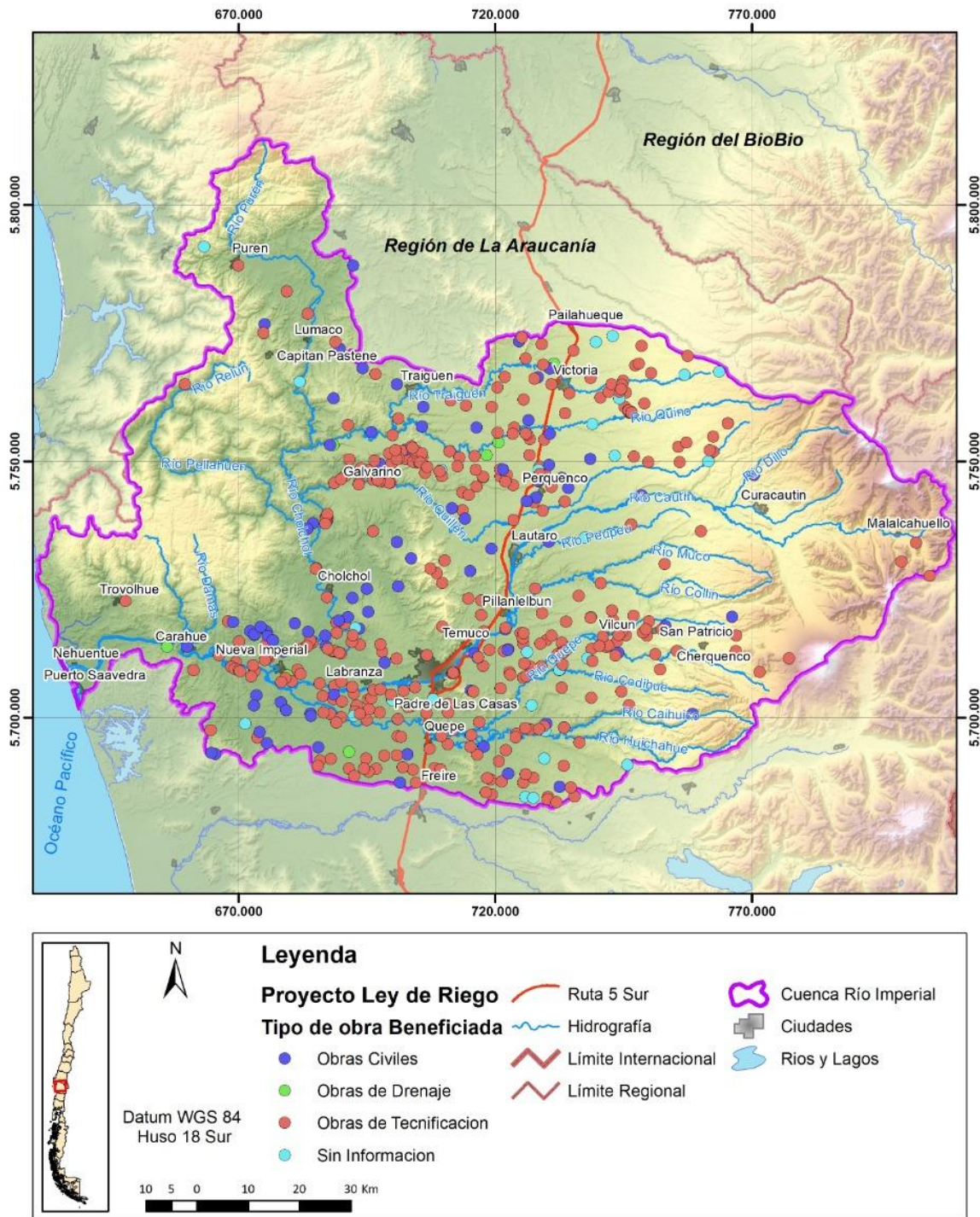
En el Valle central de la cuenca del Imperial, se encuentra el mayor desarrollo de infraestructura, dependiente de las asociaciones de usuarios como Asociación de Canalistas Canal Chufquén, Canal Imperial y Canal Pillanlelbún, entre otras. Dentro de los canales más importantes en términos de longitud, destacan el Chufquén, Perquenco Quillén, Quino, Perquenco, El Molino, Cullinco, Pillanlelbún, los cuales sumados dan una longitud de 175,5 km de canal en la cuenca del Río Imperial (CNR, 2017). Lo anterior se resume en la Tabla 2-16.

**Tabla 2-16. Canales principales en la cuenca del Río Imperial y longitud.**

Nombre del Canal	Fuente Hidrográfica	Longitud (Km)
Canal Chufquén	Río Cautín	33,1
Canal Perquenco Quillén	Río Quillén	26,5
Canal Quino	Río Quino	25,7
Canal Perquenco	Río Cautín	23,1
Canal Quepe Norte	Río Quepe	24,3
Canal Quepe Sur	Río Quepe	22,3
Canal El Molino	Estero Color	20,5

Fuente: CNR, 2017a.

A partir de la información entregada por la CNR para este estudio, se identificaron y geolocalizaron los proyectos de riego implementados por la CNR en la cuenca del río Imperial. En la Figura 2-19 se muestran los tipos de proyectos y su distribución espacial en la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-19. Ubicación de proyectos de riego implementados con la Ley 18.450 de la CNR, en la cuenca del Río Imperial.**

Se puede observar que en la cuenca existen mayoritariamente proyectos de tecnificación individuales, sin embargo, en la zona de secano, especialmente en la subcuenca del Río Cholchol, se implementaron durante los últimos años obras civiles para la acumulación de aguas lluvias, con tranques menores a 50.000 m<sup>3</sup> o altura de muro menor a 5 m.

#### 2.4.2 Red Hidrométrica

La información hidrométrica que se describirá en este capítulo es la que utiliza la DGA para generar estadísticas relevantes para la caracterización del recurso hídrico terrestre, que se recolecta a través de la Red hidrométrica Nacional (RHN). Esta red está compuesta por redes específicas que miden distintos parámetros de interés. Estas corresponden a:

- Red Fluviométrica.
- Red Hidrometeorológica.
- Red Sedimentométrica.
- Red de Control de Aguas Subterráneas (pozos).
- Red de Medición de Nieves y Glaciares.
- Red de Calidad de Aguas:
  - Red de calidad de aguas superficiales
  - Red de calidad de aguas subterráneas
- Red de control de lagos.

La información oficial que está en base de datos de la Mapoteca Digital de la DGA, <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/default.aspx>, consultada el 13 de mayo de 2021. La red hidrométrica en la zona de estudio se muestra en la Tabla 2-17.

**Tabla 2-17. Estaciones hidrométricas identificadas en Mapoteca DGA en la cuenca de estudio.**

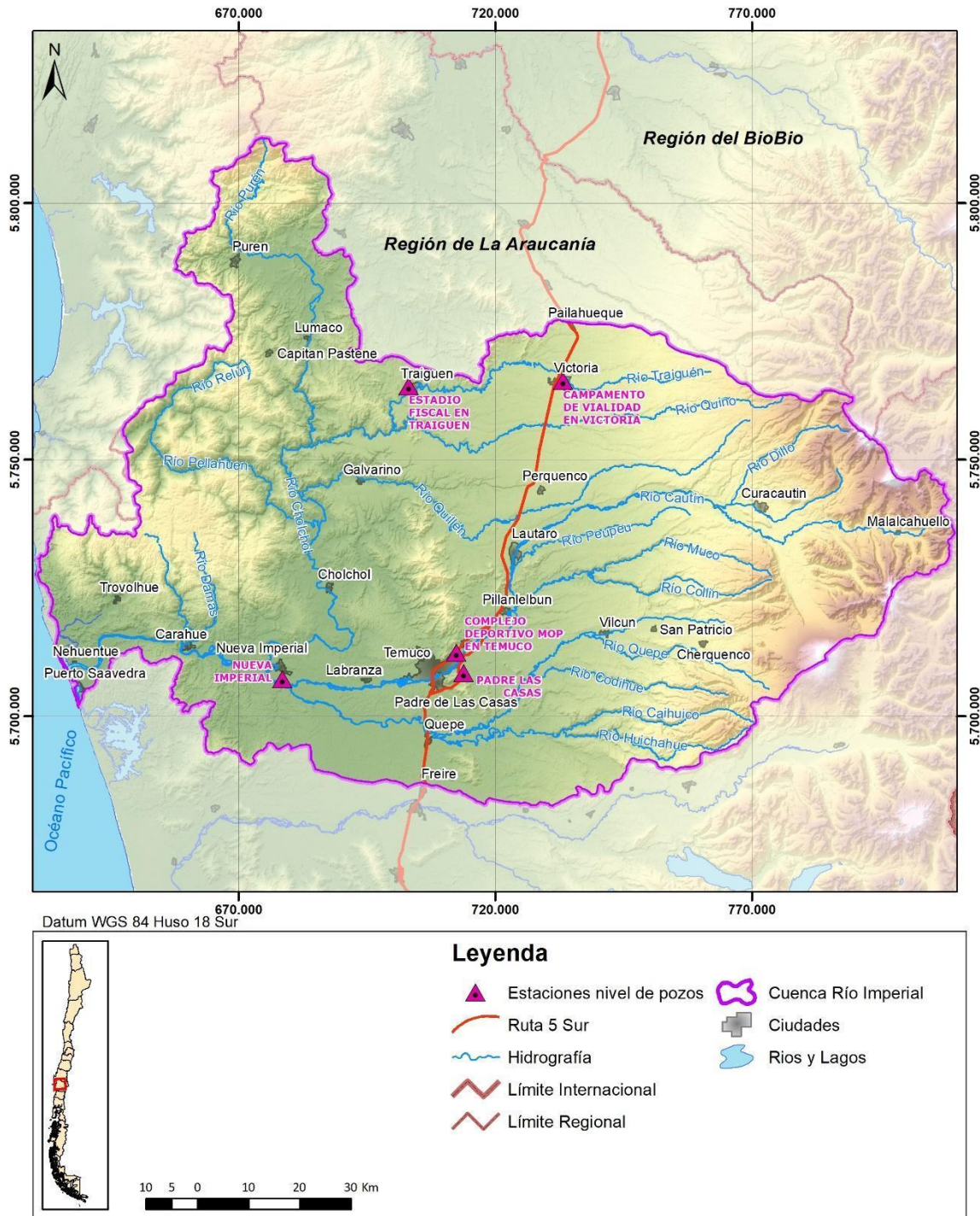
Estaciones	Cuenca del Río Imperial
Meteorológicas	22
Fluviométricas	23
Calidad de agua Superficial	12
Lagos y embalses	0
Sedimentos	5
Nivel de pozos	5

Fuente: Elaboración propia a partir de Información DGA.

De la información revisada, las estaciones mencionadas en la tabla se encuentran todas vigentes.

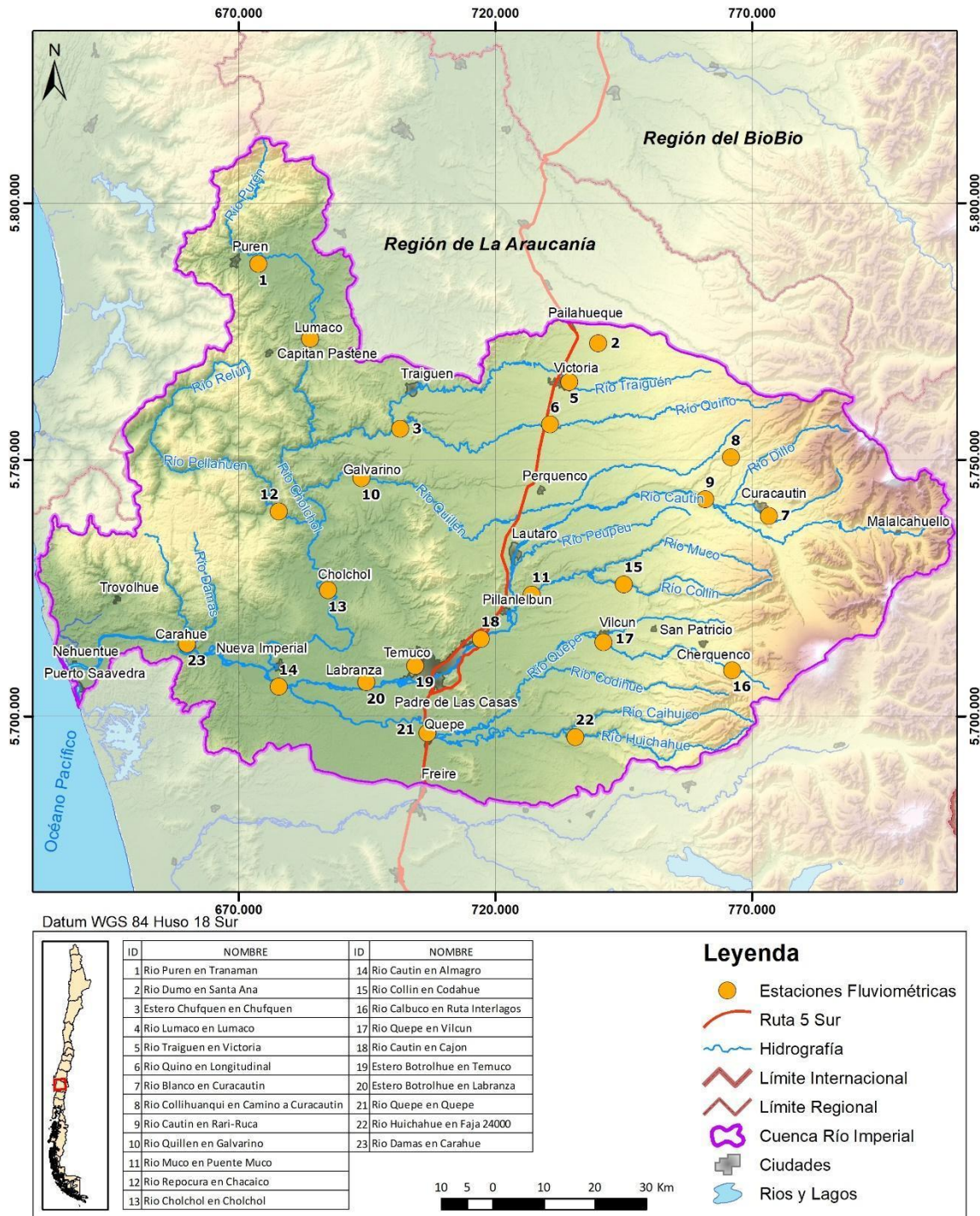
En las siguientes figuras se puede observar la distribución de la red hidrométrica superficial y subterránea en la Cuenca Imperial.

- Estaciones de monitoreo de aguas subterráneas (Figura 2-20).
- Estaciones de monitoreo fluviométricas (Figura 2-21).
- Estaciones de monitoreo meteorológicas (Figura 2-22).



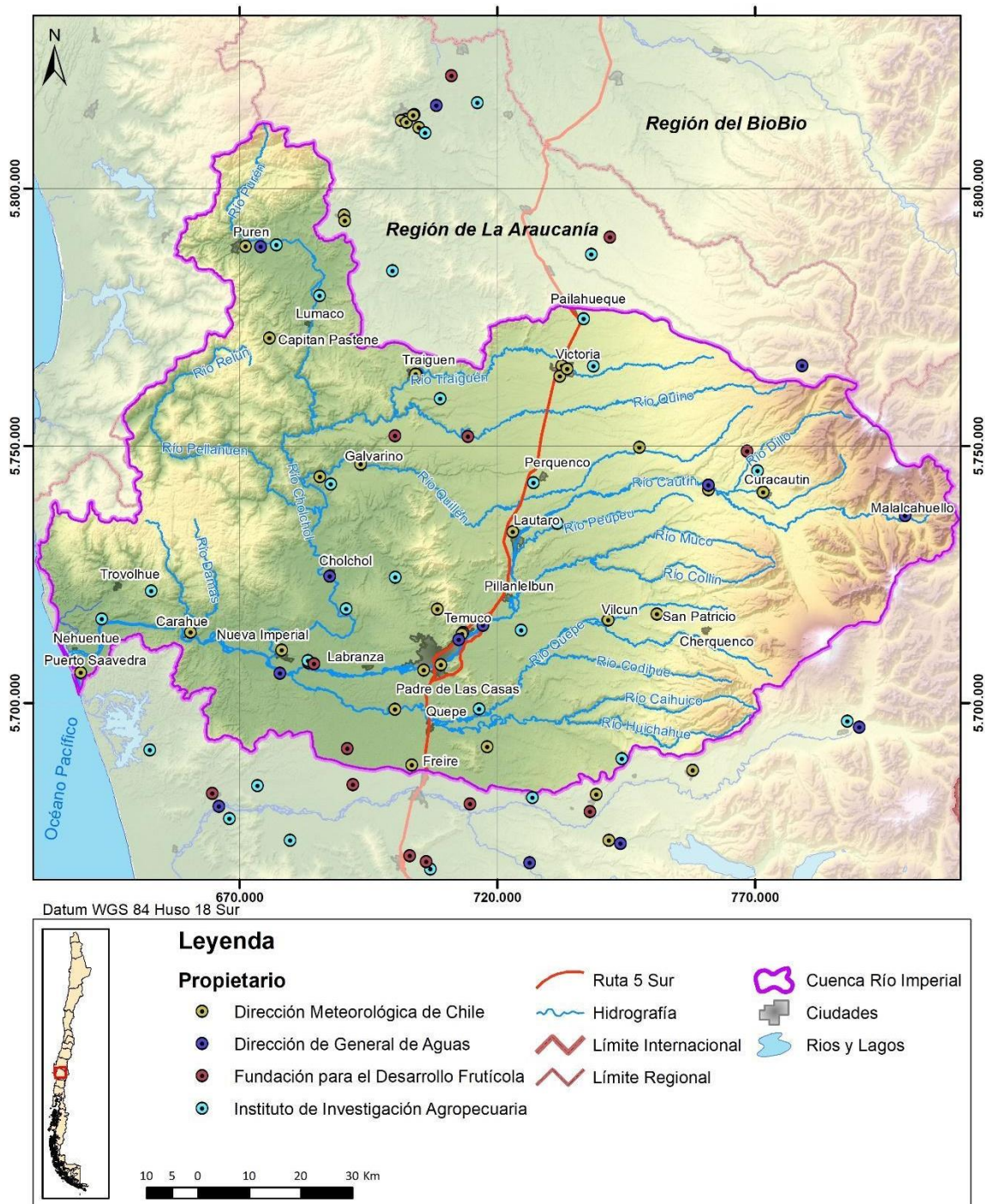
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-20. Ubicación de las estaciones de observación de niveles subterráneos en Cuenca del Río Imperial.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-21. Ubicación de las estaciones Fluviométricas en Cuenca del Río Imperial.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-22. Ubicación de las estaciones Meteorológicas en Cuenca del Río Imperial.**

#### 2.4.2.1 Diagnóstico de la red Hidrométrica

Para determinar el estado y funcionamiento de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Imperial, se analizó lo descrito por el estudio Análisis crítico de las redes hidrométricas Zona Sur y Austral, de la DGA del 2014, como también lo descrito por el Estudio Hidrogeológico, Región De La Araucanía DGA 2016 y estudio Diagnóstico Plan Maestro de Recursos Hídricos, Región de Los Ríos DGA 2016.

También se analizó la información registrada por la Dirección de Meteorología de Chile a través del Catastro Nacional de Estaciones Meteorológicas, para las regiones de Araucanía y los Ríos.

De acuerdo con lo revisado en los estudios mencionados y lo revisado en Mapoteca Digital de la DGA<sup>3</sup>, se puede mencionar que en general para la cuenca del Río Imperial, las estaciones se encuentran en buen estado. En cuanto a las estaciones meteorológicas y de aguas subterráneas, todas fueron consideradas en buen estado, de acuerdo con la idoneidad de infraestructura y emplazamiento, según lo mencionado en estudio DGA, 2014.

- Emplazamiento de Estaciones Fluviométricas y Meteorológicas.

Se estima que la cuenca del Río Imperial se encuentra bien controlada con el emplazamiento actual de estaciones fluviométricas. Según el análisis en DGA (2014c), como criterio se puede desprender que de las cuencas caracterizadas como Regulares, se pueden instalar estaciones, con el fin de mejorar la densidad y distribución, con el fin de controlar de forma íntegra las cuencas.

**Tabla 2-18. Idoneidad por ubicación espacial estaciones Fluviométricas.**

Región	Cuenca	Superficie Km <sup>2</sup>	Estaciones	Densidad Km <sup>2</sup> /Est.	Observaciones	Clasificación
Araucanía	Río Imperial	12.653	17	745,13	Cuenca controlada en cabecera y zona media. Falta control en salida.	R (regular)

Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2014c.

<sup>3</sup> <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/default.aspx>

Se estima que las estaciones meteorológicas de las cuencas de estudio se encuentran bien controladas con el emplazamiento actual de estaciones meteorológicas, como se muestra en la Tabla 2-19.

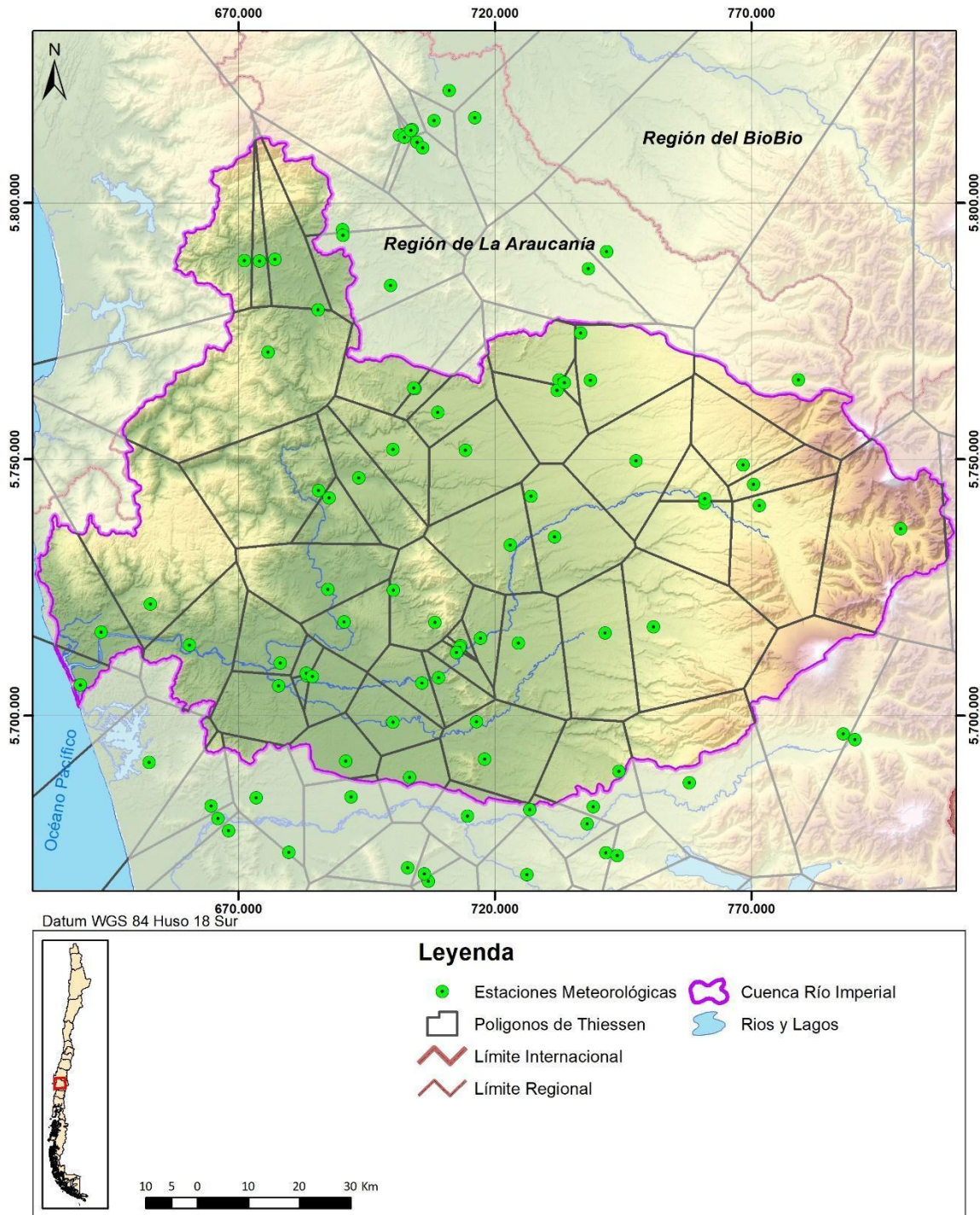
**Tabla 2-19. Idoneidad por ubicación espacial estaciones meteorológicas.**

Región	Cuenca	Superficie Km <sup>2</sup>	Estaciones	Densidad Km <sup>2</sup> /Est.	Observaciones	Clasificación
Araucanía	Río Imperial	12.653	22	575,79	Distribución homogénea de estaciones	B (Bueno)

Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 2014c.

- **Análisis Área Polígonos De Thiessen**

De las 23 estaciones meteorológicas seleccionadas por la longevidad de sus estadísticas, 16 cumplen con los criterios mínimos de la OMM1 y 6 no cumplen con el criterio mínimo. Estos criterios mínimos dicen relación con densidad mínima (km<sup>2</sup>/Estación) para que la precipitación se considere representativa de la superficie que abarca la estación (ver Figura 2-23).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-23. Polígonos de Thiessen.**

- Red de Sedimentos

En el estudio "Análisis Crítico de las Redes Hidrométricas, zona sur", elaborado por Rhyma para la DGA (2014,c), también se realizó un análisis de la estrecha relación existente entre el control Pluviométrico y el control de sedimentos, y considero los siguientes aspectos, para su análisis.

Los puntos de muestreo de la red Sedimentométrica deben encontrarse ubicados en los mismos puntos de las estaciones de la red Fluviométrica, esto porque debe existir concurrencia espacial y temporal en la obtención de los datos correspondientes.

La necesidad de monitoreo incremental se establece a partir de la necesidad de incorporar en aquellas subcuencas no controladas, que se estiman de relevancia, de forma de mejorar la cobertura para los efectos de caracterización sedimentológica.

Se ha estimado como criterio general incrementar la cobertura de monitoreo en las cuencas altas asociadas al concepto de cambio climático, debido a que el cambio en el régimen hidrológico mencionado junto con generar caudales de crecidas pluviales mayores puede traer ligado una mayor producción de sedimentos.

Del mismo modo, en el caso de cuencas costeras se estima necesario incrementar el monitoreo Sedimentométrico, primero para lograr una caracterización más detallada de base y de disponer de la capacidad de registrar su evolución asociada a escenarios.

Análisis de otras redes hidrometeorológicas.

A partir de los datos del Catastro Nacional de Estaciones Meteorológicas de la DMC para las regiones de Araucanía, se identificaron las estaciones de la cuenca del Río Imperial, las cuales se muestran en la Figura 2-22. Dichas estaciones se revisaron en portal de la DMC, constatando que se encuentran vigentes. En Anexo J4-1 se incluye planilla con las características de las estaciones catastradas por la DMC.

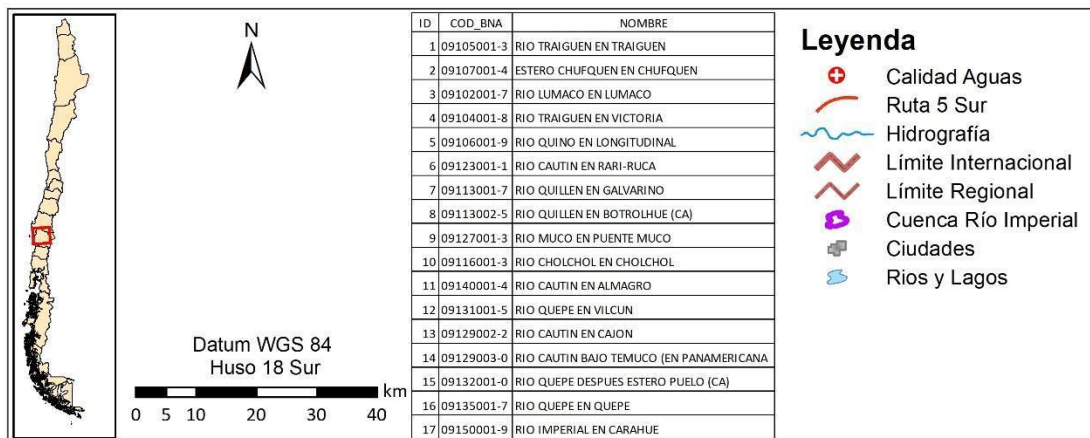
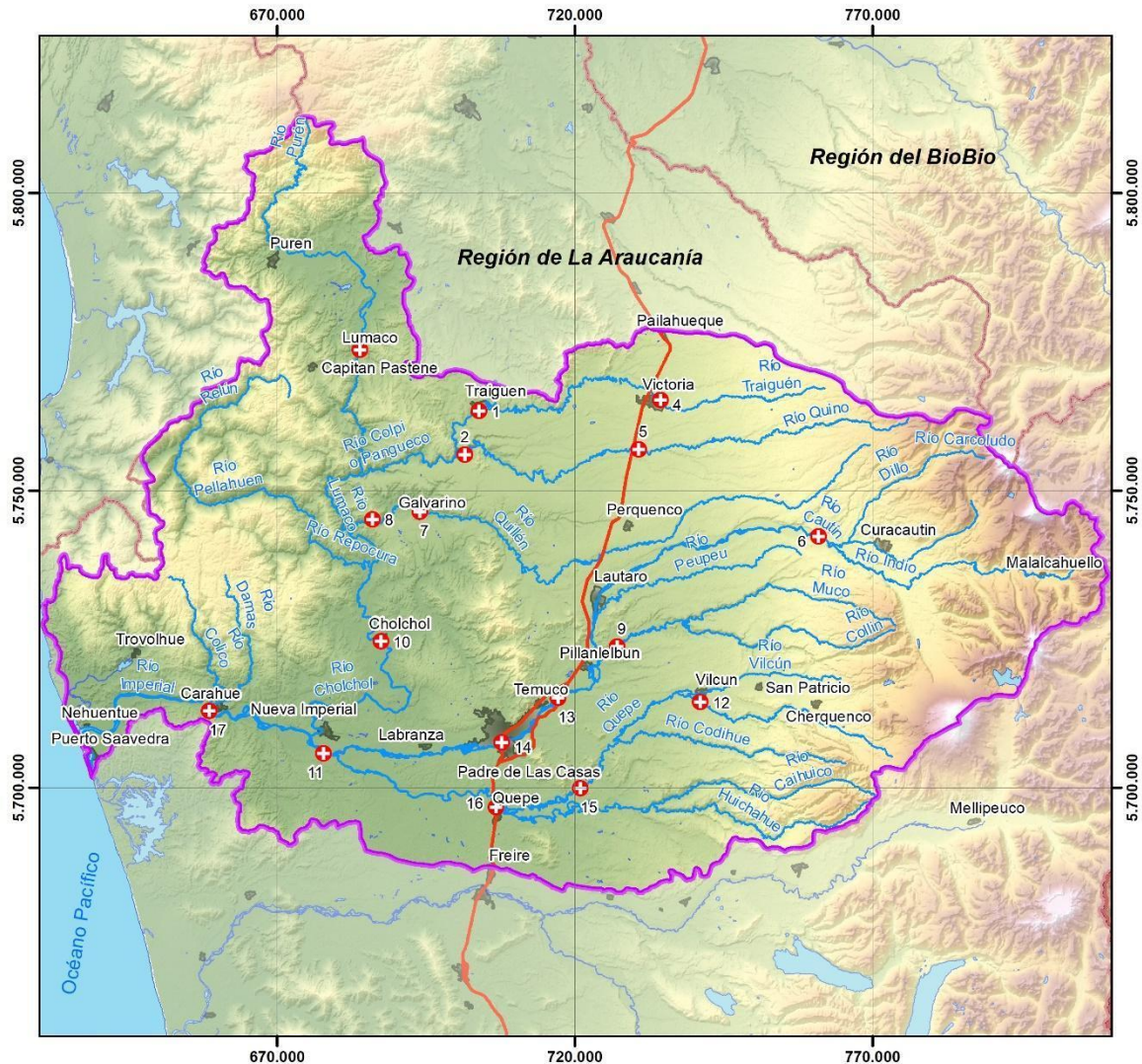
#### 2.4.3 Red de calidad

Según la red hidrométrica de la DGA, en la cuenca del río Imperial es posible detectar 17 estaciones de calidad de agua, de las cuales sólo 12 de ellas cuentan con información histórica. En la Tabla 2-20 se resume información de las estaciones de la red de monitoreo presentes en la cuenca del Río Imperial, las cuales se pueden visualizar espacialmente en la Figura 2-24.

**Tabla 2-20. Estaciones de Calidad de Agua por subcuencas del Río Imperial.**

Nº	COD_BNA	NOM_ SUB CUENCA	NOMBRE ESTACIÓN	PERIODO
1	09105001-3	SUB CUENCA DEL RÍO LUMACO	Río Traiguén En Traiguén	1990-2019
2	09107001-4		Estero Chufquen En Chufquen	S/I
3	09102001-7		Río Lumaco En Lumaco	1990-2019
4	09104001-8		Río Traiguén En Victoria	S/I
5	09106001-9		Río Quino En Longitudinal	1990-2019
7	09113001-7	SUB CUENCA RÍO CHOL-CHOL	Río Quillén En Galvarino	S/I
8	09113002-5		Río Quillén En Botrolhue (Ca)	1990-2019
10	09116001-3		Río Cholchol En Cholchol	1990-2019
14	09129003-0	SUB CUENCA DE RÍO CAUTÍN	Río Cautín Bajo Temuco	1990-2019
9	09127001-3		Río Muco En Puente Muco	1990-2019
11	09140001-4		Río Cautín En Almagro	1990-2019
13	09129002-2		Río Cautín En Cajón	S/I
6	09123001-1		Río Cautín En Rari-Ruca	1990-2019
12	09131001-5	SUB CUENCA RÍO QUEPE	Río Quepe En Vilcún	1990-2019
15	09132001-0		Río Quepe Después De Estero Puelo	S/I
16	09135001-7		Río Quepe En Quepe	1990-2019
17	09150001-9	SUB CUENCA RÍO IMPERIAL	Río Imperial En Carahue	1990-2019

Fuente: Elaboración propia.



Elaboración propia a partir de información Conservación. DGA

**Figura 2-24. Red de Calidad de Aguas Superficiales Cuenca Río Imperial.**

## **2.5 Nuevas Fuentes Existentes**

A continuación, se presenta información respecto a la recarga de acuíferos como nueva fuente del recurso hídrico. No se encontraron antecedentes de Acuíferos Profundos, Cosecha de Aguas Lluvias, Desalinización y Uso de Aguas Servidas Tratadas.

Una opción interesante de analizar en cuanto a generación de nuevas fuentes de otras componentes combinadas, como la calefacción en base a geotermia de baja entalpía, se presenta como una alternativa interesante que permitiría usar el agua subterránea retornándola al acuífero a fin de resolver el grave problema de contaminación del aire que tiene actualmente Temuco. Es decir, a través de un uso sustentable de los acuíferos se puede contribuir a solucionar un problema de contaminación atmosférica además de insertarse en un escenario de cambio climático con el desarrollo de energías renovables.

### **2.5.1 Recarga de acuíferos**

No se encontraron antecedentes de obras de recarga de acuíferos en la cuenca, sin embargo el Centro Tecnológico Territorio Mayor de la Universidad Mayor, se adjudicó durante el año 2020, un Fondo de Innovación de la Competitividad FIC, del GORE Araucanía, para ejecutar el proyecto "Piloto de recarga de acuíferos asociado a sistemas de agua potable rural", que en particular busca, a través de la implementación de técnicas de conservación de suelo y agua, la recarga natural de los acuíferos y así contribuir a una mejor generación de agua potable en los sectores rurales de las comunas de Purén, Nueva Imperial, Teodoro Schmidt y Padre Las Casas.

## **2.6 Gobernanza del agua a nivel de cuenca**

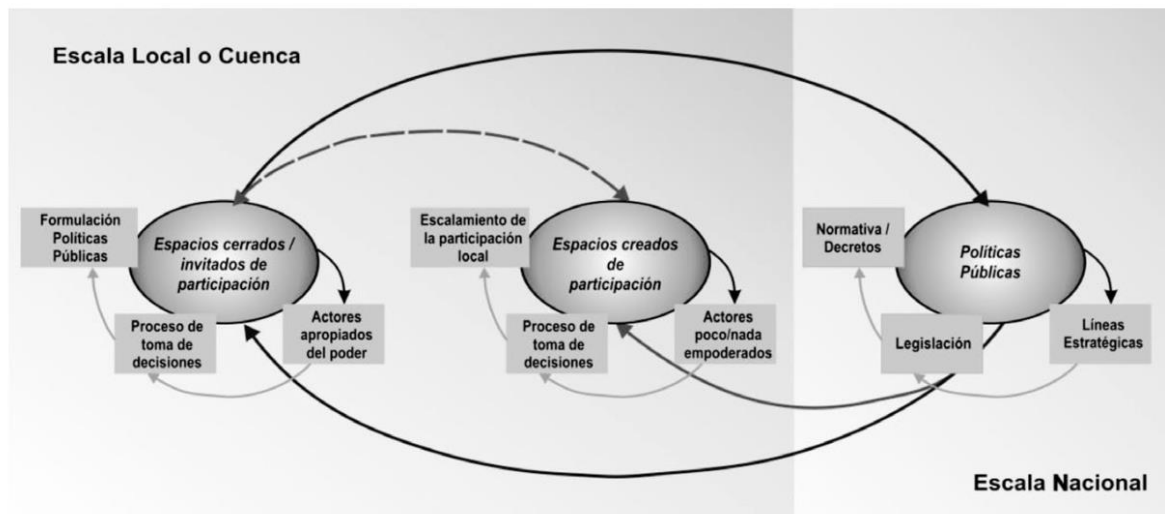
A partir de la revisión bibliográfica realizada a los diferentes procesos de participación ciudadana en la gestión hídrica de la cuenca, y de las experiencias nacionales e internacionales publicadas, se presentan los elementos centrales que componen o deben estar presente en un modelo de gobernanza de una cuenca (para más detalles sobre Gobernanza ver Anexo I: Participación Ciudadana (PAC) - Capítulo 1: Recopilación de Antecedentes de Participación Ciudadana en la cuenca de Imperial).

Se entiende por Gobernanza del agua como la capacidad institucional de un país para involucrar al sector público, a los agentes productivos y a la ciudadanía en una adecuada formulación e implementación de la GIRH. En tal sentido, puede decirse que la Gobernanza del agua es una forma participativa y legitimada socialmente de resolución de conflictos entre las distintas prioridades sociales, culturales, económicas, ambientales y políticas sobre el uso del recurso hídrico. Un conjunto de reglas, prácticas y procesos en los

cuales se toman e implementan las decisiones, enfatizando que los tomadores de decisiones son responsables y deben rendir cuentas. Los principales desafíos que la gobernanza hídrica debe enfrentar son:

- Escasez y seguridad hídrica.
- Sobreexplotación y aumento de la población.
- Contaminación.
- Infraestructura (renovar construcciones antiguas, actualizar tecnologías obsoletas e implementar nuevas obras requeridas).
- Eventos meteorológicos extremos (sequía e inundaciones).
- Deterioro medio ambiental y de los ecosistemas relacionados con cuerpos de agua.
- Amenazas del Cambio Climático (incendios, adaptación a nuevos escenarios)

Considerando que el agua vincula distintos sectores, lugares y personas, en aspectos tan importantes como salud, medio ambiente, agricultura, energía y la planificación espacial, entre otros aspectos, es que se requiere de una gobernanza multinivel con buena coordinación para mitigar su fragmentación (OCDE, 2015). A continuación, se presenta un modelo de integración horizontal a nivel de cuenca (Figura 2-25), escala mínima de gobernanza, donde existen espacios cerrados y creados de participación que permiten reunir a la totalidad de los actores (empoderados y marginados). Y este nivel a su vez se relaciona con un nivel superior de decisión, integración vertical, con el objetivo de influir en las políticas públicas (Retamal et al., 2013).



### **Figura 2-25. Modelo de Integración Multinivel.**

No hay un modelo único de gobernanza efectiva del agua, sino que se deben ajustar a las particularidades socio territoriales de cada cuenca. Sin embargo, existen algunos principios básicos esenciales para una gobernanza efectiva del agua, como los señalados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que se agrupan en tres (3) dimensiones que mutuamente se refuerzan y complementan. Estas son Efectividad, Eficiencia y Confianza - Participación (OCDE, 2015) (Figura 2-26).

La "Efectividad" ayuda a definir con claridad las metas y los objetivos sostenibles de las políticas del agua en todos los órdenes de gobierno, en la implementación de dichos objetivos de política, y en la consecución de las metas esperadas.

- Principios de Efectividad
- Roles y responsabilidades claras
- Escalas apropiadas dentro de los sistemas de cuenca
- Coherencia de políticas
- Capacitación

La "Eficiencia" ayuda a maximizar los beneficios de la gestión sostenible del agua y su bienestar, al menor costo para la sociedad.

- Principios de Eficiencia
- Datos e información
- Financiación
- Marcos regulatorios
- Gobernanza innovadora

La "Confianza y la Participación" permiten garantizar la inclusión de los actores a través de legitimidad democrática y la equidad.

- Principios de Confianza y Participación
- Monitoreo y evaluación
- Arbitraje entre usuarios
- Involucramiento de las partes interesadas
- Integridad y transparencia



Fuente: OCDE, 2015.

**Figura 2-26. Principios y dimensiones en la gobernanza del agua.**

Los desafíos en materia de gobernanza plantean no sólo el cuestionamiento de qué hacer, sino también, quién hace qué y por qué, a qué nivel de gobierno y el cómo. Las políticas sólo serán viables si son coherentes, con calendarios previstos y en base a una clara asignación de funciones entre las autoridades competentes y sujetas a la supervisión y evaluación periódica. La gobernanza del agua puede contribuir al diseño e implementación de políticas públicas sólidas, mediante una responsabilidad compartida entre los distintos órdenes de gobierno, la sociedad civil, las empresas y la amplia gama de actores que juegan un importante papel en la buena gobernanza del agua.

En Chile, las cuencas hidrográficas son en general pequeñas (100 km de largo aprox.), con climas, aptitudes y actividades económicas muy distintas; características que hacen difícil el replicar modelos de otros lugares e incluso tener un modelo único de gobernanza para todas las cuencas del país. Por lo tanto, cada cuenca y sus actores claves serán quienes definirán, en última instancia, la estructura y su sistema de gobernanza.

Sin embargo, se debe considerar, a lo menos, que un nuevo modelo de gestión hídrica resguarde el interés público, los ecosistemas críticos y la participación de todos los actores; incluidos aquellos sin DAA. Además, se deben considerar las distintas fases del sistema hidrológico, integrando las aguas superficiales con las subterráneas y sus relaciones con otros bienes y servicios ecosistémicos que provee la cuenca; profundizando una gestión hídrica integrada (Melo, 2020).

Por otro lado, se debe considerar que las decisiones tomadas en la parte alta de la cuenca afectan la recarga del acuífero de su parte baja. Lo que ratifica la necesidad de tener un organismo a nivel de cuenca como sistema integral que permita la resolución de los conflictos, y fomente una administración armoniosa, justa y sostenible. Para ello, se requieren cambios legales que permitan responder a los requerimientos de una nueva gobernanza (Melo, 2020). Por lo tanto, se requiere de un espacio de conversación con el Estado que permita integrar lo público (Estado) y lo privado (Arriagada, 2020).

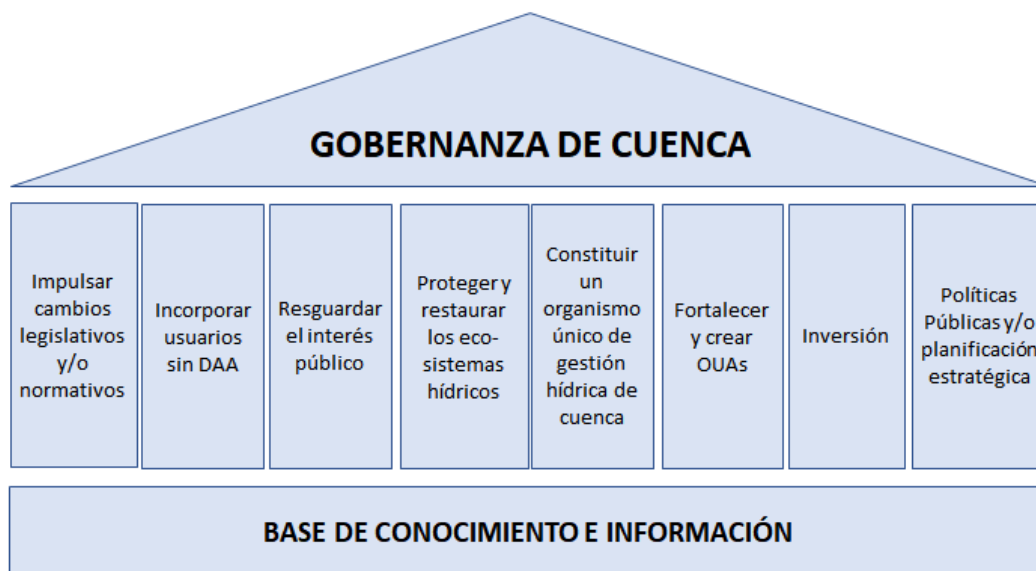
Para lograr de manera efectiva una nueva gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca se debería considerar, en primera instancia, la participación de las Organizaciones Usuarias de Agua (OUA) existentes, pues ya tienen capacidades instaladas y cuentan actualmente con las atribuciones legales (Vallejos, 2020). Sin embargo, se requiere crear nuevas OUA y aumentar sus atribuciones, fortalezas y respaldos que les permitan implementar una nueva gobernanza. Además, se deben buscar los mecanismos para incorporar en las OUA a los usuarios sin DAA, y exigir que todo usuario pertenezca a una OUA y reporte el consumo real de agua.

A nivel de cuenca se propone la creación de un Organismo, que represente legítimamente a todos los beneficiarios e interesados (incluyendo el bien común y el interés público), y que pueda dictar políticas a nivel de cuenca, así como también, coordinar la gestión integrada de instrumentos y las facultades reguladoras de la autoridad, con adecuados mecanismos de participación (Peña, 2020).

Un organismo único de gestión hídrica a nivel de cuenca que cuente con la legitimidad, la información y la capacidad técnica y legal para tomar decisiones. Capaz de romper con la inercia del sistema tradicional de gestión hídrica basado en un modelo jerárquico y centralizado, que se opone a los modelos bidireccionales de gestión que recogen las propuestas desde los territorios e implementan políticas desde los servicios públicos.

En relación a las prioridades o desafíos que debe abordar una organización de cuenca, podemos tomar en consideración los resultados de la encuesta de la Mesa Nacional del Agua. Estos son: la "Conservación de fuentes naturales de agua", "Mejorar las leyes relacionadas con el agua" y la "Propiedad de las aguas" (MOP, 2020).

Adicionalmente, se debe crear un Sistema Integrado de Gestión Hídrica que permita compilar y sistematizar toda la información oficial existente a nivel de cuenca, lo que implica una importante inversión económica gubernamental en información, conocimiento y herramientas sobre el agua. El conocimiento y la información son la base que sustenta la gobernanza, por lo tanto, el énfasis no debe estar solo en el levantamiento de datos, sino también en los servicios de acceso y en la forma en que se presentan y comparten dichos datos. Es decir, resulta fundamental que los distintos actores involucrados puedan comprender la información, de manera que les resulte útil en los procesos de toma de decisión (Banco Mundial, 2021) (ver Figura 2-27).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-27. Esquema de gobernanza para la cuenca del Río Imperial.**

Finalmente, en la cuenca del río Imperial sólo se encuentran experiencias o iniciativas orientadas a la creación de mesas de agua, comités de recursos hídricos, encuentros ciudadanos y otras similares, sin que se hayan definido iniciativas formales de gobernanza local ni de cuenca. La escasez del recurso hídrico, en un contexto de cambio climático, también repercute en La Araucanía. Los análisis que se han hecho señalan que

se producirán aumentos en la temperatura, y reducción de la pluviometría, lo que provocará un desplazamiento hacia el sur de Chile de plantaciones forestales, agricultura extensiva, fruticultura de exportación, ganadería y explotaciones acuícolas, entre otros rubros productivos. Para lo cual se hace urgente contar con una nueva gobernanza, capaz de operar a distintos niveles con una visión de conjunto, y que incorpore a los distintos tipos de usuarios y resguarde el interés público con una planificación estratégica vinculante de corto, mediano y largo plazo. Es importante que este proceso de gobernanza tienda hacia la articulación entre sociedad civil, autoridades, sector productivo, universidades y usuarios, así como también, al fortalecimiento de las capacidades locales para la acumulación y distribución de agua.

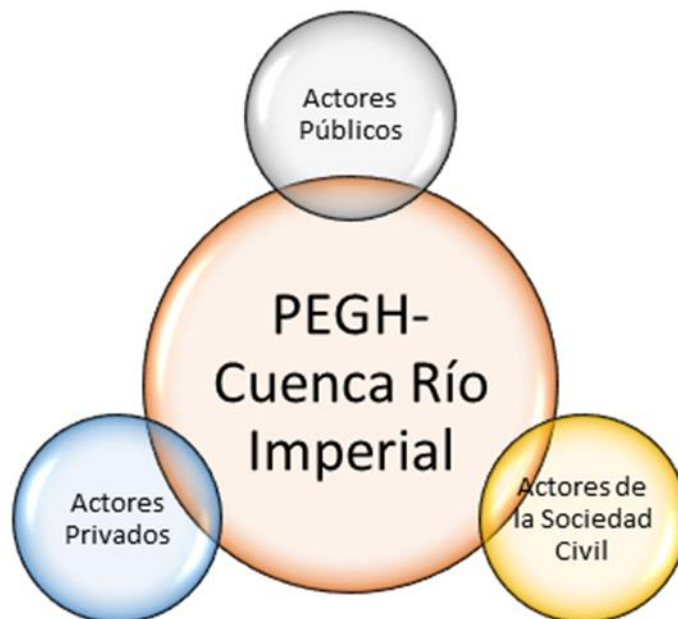
### 2.6.1 Mapa de actores

El Mapa de actores es una herramienta que permite reconocer las estructuras sociales y/o redes de relacionamiento social de un determinado territorio, mediante la identificación de actores sociales clave o stakeholder, los que pueden ser personas, grupos u organizaciones que tienen interés en un proyecto o programa, y tienen la capacidad de influenciar significativamente su ejecución. Es decir, son actores que tienen algo que ganar o perder, y poseen información, recursos y experiencia. En otras palabras, el actor social clave es una unidad generadora de acción o de relación social, que opera siempre con orientaciones, motivos, expectativas y fines, dentro de una situación determinada. Por lo tanto, los actores sociales o stakeholders se identifican y definen en relación a un aspecto específico de la realidad, tópico o asunto sobre los cual las personas realizan una acción concreta (Tapella, 2007).

En este caso, un proceso de transformación de la gestión hídrica de la cuenca desde un modelo enfocado en el aprovechamiento hacia otro orientado a la gestión integrada de cuenca se relaciona con tres (3) tipos de actores sociales clave (ver Figura 2-28). Estos son:

- **Actores Públicos:** En el marco del presente PEGH entenderemos por Actores Públicos como aquellos dependientes del Gobierno y/o el Estado de Chile. Esta tipología está integrada por funcionarios de los distintos ministerios, servicios públicos y municipalidades, además de las autoridades electas como alcaldes, concejales, gobernadores y/o parlamentarios, que operan directa o indirectamente en la cuenca del Río Imperial.

- Actores Privados: En esta categoría se incluyeron aquellos actores vinculados a la transformación de los recursos naturales en productos esenciales, a gran y mediana escala en la cuenca del río Imperial. Las principales actividades productivas presentes en el territorio son la forestal, la gran y mediana agricultura, la generación energética, la piscicultura, los servicios sanitarios y la minería -extracción de áridos-, entre otros.
- Actores de la Sociedad Civil: Se consideran en esta categoría a todos aquellas organizaciones formales e informales que buscan influir en la toma de decisiones en el ámbito público. Se incluyen a las organizaciones productivas de baja escala, a las OUAs -aunque algunos de sus miembros puedan operar a mayor escala productiva-, así como también, los Comité de Agua Potable Rural (APR), las Comunidades Indígenas y sus autoridades formales (directivas), ancestrales (lonko) y/o espirituales (machi), las Juntas de Vecinos, las Agrupaciones Medio Ambientales y Colectivos. Finalmente, también se incluyen a las universidades, centros de estudios, colegios profesionales, ONG, consultoras y/o expertos.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-28. Mapa de actores sociales claves en la gestión del Recurso Hídrico en la cuenca del río Imperial.**

### 2.6.1.1 Actores sociales clave en la cuenca del Río Imperial

Para la identificación de los actores claves del proyecto, se consideró, en primer lugar, el proceso participativo previo realizado durante el "Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Imperial" (Ayala et al., 2001), los que posteriormente fueron complementados y actualizados con actividades de participación ciudadana y revisión de medios, los que se exponen en detalle en el Anexo I: Participación Ciudadana (PAC). Considerando todos los antecedentes recopilados, se elaboró el siguiente listado de actores sociales claves para la gestión del recurso hídrico en la cuenca del río Imperial.

#### 1) Actor "Público"

1.1) MOP - DGA, Nivel Nacional

1.2) MOP - DGA, DOH y SISS, Región de La Araucanía

1.3) MINAGRI - CNR e INDAP, Región de La Araucanía

1.4) MDSF - CONADI, Región de La Araucanía

1.5) MMA - SEREMI, Región de La Araucanía

1.6) Municipalidades en la cuenca (21 en total)<sup>4</sup> : Angol - Carahue - Cholchol - Cunco - Curacautín - Ercilla - Freire - Galvarino - Lautaro - Los Sauces - Lumaco - Nueva Imperial - Padre Las Casas - Perquenco - Saavedra - Purén - Temuco - Teodoro Schmidt - Traiguén - Victoria - Vilcún, Región de La Araucanía

#### 2) Actor "Privado" o "Productivo"

2.1) Agrícola: SOFO - Sociedad de Fomento Agrícola de Temuco

2.2) Forestal: CORMA - Corporación de la Madera, Louisiana Pacific Chile, EAGON Lautaro y CMPC-Forestal Mininco, entre otros.

---

<sup>4</sup> Son 23 comunas las que abarca la cuenca del río Imperial, sin embargo, en 2 comunas - Melipeuco y Lonquimay- el territorio es muy pequeño y no habitado, por lo tanto, no fueron consideradas. En caso de Melipeuco, el sector ubicado al interior de la cuenca del Imperial corresponde a un sector de 43 km<sup>2</sup> al interior de la Reserva Nacional Conguillio, no habitado según el mapa censal del INE 2002 (distrito Censal 01 - Código 09110). En el caso de Lonquimay, el sector ubicado al interior de la cuenca del Imperial corresponde a un sector de solo 1 km<sup>2</sup> en un sector cordillerano no habitado sobre los 2000 msnm en el sector de Sierra Nevada.

2.3) Hidroelectricidad: Hidroeléctrica Trueno - Vilcún (4,15 Mw) y El Agrio - Curacautín (2,51 Mw)

2.4) Piscicultura: Salmones Captren, Nalcahue, Salmonifera Dalcahue, Aquasur, AquaChile, Malalcahuello y Aquasan, entre otros.

2.5) Minería: San Vicente, Manquehue, Paso Malo, La Frontera y Pirineos, entre otros.

2.6) Sanitaria: ESSAR, ESSSI y QUEPE.

3) Actores de la "Sociedad Civil"

3.1) Organizaciones de Usuarios de Agua: 16 OUA en la cuenca (DGA, 2020)

3.2) Comité de Agua Potable Rural: 168 APR en la cuenca (DOH y GORE, 2020)

3.3) Comunidades Indígenas: 1.423 Comunidades en la cuenca (CONADI, 2020)

3.4) Organizaciones Territoriales, Culturales, Medio Ambientales y/o Académicas: Movimiento Cautín Libre, Observatorio Ciudadano, Universidad Arturo Prat de Victoria, UFRO y UCT, entre otros.

A continuación, se presenta la caracterización de cada uno de los actores sociales claves identificados y su respectiva valoración según el grado de influencia e interés; utilizando las categorías de "Alto", "Medio" y "Bajo". El grado de influencia se establece según la capacidad del actor de participar en la gestión y toma de decisión de los recursos hídricos en la cuenca, sea de manera positiva o negativa. Mientras que el grado de interés se pondera según la participación del actor en los diversos procesos participativos en relación a la gestión del agua.



**Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.**

Tipo	Actor Social / Stakeholder	Influencia	Interés	Caracterización (Acciones, Intereses y/o Relaciones)
Público	1.1) MOP - DGA, Nivel Nacional	ALTO	ALTO	Mandante del actual PEGH- Cuenca Río Imperial. Secretario Ejecutivo de la “Mesa del Agua”. Se relaciona jerárquicamente con 1.2) DGA, DOH y SISS, Región de La Araucanía.
Público	1.2) MOP - DGA, DOH y SISS, Región de La Araucanía	ALTO	BAJO	Tuvieron una baja participación en el PEGH. Funciones principales: Otorgan DAA, monitorean el recurso hídrico, fiscalizan, construyen obras y aseguran el acceso al agua potable a los habitantes. Relaciones técnicas con 1.3) INDAP, 1.4) CONADI y 1.5) MMA., y relaciones de colaboración con 3.1) OUA y 3.2) APR.
Público	1.3) MINAGRI - CNR e INDAP, Región de La Araucanía	MEDIO	ALTO	Ejecutan diversos programas de apoyo a los agricultores en el acceso al recurso hídrico, poseen una fuerte presencia en los territorios (Ley 18.450, PRODESAL - PDTI). Relaciones de colaboración con organizaciones 3.4) territoriales e 3.3) indígenas, y relaciones técnicas con la 1.2) DGA, DOH y 1.4) CONADI.
Público	1.4) MDSF - CONADI, Región de La Araucanía	MEDIO	MEDIO	Administran el Fondo de Agua que permite la compra de DAA en favor de las 3.3) comunidades indígenas. Relaciones técnicas con la 1.2) DGA y 1.3) INDAP.

**Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.**

Tipo	Actor Social / Stakeholder	Influencia	Interés	Caracterización (Acciones, Intereses y/o Relaciones)
Público	1.5) MMA - SEREMI, Región de La Araucanía	MEDIO	MEDIO	Diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental y de protección de los recursos naturales. Destaca su rol en los procesos de evaluación ambiental. Tiene relaciones técnicas con privados (2.1 al 2.5) y con 3.4) las organizaciones de la sociedad civil.
Público	1.6) Municipalidades en la cuenca (21 en total)	MEDIO	BAJO	Abastecen de agua potable a sectores sin abastecimiento a través de camiones aljibes. Apoyan la regularización de DAA, la protección del medio ambiente y regulan la extracción de áridos a través de los Planos Reguladores Comunes. Tienen una relación colaborativa con 1.3) INDAP, 1.4) CONADI y con 3.2) APR, 3.4) organizaciones territoriales, medioambientales y 3.3) indígenas. En general no presentan una participación activa en la gestión del agua, con excepción de la municipalidad de Imperial (nivel Medio).
Privado	2.1) Agrícola: SOFO - Sociedad de Fomento Agrícola de Temuco	MEDIO	ALTO	Apoyan a los agricultores, actores de gran relevancia en la cuenca. Poseen alto nivel de conocimiento técnico y social de la cuenca. Tienen relación de colaboración con 3.1) OUA, 3.2) APR y 3.4) organizaciones territoriales. Relaciones técnicas con 1.3) CNR e INDAP.

**Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.**

Tipo	Actor Social / Stakeholder	Influencia	Interés	Caracterización (Acciones, Intereses y/o Relaciones)
Privado	2.2) Forestal: CORMA - Corporación de la Madera	MEDIO	BAJO	Agrupación de distintas empresas forestales, destacando la CMPC - Forestal Mininco. Actividad productiva de alto impacto según diversos actores de la sociedad civil. Poseen DAA consuntivos superficiales y subterráneos. Relaciones de conflicto con 3.3) comunidades indígenas y 3.4) organizaciones medioambientales. Relaciones técnicas con la autoridad ambiental 1.5) MMA.
Privado	2.3) Hidroelectricidad: El Trueno -Vilcún (4,15 Mw) y El Agrio-Curacautín (2,51 Mw)	MEDIO	BAJO	Generadoras hidroeléctricas, poseen gran cantidad de DDA no consuntivos y modifican el curso de los ríos. Relación de conflicto con 3.3) comunidades indígenas y 3.4) organizaciones territoriales y medioambientales. Relaciones técnicas con la autoridad ambiental 1.5) MMA.
Privado	2.4) Piscicultura: Salmones Captren, Nalcahue, Salmonifera Dalcahue, Aquasur, AquaChile, Malalcahuello y Aquasan, entre otros.	MEDIO	BAJO	Empresas salmoneras con DAA consuntivos (superficiales y subterráneos) y no consuntivos; estos últimos en gran volumen. Su operación afecta la calidad de las aguas superficiales según el testimonio de los actores de la sociedad civil. Relación de conflicto con 3.4) organizaciones territoriales y medioambientales. Relaciones formales con autoridad ambiental 1.5) MMA.

**Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.**

Tipo	Actor Social / Stakeholder	Influencia	Interés	Caracterización (Acciones, Intereses y/o Relaciones)
Privado	2.5) Minería: San Vicente, Manquehue, Paso Malo, La Frontera y Pirineos, entre otros.	MEDIO	BAJO	Empresas de extracción de áridos, sus obras afectan el curso y calidad de las aguas superficiales según otros actores. Relaciones formales con autoridad ambiental 1.5) MMA y 1.6) municipalidades. Relaciones de conflicto con 3.4) organizaciones territoriales, medioambientales.
Privado	2.6) Sanitaria: ESSAR, ESSSI y QUEPE.	MEDIO	BAJO	Estas tres empresas abastecen de agua potable a los principales entornos urbanos y poseen sistemas de tratamiento de aguas servidas. Poseen gran cantidad de DAA consuntivos (superficiales y subterráneos). Relaciones de conflicto con 3.3) comunidades indígenas y 3.4) con organizaciones medioambientales. Relaciones técnicas con 1.2) SISS.
Sociedad Civil	3.1) Organizaciones de Usuarios de Agua: 16 OUA en la cuenca (DGA, 2020)	ALTO	ALTO	Destaca el liderazgo del Canal Chufquén y la JdV del Cautín en la zona norte de la cuenca, y las OUA del Quepe en la parte sur de la cuenca. El resto de las OUA no son posibles de contactar. Poseen DAA consuntivos superficiales. Tienen relaciones de colaboración con 1.2) CNR e INDAP, y con 2.1) el sector agrícola. Se relacionan formalmente con 3.3) comunidades indígenas, y 3.4) organizaciones territoriales. Tienen relaciones formales con la 1.2) DGA.

**Tabla 2-21. Caracterización de actores sociales clave en la Gestión Hídrica de la cuenca del río Imperial.**

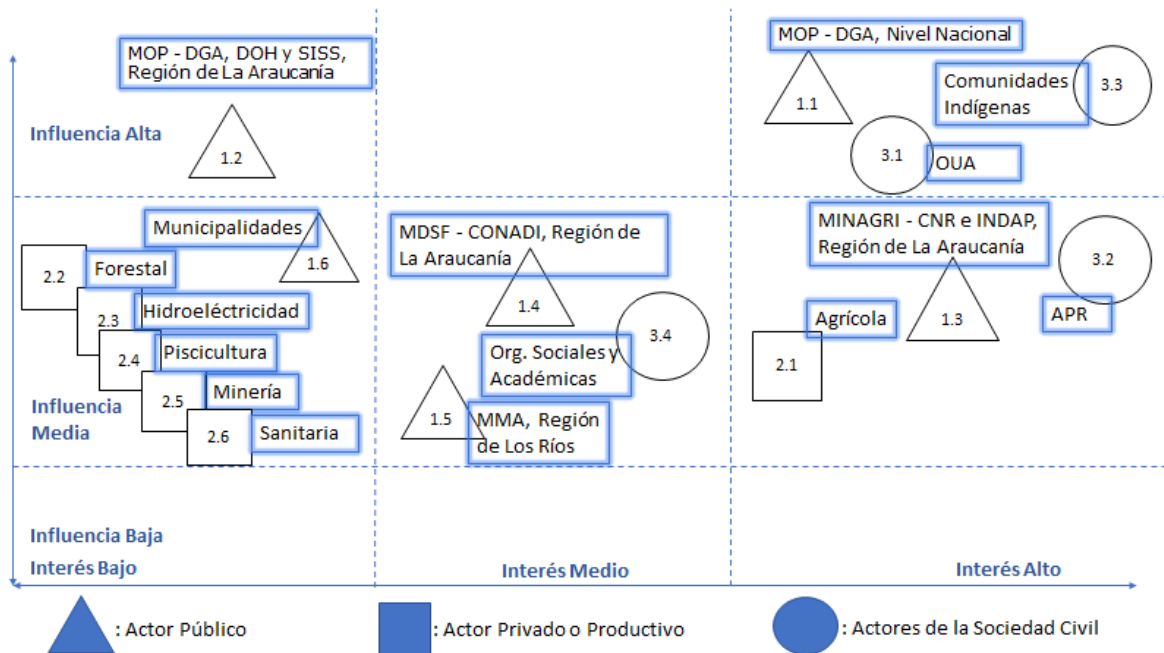
Tipo	Actor Social / Stakeholder	Influencia	Interés	Caracterización (Acciones, Intereses y/o Relaciones)
Sociedad Civil	3.2) Comité de Agua Potable Rural: 168 APR en la cuenca (DOH y GORE, 2020)	MEDIO	ALTO	En la cuenca existen 168 APR según el registro de la DOH y GORE (2020), que abastecen de agua potable a localidades rurales. Los APR poseen DAA consuntivos (superficiales y subterráneos). En su mayoría presentan problemas de administración, infraestructura, escasez de agua y/o propiedad de DAA. Tienen relaciones colaborativas con la 1,2) DOH y/o 1.6) las municipalidades, son fiscalizados por en MINSAL y tienen un fuerte vínculo con las 3.4) organizaciones territoriales y 3.3) indígenas con las cuales se superponen.
Sociedad Civil	3.3) Comunidades Indígenas: 1.423 Comunidades en la cuenca (CONADI, 2020)	ALTO	ALTO	En la cuenca existen 1.423 Comunidades Mapuche según el registro de CONADI (2020). Poseen DAA consuntivos (superficiales y subterráneos), algunos adquiridos por CONADI en lugares lejanos a la comunidad. Hay dificultad para obtener DAA por uso ancestral por la movilidad y la ausencia de derechos disponibles. Relación de conflicto con 2.2) forestales por escasez y contaminación, y 2.3) hidroeléctricas por temas culturales (cosmovisión). Relaciones de colaboración con 1.4) CONADI, 1.3) INDAP y 1.6) las municipalidades.
Sociedad Civil	3.4) Organizaciones Territoriales, Culturales, Medio Ambientales y/o Académicas: Movimiento Cautín Libre, Observatorio Ciudadano, Universidad Arturo Prat de Victoria, UFRO y UCT, entre otros.	BAJO	MEDIO	Organizaciones territoriales y medioambientales preocupadas por la conservación y protección de los ecosistemas hídricos. Poseen conocimiento técnico sobre la gestión hídrica y relaciones de colaboración con 3.3) comunidades indígenas y 1.6) las municipalidades. Relaciones técnicas con los servicios públicos (1.2; 1.3; 1.4 y 1.5) y de conflicto con los privados (2.1; 2.2; 2.3, 2.4 y 2.5).

Fuente: Elaboración propia.

### 2.6.1.2 Matriz Interés-Influencia

A partir de la valoración de los grados de influencia e interés de los actores sociales claves identificados, se elaboró una representación visual con sus posiciones. La Figura 2-29 muestra que la mayoría de los actores de la sociedad civil presentan un alto nivel de interés en la gestión hídrica de la cuenca del río Imperial, con grados de influencia medios y altos. Destacan las OUA y las comunidades indígenas, que junto con el MOP nivel nacional presentan un alto nivel de influencia e interés. Por lo tanto, este tipo de actores deben ser considerados como actores prioritarios que requiere de niveles de participación informativo, consultivo y de habilitación o involucramiento, que permita avanzar hacia los niveles más altos de participación; estos son la colaboración y el empoderamiento (IAP2, 2017). Así como también, los servicios públicos regionales del MINAGRI y los agricultores pues presentan un alto grado de interés sobre el PEGH con influencia media.

Por otro lado, llama la atención el bajo nivel de interés que presentan el MOP regional, los municipios y gran parte de los actores privados o productivos. Entre ambos extremos se ubican la CONADI, el MMA, las organizaciones sociales y el mundo académicos, con nivel medio de interés e influencia. Por lo tanto, requieren que sean considerados a lo menos en niveles informativos y consultivos de participación social.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-29. Diagrama Influencia / Interés de Actores Sociales Clave en la cuenca del río Imperial.**

El análisis del diagrama Influencia / Interés nos permite categorizar a los actores de la siguiente manera:

- Influencia Alta - Interés Alto (actores prioridad 1)

Un primer actor es el MOP-DGA Nivel Nacional (1.1), que actúa como mandante y destinatario del presente PEGH, y por lo tanto, presenta altos niveles de interés e influencia. Además, encontramos en esta categoría a los actores de la sociedad civil OUAs (3.1), destacando los liderazgos del Canal Chufquén y la JdV del Cautín en la zona norte de la cuenca, y las OUA del Quepe. Actores que manifiestan un alto interés y una alta injerencia en la gestión hídrica, por tanto, se trata de actores muy relevantes para el desarrollo del proyecto. También encontramos acá a las comunidades indígenas (3.3), quienes tienen un alto interés con una visión crítica del actual modelo de gestión hídrica orientado a la producción y al lucro. El agua para la cultura Mapuche es un patrimonio cultural y sienten la obligación de defenderla. Destaca el reclamo por el cumplimiento de los tratados internacionales suscritos por Chile acerca de los pueblos originarios (Convenio 169 OIT). En relación al proceso de Participación Ciudadana, podemos señalar que el MOP-DGA Nacional es parte integral del presente PEGH y participó de todas las reuniones virtuales. Respecto a las OUAs, se pudo contactar a las más relevantes de cada zona, destacando el Canal Chufquén y la JdV del Cautín; las OUAs de Quepe Norte y Sur solo pudieron ser contactadas en la segunda Etapa de la PAC pues sus dirigentes fueron renovados y los datos de contacto no estaban actualizados en la DGA. En cuanto a las comunidades indígenas, en la cuenca existen 1.423 Comunidades Mapuche según el registro de CONADI (2020), y la estrategia de relacionamiento fue a través de las municipalidades y/o oficinas territoriales de CONADI para identificar autoridades ancestrales o líderes locales indígenas. Sólo respondió la Oficina de CONADI de Cholchol, lo que nos permitió contactarnos de manera telefónica con algunos dirigentes de comunidades indígenas. Cabe señalar, que los sectores rurales presentan serios problemas de conectividad, incluso hablar por teléfono es un problema para muchas comunidades.

- Influencia Alta - Interés Bajo (actores prioridad 2)

En este segmento se encuentran los servicios públicos del MOP-DGA, DOH y SISS, Región de La Araucanía. Son actores muy relevantes en el proceso de empoderamiento territorial del PEGH, pero requieren de mayor involucramiento para asumir las nuevas responsabilidades que implica el cambio de gestión hídrica. Solo mostró interés la DGA Regional (Araucanía) quién participó de una Reunión Virtual donde se presentaron

resultados preliminares del estudio y se obtuvo retroalimentación. Mientras que la DOH y la SISS Regional sólo participaron de la Encuesta On-Line, en la segunda etapa de la PAC.

- Influencia Media - Interés Alto (actores prioridad 3)

En esta categoría encontramos a los servicios públicos de MINAGRI-CNR e INDAP, de la Región de La Araucanía, y a los actores del sector productivo vinculados a la producción agrícola. Destaca la SOFO - Sociedad de Fomento Agrícola de Temuco- quienes tienen gran relevancia en la cuenca, ya que apoya a los agricultores y poseen un alto nivel de conocimiento técnico y social de la cuenca. En esta categoría, además, se debe considerar a los actores de la sociedad civil vinculados a los Comités de Agua Potable Rural (APR). En la cuenca existen 168 APR, que abastecen de agua potable a localidades rurales, y en su mayoría presentan problemas de administración, infraestructura, escasez de agua y/o propiedad de DAA. En el marco del proceso de Participación Ciudadana se sostuvo una reunión virtual con la CNR y con la SOFO, mientras que INDAP envió sus respuestas por escrito. En la segunda etapa de la PAC, las oficinas territoriales de INDAP y PRODESAL participaron activamente en la Encuesta On-Line, destacando aquellas ubicadas en las comunas de Galvarino, Los Sauces, Purén, Angol, Temuco, Nueva Imperial y Puerto Saavedra.

- Influencia Media - Interés Medio (actores prioridad 4)

En esta categoría encontramos a los servicios públicos de la CONADI que administra el Fondo de Agua que permite la compra de DAA en favor de las comunidades indígenas, y el MMA con sus políticas, planes y programas en materia de protección ambiental y su rol protagónico en el proceso evaluación ambiental. También se encuentran en esta categoría las organizaciones de la sociedad civil, como el Movimiento Cautín Libre, y el mundo académico, donde destaca el Observatorio Ciudadano. La oficina comunal de CONADI en Cholchol facilitó el contacto con los dirigentes territoriales durante la primera etapa de la PAC, sin embargo, desde el nivel central no se obtuvo datos de contacto para difundir la Encuesta On-Line. A nivel de la sociedad civil se pudo contactar al Movimiento Cautín Libre quien manifestó sus preocupaciones vía WhatsApp.

- Influencia Media - Interés Bajo (actores prioridad 5)

Aparecen en esta sección los Municipios y su rol destacado en el abastecimiento de agua potable a sectores rurales a través de camiones aljibes. Además, se encuentran la mayoría de los actores productivos de los rubros forestal, hidroeléctricas, pisciculturas,

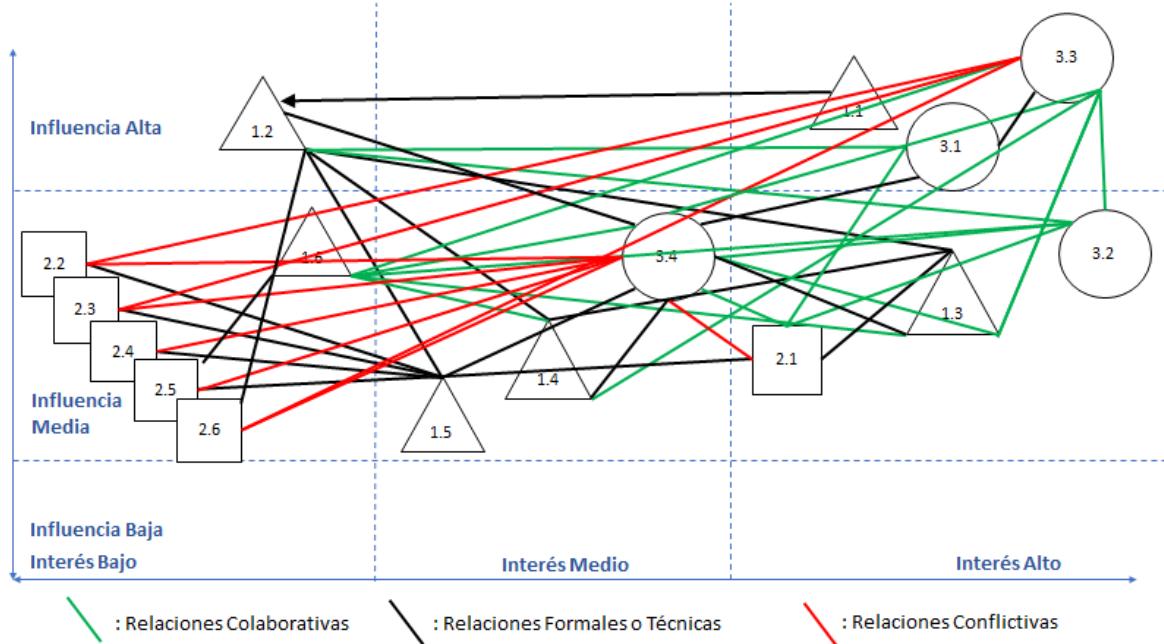
minería y sanitarias. Todos ellos tienen un rol activo en el uso del agua, sin embargo, no muestran una participación activa en los procesos de gestión del agua. En cuanto a la participación en el presente estudio, destacamos el interés mostrado por las municipalidades de Nueva Imperial en particular, junto a los municipios de Los Sauces y Vilcún, y de Aguas Araucanía que respondieron la Encuesta On-Line.

#### *2.6.1.3 Análisis de redes*

El Análisis de redes sociales se enfoca en los actores sociales clave y en las relaciones que existen entre ellos. En tal sentido y partiendo de la tipología de actores que se ha definido para este estudio, es decir, Actores Públicos, Actores Privados y Actores de la Sociedad Civil, y considerando la matriz Influencia-Interés, se desarrolla una infografía (Figura 2-30) en base a 3 tipos de relaciones, a cada una de las cuales se les ha asignado un color distintivo. Estas son, el color verde para Relaciones Colaborativas, el color negro para Relaciones Formales o Técnicas y el color rojo para Relaciones Conflictivas.

En el siguiente diagrama de relaciones se muestra que las relaciones predominantes son las técnicas o formales (color negro) entre los servicios públicos con la sociedad civil y con los actores privados, y las relaciones colaborativas (color verde) donde interaccionan los actores de la sociedad civil y los actores Públicos. En los segmentos valorizados con influencia media presentan una alta densidad de relaciones.

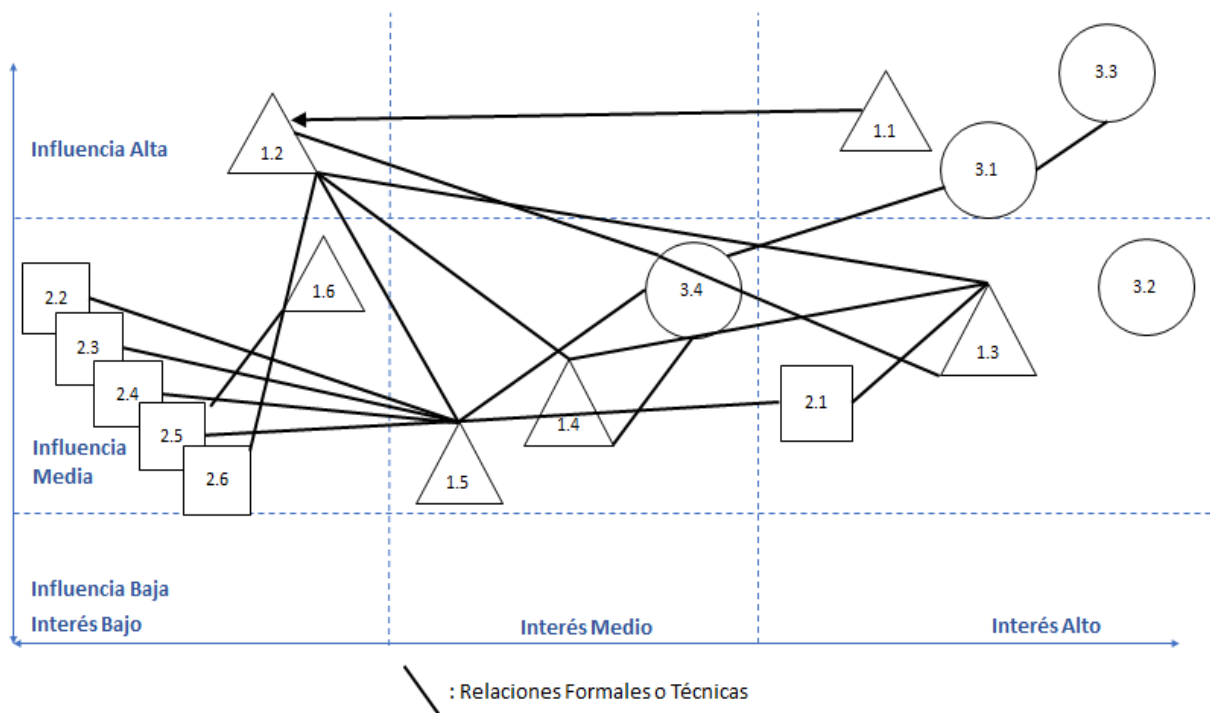
Los elementos estratégicos son, por un lado, los Municipios (identificado como 1.6) que poseen gran cantidad de relaciones colaborativas con actores de "Alto" interés. Y por otro lado, el MMA (identificado como 1.5) pues presenta relaciones formales con la totalidad de los actores privados y con las organizaciones sociales - mundo académico, que poseen relaciones conflictivas entre ellos.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-30. Diagrama de relaciones de los actores sociales clave en la cuenca del río Imperial.**

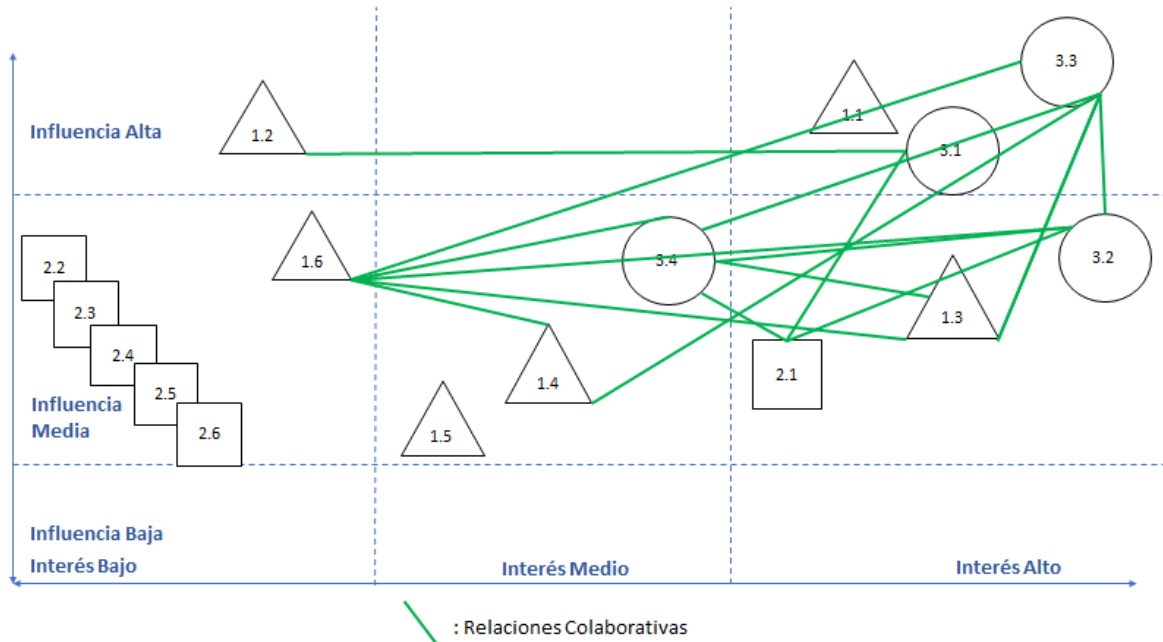
Las relaciones formales o técnicas son las con mayor presencia entre los actores sociales identificados. Destaca el rol mediador de los actores públicos, pues no existen relaciones de este tipo entre los actores privados y la sociedad civil (ver Figura 2-31).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-31. Diagrama de relaciones técnicas o formales de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.**

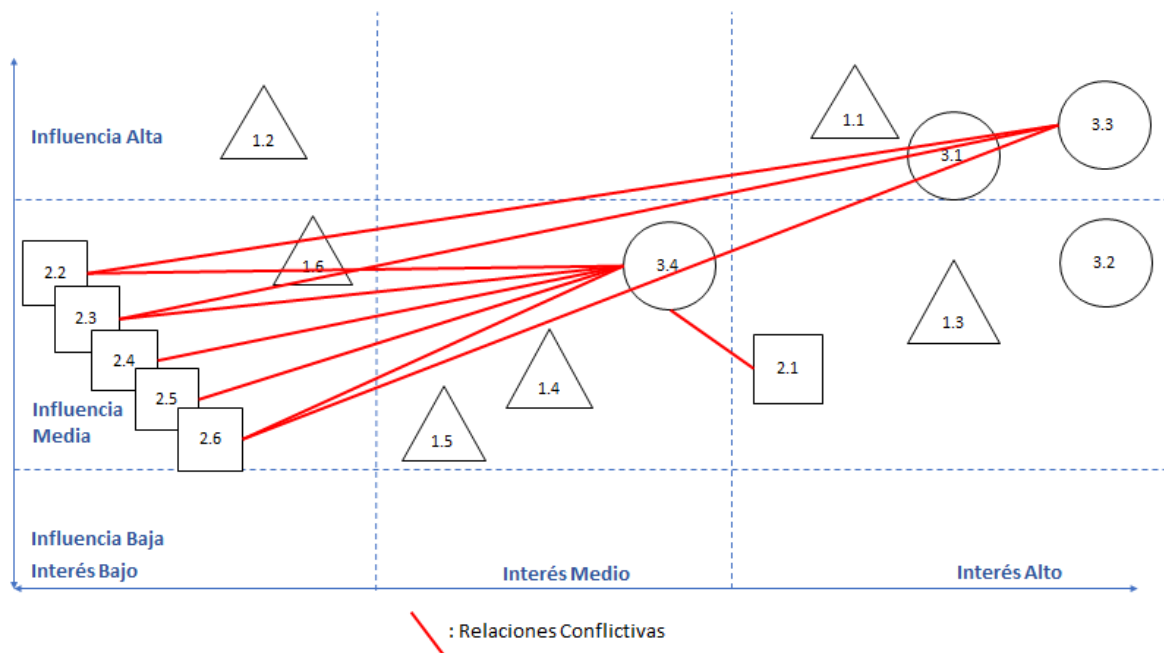
Respecto a las relaciones colaborativas (Figura 2-32), las municipalidades (1.6) aparecen como un actor importante, configurándose como un articulador entre los servicios públicos y los actores de la sociedad civil, sin embargo, no posee relaciones de este tipo con los actores productivos. Se observan pocas relaciones colaborativas entre los distintos servicios públicos, mientras que en el sector productivo destacan los actores agrícolas con relaciones de cooperación con las OUA, APR y organizaciones sociales - académicas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-32. Diagrama de relaciones colaborativas de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.**

El diagrama deja claro que las relaciones conflictivas (Figura 2-33) por la gestión del agua en la región se centran en las interacciones entre actores de la sociedad civil y los actores productivos. Destacan las organizaciones territoriales y medioambientales preocupadas de la conservación y protección de los ecosistemas hídricos, que poseen conocimiento técnico sobre la gestión hídrica, y la gran cantidad de relaciones conflictivas con todas las áreas productivas. También destacan las comunidades indígenas que tienen un alto grado de conflictividad con el sector forestal y, también, con las empresas hidroeléctricas y sanitarias. Finalmente, es importante resaltar la ausencia de conflictividad de los actores públicos.



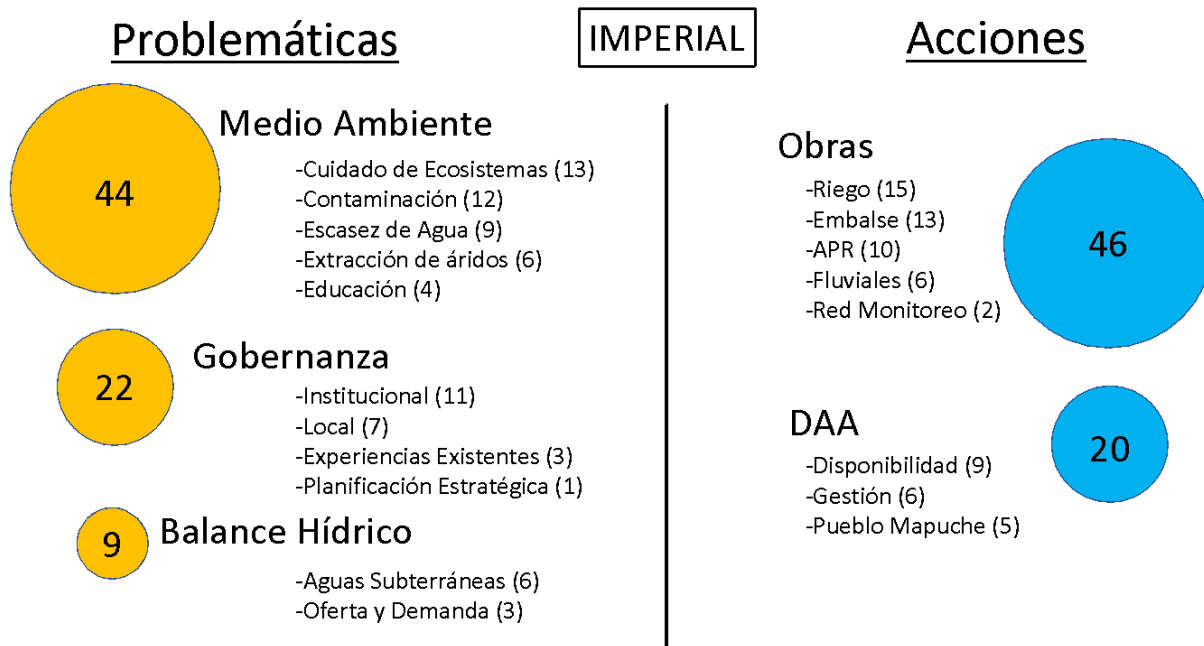
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-33 Diagrama de relaciones conflictivas de los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.**

### 2.6.2 Síntesis de reuniones PAC

Los discursos expresados por los actores sociales claves que participaron en los procesos PAC en los años 2001 y 2020 fueron sistematizados y agrupados temáticamente según las problemáticas y las acciones propuestas en la Figura 2-34. El detalle de los procesos participativos, la transcripción de las reuniones y el detalle del análisis de los discursos se encuentran desarrollados en el "Anexo I: Participación Ciudadana (PAC) - Capítulo 4: Resultados de la Participación Ciudadana en el PEGH de la cuenca del río Imperial".

Los resultados de la sistematización de los procesos participativos previos (Ayala et al., 2001) junto con los resultados de las actividades PAC del presente PEGH, muestran que las principales problemáticas en la cuenca del río Imperial tienen que ver con el "medio ambiente" con 44 menciones, con un marcado énfasis en el cuidado de los ecosistemas, la contaminación y la escasez de agua. En relación a las acciones planteadas por los distintos actores para abordar las problemáticas identificadas, la de mayor recurrencia es la necesidad de gestionar obras hidráulicas (46 menciones) asociadas al riego y la acumulación de agua.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-34. Resumen temático de las problemáticas y acciones expresadas por los actores sociales claves en la cuenca del río Imperial.**

Respecto al Medio Ambiente, los actores manifestaron varias problemáticas a solucionar, entre ellas destacamos la necesidad de fijar los deslindes de los ríos y lagos en terrenos de bienes nacionales de uso público, la necesidad de elaborar un catastro de humedales y la construcción de estructuras para la conservación de suelos y la protección de las riberas. Asimismo, diversos actores vinculados a comunidades indígenas propusieron la recuperación de suelos mediante un gran proyecto de forestación de la cuenca, comenzando por plantar una franja de 40 metros de bosque nativo en ambos lados de los cursos de agua para la recarga de los acuíferos. Es importante destacar que, según un informe del Observatorio Ciudadano (2020), un 64% del suelo de la región son forestales, y las comunas con mayor cantidad de plantaciones son Lumaco, Los Sauces, Ercilla, Galvarino, Cholchol y Carahue. La presencia de las forestales implica mayor evapotranspiración, la pérdida de calidad de suelos, el aumento de transporte de sólidos suspendidos y la degradación del hábitat acuático.

Por otro lado, los actores públicos destacan la importancia de regular los cauces naturales, para evitar la contaminación, las extracciones e intervenciones ilegales. Así como también, proteger y conservar los ecosistemas hídricos pues son los que resguardan el desarrollo productivo. Por su lado, los actores de la sociedad civil llaman a respetar el caudal ecológico y recuperar playas y parques aledaños a los cursos de agua para la

recreación de la población, y denuncian la extracción indiscriminada de áridos en los ríos y la destrucción de humedales en los ríos.

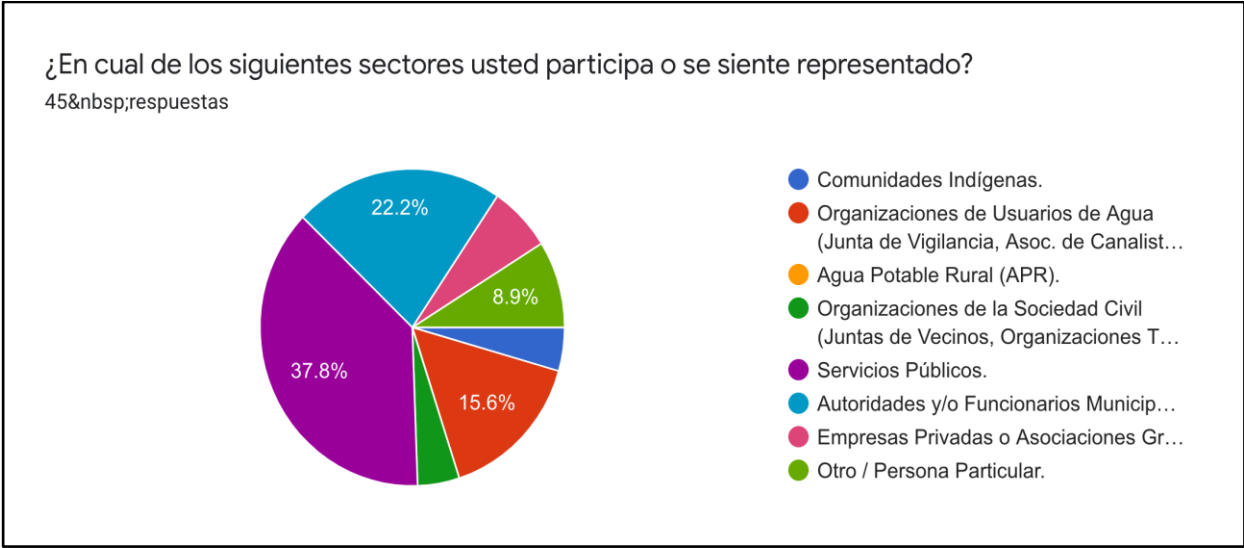
Respecto a las Obras de riego señaladas, se menciona la construcción de pozos profundos como fuentes de agua, además de obras de almacenamiento y distribución tanto para riego como para consumo humano. Según un informe del Observatorio Ciudadano (2020) en la región de La Araucanía el 22% de la población rural carece de Agua Potable y pozos superficiales afectados por deterioro ambiental. Lo anterior debido fundamentalmente a la escasez de agua y a lo poco eficiente que son los sistemas para riego. Los pozos del INDAP son utilizados para el consumo doméstico, pero son poco profundos, y no llegan al acuífero. Se necesitan construir pozos de riego y tranques de agua para la población mapuche.

Los diferentes actores señalan que no hay suficientes sistemas de almacenamiento (embalses u otros) destinados a acumular agua lluvia para el verano. Pero estos sistemas de almacenamiento deben ser de bajo impacto ambiental, pues existe una mala imagen de las grandes obras como embalses, debido fundamentalmente a la poca y mala Participación Ciudadana.

Además, que la zona norte de la cuenca, es decir las comunas de Victoria, Lautaro y Traiguén, son suelos poco profundos, por lo tanto, requieren de obras que solucionen el problema de riego y que sin duda tendrán efectos positivos en la solución del actual problema social existente en la zona. También aparece como importante transmitir comunicacionalmente el tema del agua para sensibilizar a la población acerca de la importancia de invertir en agua. El agua subterránea aparece como una alternativa hasta que se haga un embalse u otros sistemas de almacenamiento.

En la "Encuesta On-Line" implementada en la cuenca del río Imperial entre el 23 de abril y el 10 de mayo, se recibieron 45 respuestas; para más detalles ver "Anexo I: Participación Ciudadana (PAC)". En la Figura 2-35 se observa que el 31% de las respuestas fueron de mujeres y el 51% de los encuestados vive en zona urbana, logrando una baja representación de género, pero un buen alcance en la población rural que en la cuenca del río Imperial se estima en un 25%. En cuanto a las tipologías de actores la con mayor participación fueron los actores públicos (60%) seguido de las Organizaciones de Usuarios de Agua (16%). Destacamos la baja participación indígena que presenta problemas de acceso (ausencia de señal en amplios sectores) y que alcanzó una participación del 4% de

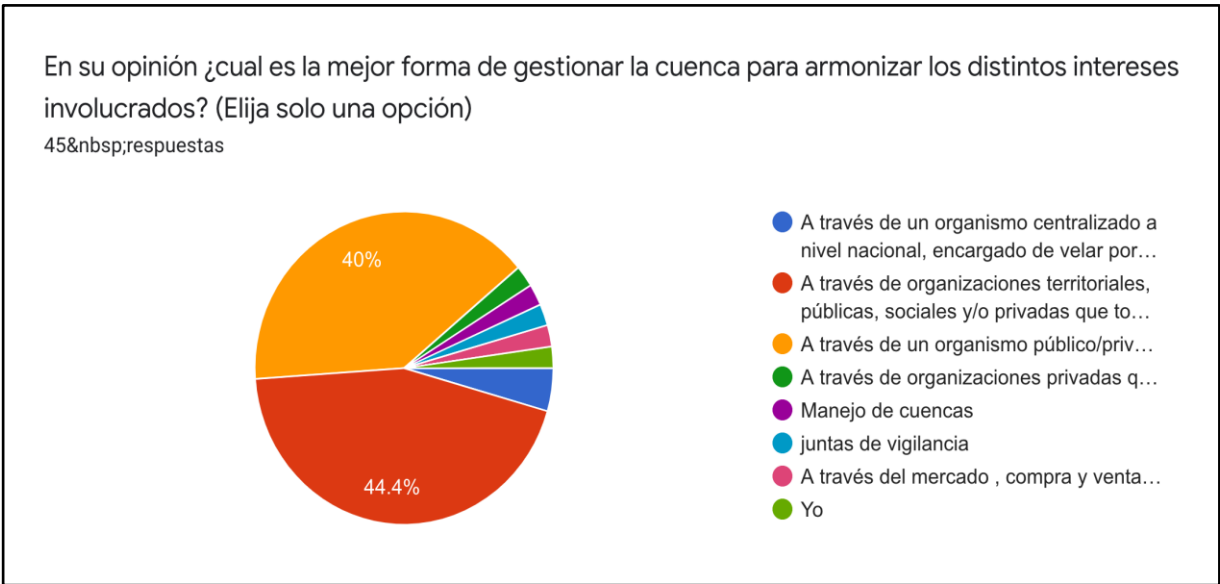
los encuestados. Finalmente, existen un 9% de actores que no se identificaron con ninguna de las categorías antes señaladas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-35. Tipología de participantes en la Encuesta On-Line en la cuenca del río Imperial.**

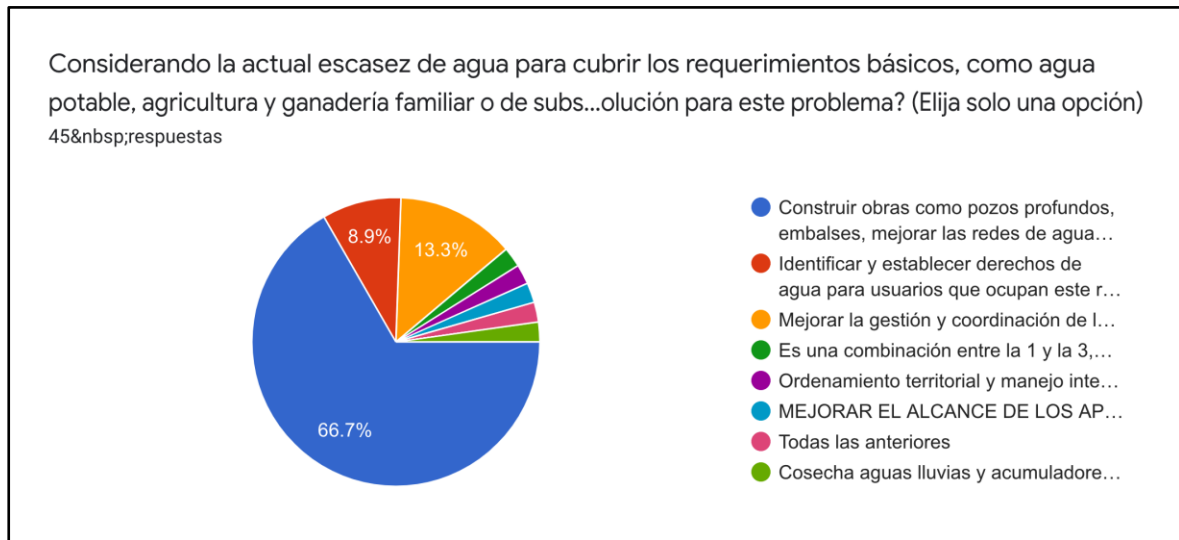
En relación a cuál es considerada la mejor forma de gestionar la cuenca para armonizar los distintos intereses (Figura 2-36), el 44% de los encuestados seleccionaron la opción "A través de organizaciones territoriales, públicas, sociales y/o privadas que tomen en consideración las problemáticas locales", mientras que un 40% prefiere "un organismo público/privado vinculante, que gestione la cuenca como un todo e integre las políticas nacionales con los intereses locales". En ambos casos la participación local/territorial es significativa.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-36. Respuestas sobre la forma de gestionar la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

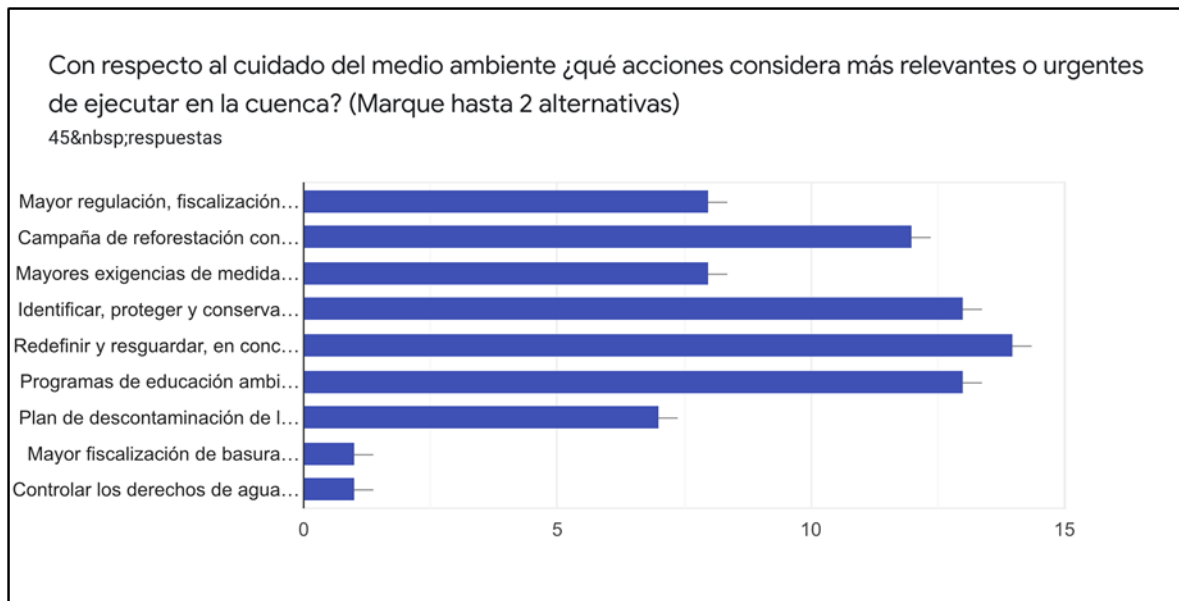
Sobre la forma de abordar “la actual escasez de agua para cubrir los requerimientos básicos, como agua potable, agricultura y ganadería familiar o de subsistencia” (ver Figura 2-37), los encuestados escogieron mayoritariamente la alternativa “Construir obras como pozos profundos, embalses, mejorar las redes de agua potable existentes, mejorar canales de riego, infiltrar napas subterráneas, etc.” con un 67% de las preferencias. Muy lejos, con solo un 13% le sigue “Mejorar la gestión y coordinación de los organismos existentes preocupados de la administración y fiscalización de los recursos hídricos”, mientras un 9% prefiere “Identificar y establecer derechos de agua para usuarios que ocupan este recurso o lo han ocupado de manera ancestral (regularizando, comprando, reasignando y/o redistribuyendo)”.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-37. Respuestas sobre la forma de solucionar la escasez de agua para el consumo humano básico en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

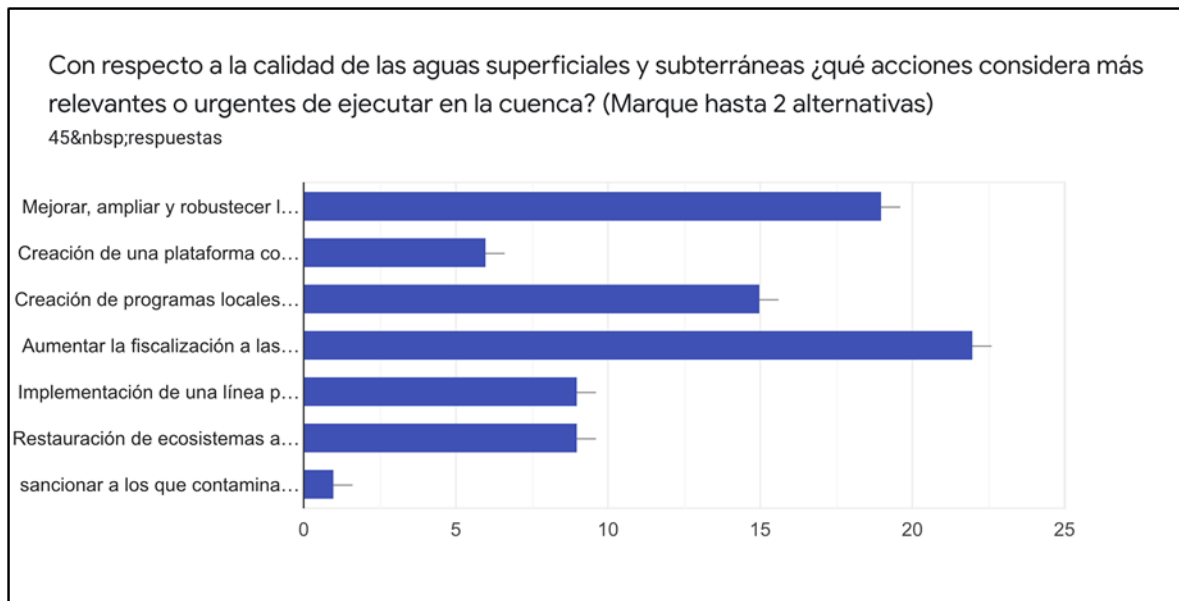
Con respecto al cuidado del medio ambiente (Figura 2-38), las acciones más relevantes y urgentes de ejecutar son "Redefinir y resguardar, en concordancia con criterios locales, el caudal ecológico y/o ambiental requerido para mantener los cuerpos de agua en cantidad y calidad para la preservación del ecosistema" con un 31%, seguido de "Identificar, proteger y conservar ecosistemas hídricos como humedales, cauces naturales y territorios con alto valor ancestral" y "Programas de educación ambiental y transferencia tecnológica a organizaciones locales para la protección, mantención y recuperación de ecosistemas vulnerables" ambos con un 29%. Cabe señalar, que se podían marcar hasta 2 alternativas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-38. Respuestas sobre la acción más relevante de ejecutar en relación del cuidado del medio ambiente en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

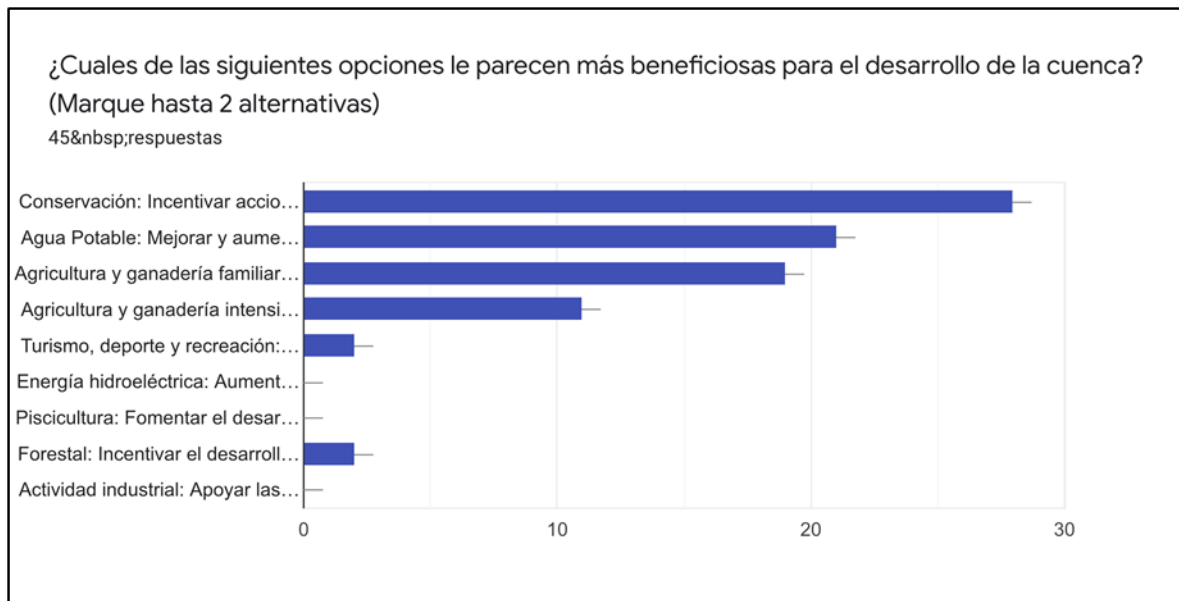
Sobre la calidad de las aguas (Figura 2-39), la principal acción identificada por los encuestados es "Aumentar la fiscalización a las fuentes contaminantes. Mayor dotación de personal y con más atribuciones para monitorear, sancionar y exigir cumplimiento de manera inmediata a las empresas infractoras". Opción que fue marcada por 22 personas que representan el 49% del total de participantes. También recibieron una cantidad importante de menciones la opción "Mejorar, ampliar y robustecer la red de estaciones de monitoreo de calidad de agua para contar con información en tiempo real y así reaccionar en forma oportuna ante eventos de contaminación" con un 42% y "Creación de programas locales participativos, de control y monitoreo in situ de las aguas superficiales y subterráneas" con un 33%. Cabe señalar, que se podía marcar hasta 2 alternativas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-39. Respuestas sobre la acción más relevante de ejecutar en relación a la calidad del agua en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

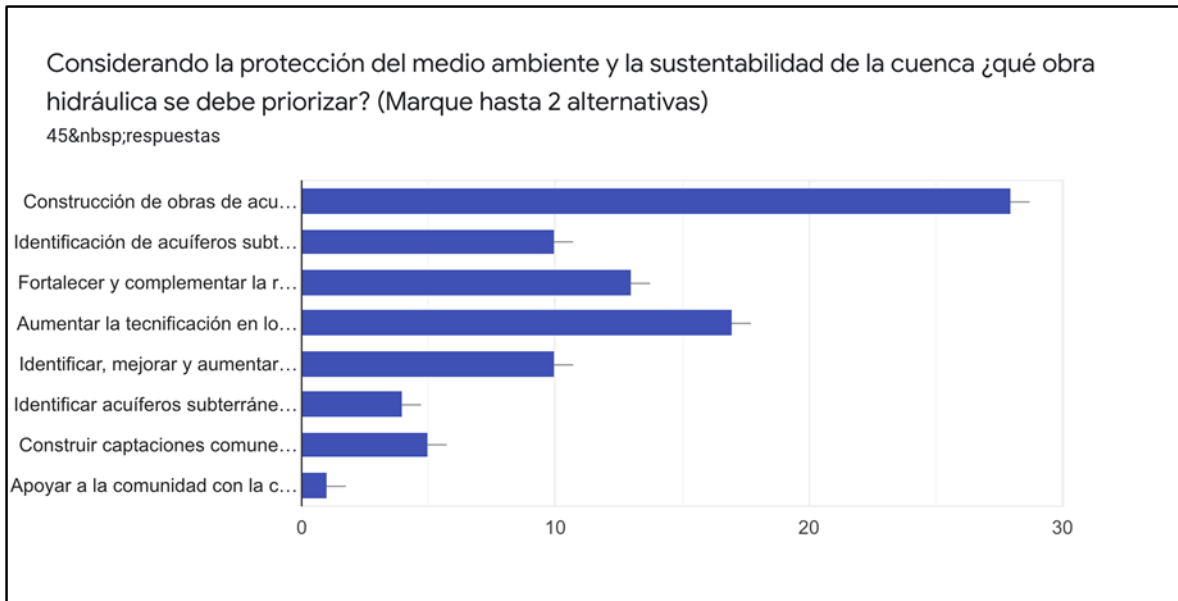
En la Figura 2-40 se observa que el 62% de los encuestados (28 personas) señalan que la actividad más beneficiosa para el desarrollo de la cuenca son las relacionadas con la conservación del medio ambiente, “incentivando acciones de protección y restauración de los ecosistemas (ej. reforestación con árboles nativos, creación de zonas de protección o buffer, recuperación de suelos degradados, etc.)” seguido de “Agua Potable: Mejorar y aumentar la infraestructura de APR y apoyar su gestión para asegurar el acceso al agua potable a sectores aislados” con un 47% de las preferencias. Cabe señalar que se podían marcar hasta 2 alternativas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-40. Orientación estratégica de la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

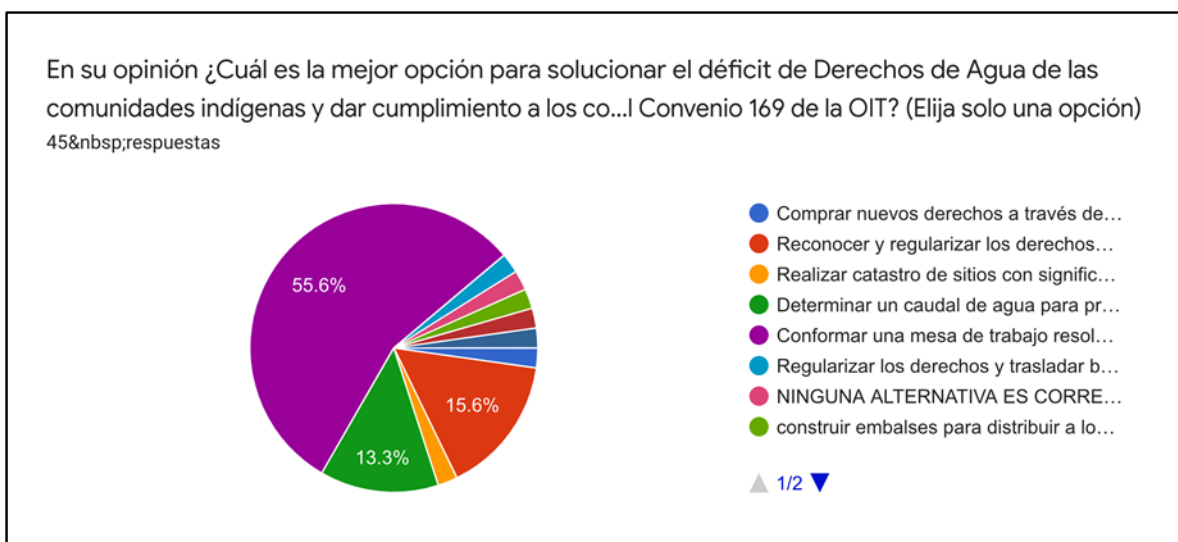
En relación a las obras hidráulicas requeridas para la protección del medio ambiente de la cuenca (Figura 2-41), las principales opciones seleccionadas fueron: "Construcción de obras de acumulación de aguas como embalses, tranques, humedales artificiales, etc." con un 62%, seguido por "Aumentar la tecnificación en los sistemas de riego actuales, mejorando la eficiencia del riego y el cuidado del recurso agua" con un 38%. Les siguió la opción "Fortalecer y complementar la red de estaciones de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas respecto de variables como cantidad, calidad, precipitaciones, sedimentos u otros, para contar con información en tiempo real y de fácil acceso al público que permita la explotación sustentable del recurso hídrico" con un 29%. Cabe señalar, que se podían marcar hasta 2 alternativas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-41. Respuestas sobre las obras más relevantes a ejecutar en relación a la protección y sustentabilidad de la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

Un 56% de los encuestados consideraron que la mejor opción para solucionar el déficit de derechos de agua de las comunidades indígenas era la opción "Conformar una mesa de trabajo resolutive con representantes indígenas, funcionarios públicos, actores sociales relevantes y autoridades locales para buscar e implementar alternativas de solución". Mientras un 16% optó por la alternativa "Reconocer y regularizar los derechos ancestrales", seguida por "Determinar un caudal de agua para preservar los cauces naturales ubicados en territorios ancestrales" con un 13% (ver Figura 2-42).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-42. Respuestas sobre la forma de solucionar el tema de los derechos ancestrales de las comunidades indígenas respecto a los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

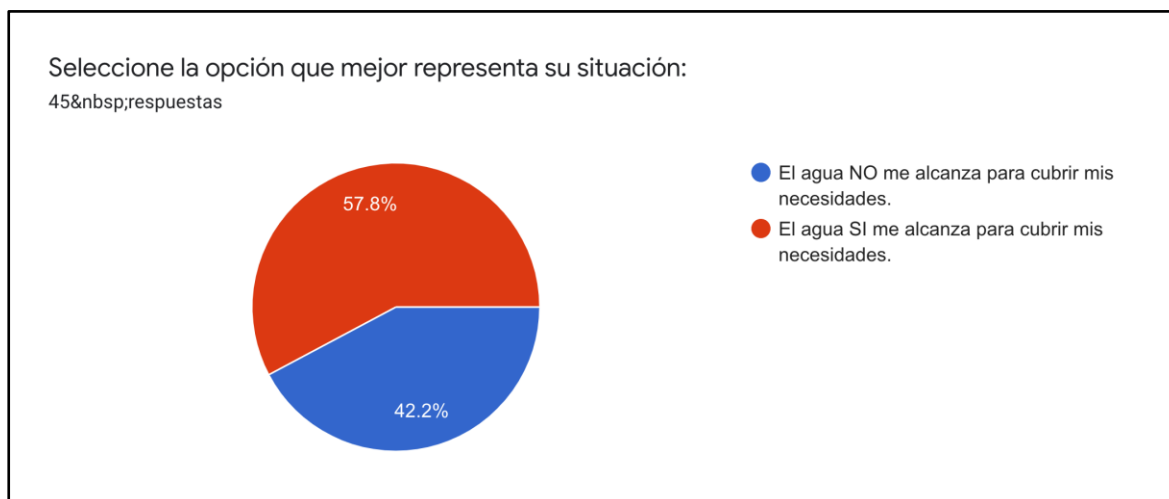
Otro aspecto preguntado en la encuesta on-line, fue el acceso a información técnica sobre los recursos hídricos de la cuenca (Figura 2-43). Un 100% de los encuestados consideró relevante contar con dicha información técnica. Un 60% considera que debe ser gestionada y administrada por la DGA y un 18% piensa que debería hacerlo un nuevo Organismo de Cuenca. Sobre el tipo de información requerida, el 36% solicita saber el caudal de los ríos y los cursos superficiales (información fluviométrica) y a un 33% de los encuestados les interesa conocer los niveles de aguas subterráneas. Un 49% piensa que esta información se debe entregar a través de un "Sitio web oficial de acceso público y validado por la autoridad".



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-43. Respuestas sobre la relevancia de contar con información técnica acerca de los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

Finalmente, destacamos que un 42% de los encuestados, señalaron que no cuentan con agua suficiente para cubrir sus necesidades (Figura 2-44).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2-44. Respuestas sobre la situación de escasez de agua según las necesidades del encuestado en la cuenca del río Imperial (Encuesta On-Line).**

### 2.6.3 Brechas determinadas a partir de las actividades PAC

A partir de los discursos expresados por los actores sociales claves que participaron en los procesos PAC en los años 2001 y 2020, se identificaron brechas en la gobernanza tanto a nivel institucional como local y ausencia planificación estratégica vinculante (para más detalles ver "Anexo I: Participación Ciudadana (PAC)").

El nivel institucional presenta la mayor cantidad de problemáticas mencionadas, principalmente por los actores públicos. La principal preocupación es la falta de coordinación, pues cada institución, entidad u organización anda por su lado. Existe superposición de acciones entre los distintos servicios públicos y se recomienda implementar instancias de coordinación entre las municipalidades y las entidades que otorgan el financiamiento, así como también, mejorar (desburocratizar) los canales de coordinación existentes. Las comunidades indígenas están a favor de un organismo único a nivel de la cuenca que esté a cargo de administrar y fiscalizar el recurso hídrico. Los actores privados señalan la necesidad de una institucionalidad más fuerte que logre administrar el recurso hídrico, pues señalan que el agua alcanza para todos pero falta la voluntad de hacer y de asumir los costos para la construcción de infraestructura.

A nivel local, se han identificado las siguientes brechas: i) baja capacidad de gestión y carencia de recursos económicos de los comité de agua y riego; ii) carencia de Planes Maestros y/o Planificación Territorial que considere las aguas lluvias y el manejo de los cursos naturales de agua amenazantes para la población; iii) carencia de OUA (Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y/o Comunidades de Agua) que sean robustas y

capaces de ejercer un liderazgo en la gestión del recurso hídrico; y iv) se propone una administración mixta, donde el Estado ayude a las OUA y regule la relación entre ellas en casos evidente de asimetría (algunos con muchos derechos - ej. el canal "Imperial" depende totalmente de las aguas que le entregue el "Pillalelbún").

Finalmente, los actores sociales identificados señalaron la necesidad de una planificación estratégica, pues la ausencia de planes de largo plazo para el desarrollo de la cuenca provoca incertidumbre, en particular entre algunos actores del sector productivo. Se requiere mayor información e instancias de participación con la autoridad para definir claramente las problemáticas, los estados de avance y las posibles vías de solución, así como las responsabilidades de los distintos actores sociales.

Otras brechas identificadas es la construcción de obras hidráulicas como pozos y sistemas de almacenamiento para el riego y consumo doméstico, junto con estrategias comunicacionales y educativas relacionadas con el uso del agua. Se requiere mayor apoyo para las APR a nivel de gestión e infraestructura, y de cobertura en los sectores rurales; gran parte de la cuenca es abastecida con camiones aljibe y las APR solo abordan el tema del agua bebestible pero no el consumo agropecuario de baja escala. También se menciona las obras de defensa fluvial y de drenaje en el sector de Nueva Imperial - Puerto Saavedra.

Finalmente, destacamos la necesidad de otorgar y/o regularizar los DAA para los APR, los agricultores colindantes a ríos que no poseen derechos de agua, y para las comunidades indígenas como derechos ancestrales o consuetudinarios. Así como también, la necesidad de abordar el tema de la "Sequía Legal" producto de gran cantidad de DAA no consuntivos inscritos sin uso.

#### 2.6.4 Brechas de Coordinación

A nivel de coordinación institucional, el Banco Mundial en su informe del año 2013 identificó los tres vacíos funcionales, uno de ellos se relaciona directamente con la coordinación: "ausencia en la coordinación de la gestión a nivel de cuenca, que permita la evaluación y resolución de conflictos (no judiciales) entre sectores y entre distintos actores, con visiones o intereses contrapuestos" (BM; 2013). Aspecto que se observa en el Mapa de Actores que muestra una ausencia de relaciones de colaboración entre los actores del sector público, y un bajo interés del MOP - La Araucanía en el PEGH.

Destacamos adicionalmente la brecha relacionada con el proceso de instalar un PEGH en la cuenca del río Imperial, y la conformación de organismo único de gestión hídrica a nivel de cuenca que cuente con la legitimidad, la información y la capacidad técnica y

legal para tomar decisiones. Este organismo debe considerar la participación de actores de los distintos ámbitos vinculados a la gestión de las aguas (actores del sector público, privado y la sociedad civil) y en sus distintos niveles (nacional, regional, cuenca y subcuenca).

Además, se observa una brecha cultural derivada de la inercia del sistema tradicional de gestión hídrica basado en un modelo jerárquico y centralizado, que se opone a los modelos bidireccionales de gestión que recogen las propuestas desde los territorios e implementan políticas desde los servicios públicos. En este sentido, la gobernanza del PEGH no es solo un tema legal y técnico, sino que también implica un cambio cultural que no solo involucra confiar en el otro, sino que también entregar poder en la toma de decisión mediante procesos participativos empoderados. En otras palabras, se requiere la implementación de un modelo de gobernanza participativo, que articule a los distintos actores de la cuenca a distintos niveles, que implica un cambio en la cultura organizacional de la institución encargada de conducir el proceso.

A nivel local o de subcuenca, solo existen 16 OUA en la cuenca del río Imperial que abarcan 4 de las 6 cuencas existentes; las subcuencas de Lumaco y Cautín Bajo (entre Quepe y Cholchol) no tienen OUA. De las 16 organizaciones existentes, solo se pudo contactar a 7 de ellas, las que mostraron interés y participaron en el PEGH y se concentran en las subcuencas del Cautín Alto y Quepe. Las organizaciones de las subcuencas Cholchol e Imperial no fueron posibles de ubicar, lo que muestra una brecha a nivel de bases de datos actualizada e integrada en la DGA. Así como también, una brecha en la conformación y fortalecimiento de OUA a nivel de cuenca, pero con énfasis en la creación en las subcuencas de Lumaco y Cautín Bajo, de apoyo y fortalecimiento en Cholchol e Imperial, y de empoderamiento en Cautín Alto y Quepe.

#### 2.6.5 Brechas de información

Existe poca información o acceso a ella desde los usuarios (OUA y/o personas con DAA) desde los actores públicos y las fuentes de financiamiento. Se tiene que ir a varias instituciones para saber sobre algún beneficio, no se sabe bien cómo funcionan y no se sabe bien qué requisitos tiene que cumplir. El pequeño regante se complica con la existencia de 3 organismos para el tema del agua, no sabe si ir a la DGA, a la CNR o a la DOH. No hay una comunicación efectiva desde los actores públicos con las organizaciones de usuarios y los regantes.

A nivel de monitoreo, se requiere implementar un sistema de alerta de crecidas en el río Cautín e Imperial, incluyendo a la subcuenca del Cholchol. Y establecer una pequeña red de vigilancia de las aguas subterráneas.

En la "Encuesta On-Line" se consultó sobre el acceso a información técnica sobre los recursos hídricos de la cuenca. Un 100% de los encuestados consideró relevante contar con dicha información técnica, un 60% considera que debe ser gestionada y administrada por la DGA. Sobre el tipo de información requerida, el 36% solicita saber el caudal de los ríos y los cursos superficiales (información fluviométrica) y a un 33% de los encuestados les interesa conocer los niveles de aguas subterráneas. Un 49% piensa que esta información se debe entregar a través de un "Sitio web oficial de acceso público y validado por la autoridad".

Adicionalmente, podemos listar las siguientes brechas más generales para el territorio Sur y Austral del país, y que incluye la cuenca del río Imperial.

- Red hidrométrica Nacional de cobertura insuficiente.
- Red de calidad de aguas de cobertura insuficiente y estándares deficientes para la caracterización apropiada de los recursos hídricos.
- Catastro Público de Aguas con calidad deficiente de la información presentada.
- Información base y Sistemas de Información Geográficas como herramientas subvaloradas en materias de gestión y análisis del recurso.

## **Capítulo 3. Demanda física y legal de recursos hídricos para diferentes usos**

En este capítulo se cuantifica la demanda de agua por categoría de usos: Uso humano, Medio Ambiente, Agrícola, Industrial y otras (sector pecuario, energético y turístico). Además, se presenta un análisis sobre el mercado del agua, donde se incluye una revisión de las transacciones registradas en los Conservadores de Bienes Raíces, las renunciaciones a derechos de agua, el pago de patentes por no uso y los remates de derechos de agua.

### **3.1 Uso Humano**

#### **3.1.1 Demografía**

Para la realización de la presente caracterización demográfica de la totalidad de la cuenca del río Imperial, se disgregó esta misma, centrándose y analizando las subcuencas que componen la cuenca del río Imperial, para después, con los valores obtenidos a partir del análisis de cada subcuenca, obtener, caracterizar y analizar el total de la cuenca del río Imperial.

En ese sentido, para el caso de la subcuenca río Imperial, se obtuvieron valores de superficie, tanto del total de la subcuenca como el de las comunas con sus respectivos porcentajes, como también valores estimados de cantidad de habitantes, y sus análisis derivados, tomando como referencia los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda correspondientes al año 2017 y para el cálculo de crecimiento intercensal se ocuparon datos del Censo correspondiente al año 2002.

Para el cálculo de tales valores se tomó en cuenta la superficie de cada comuna, y sus respectivos porcentajes, dentro de la subcuenca y partir de ese dato, se obtuvieron valores y porcentajes estimados de la cantidad de habitantes urbanos y rurales, como también de la densidad total de la subcuenca.

##### *3.1.1.1 Superficie total de la cuenca*

La superficie total de la cuenca del río Imperial corresponde a 12.653 km<sup>2</sup>, abarcando porcentajes de superficie un total de 23 comunas, las cuales son *Carahue, Saavedra, Nueva Imperial, Cholchol, Teodoro Schmidt, Traiguén, Lumaco, Victoria, Curacautín, Temuco, Lautaro, Perquenco, Galvarino, Angol, Purén, Los Sauces, Ercilla, Melipeuco, Lonquimay, Padre Las Casas, Vilcún, Freire y Cunco*.

Como se observa en la Tabla 3-1, los valores de superficies de cada de cada subcuenca varían dentro de la superficie total de la cuenca del río Imperial, destacan las subcuencas de río Cautín Alto, con mayor superficie dentro de la cuenca, con 3.222,8 de km2, y la subcuenca de río Lumaco con 2.986,4 km2.

Para el caso de las comunas y su superficie dentro de la cuenca, destacan las comunas de Cholchol, Temuco, Lautaro, Perquenco, Galvarino y Padre Las Casas con el 100% de su territorio en la cuenca del río Imperial.

Las comunas que cuentan con menor superficie dentro de la cuenca río Imperial son Teodoro Schmidt con un 0,58% de su superficie dentro de la cuenca, Lonquimay con un 0,08% de su superficie dentro de la cuenca y Angol con un 1,83% de su superficie dentro de la cuenca.

**Tabla 3-1. Subcuencas dentro de la cuenca río Imperial con sus superficies.**

Subcuencas	Superficie km2
Subcuenca río Imperial	1.348,5
Subcuenca río Cholchol	2.703,1
Subcuenca río Lumaco	2.984,7
Subcuenca río Cautín Alto	3.223,2
Subcuenca río Quepe	2.302
Subcuenca río Cautín entre Quepe y Cholchol	91,5
Superficie total cuenca río Imperial	12.653

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1.2 Cantidad de habitantes en la cuenca

La cuenca del río Imperial cuenta con una población total estimada de 612.914 habitantes, según datos del último Censo de Población y Vivienda del año 2017.

Como se puede observar en la Tabla 3-2, la subcuenca que cuenta con una mayor población dentro de la cuenca río Imperial es la subcuenca del río Cautín Alto, con 358.449 habitantes, factor del número elevado de habitantes en dicha subcuenca es porque ahí se

encuentran los límites urbanos de Temuco y Padre Las casas, conformando la conurbación denominada Área Metropolitana de Temuco.

Con respecto a las comunas, las que cuentan con el 100% de su población en la cuenca del río Imperial, son las que por ende también tienen su totalidad de superficie, las cuales son Cholchol, Temuco, Lautaro, Perquenco, Galvarino y Padre Las Casas. Con respecto a las comunas con mayor población se encuentran Temuco, como capital regional, con 282.415 habitantes, Padre Las Casas con 76.126 habitantes y Lautaro con 38.013 habitantes.

Entre las comunas con menos habitantes dentro de la cuenca se encuentran Angol con 80 habitantes estimados, Teodoro Schmidt con 56 habitantes estimados y Lonquimay con 5 habitantes estimados. Esta estimación se hace en relación a la superficie de estas comunas en la cuenca.

**Tabla 3-2. Subcuencas dentro de la cuenca del río Imperial con sus habitantes estimados.**

Subcuencas	Habitantes
Subcuenca río Imperial	29.583
Subcuenca río Cholchol	60.449
Subcuenca río Lumaco	66.129
Subcuenca río Cautín Alto	358.449
Subcuenca río Quepe	96.598
Subcuenca río Cautín entre Quepe y Cholchol	1.706
Habitantes totales estimados cuenca río Imperial	612.914

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1.3 Cantidad de habitantes rurales y urbanos

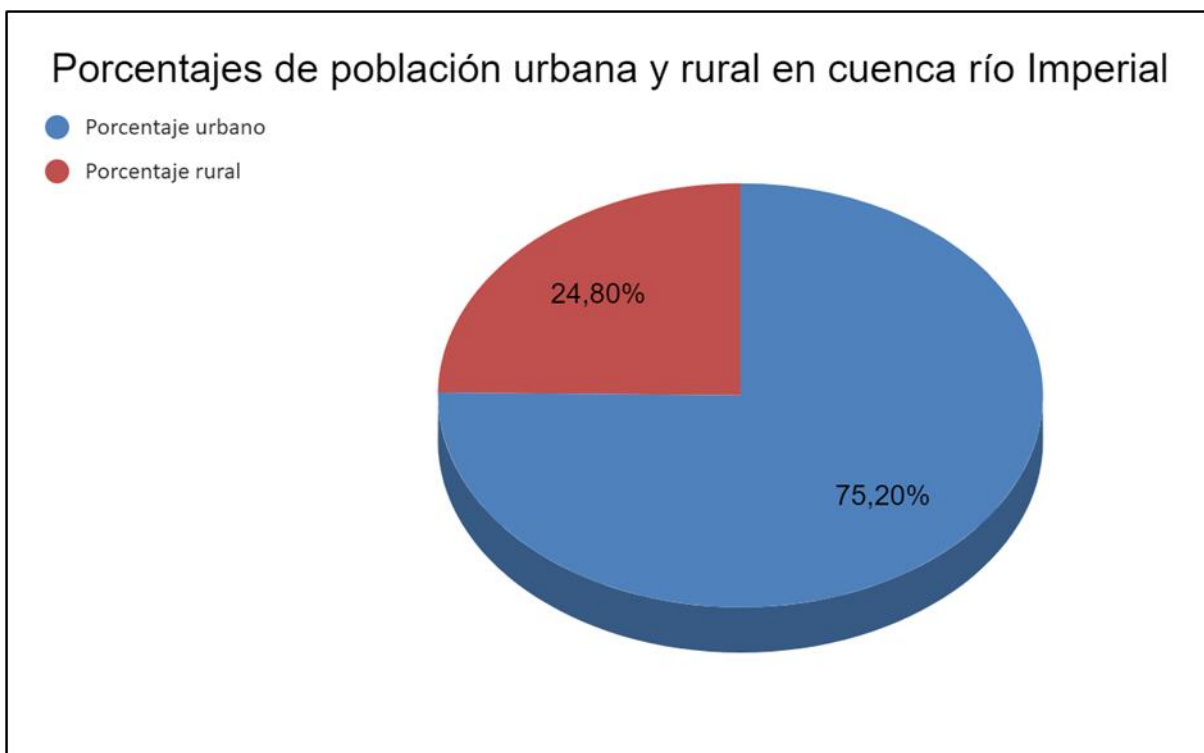
Con respecto a la población urbana y rural dentro de la cuenca, a rasgos generales, y como se observa en la Tabla 3-3, se presenta la cantidad total de población urbana y rural a nivel de cuenca.

**Tabla 3-3. Cuenca del río Imperial con su población urbano-rural estimada**

Total	Rural	Urbana
	151.967	460.948
Total, población estimada cuenca río Imperial	612.914	

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 3-3, la población urbana es mayor en cantidad en relación a la población rural, donde la población rural cuenta con un total de 151.967 habitantes y la población urbana con número de 460.948 habitantes. Lo que en términos de porcentajes expresa que la población urbana es de un 75,20% y la población rural es de un 24,80%, lo planteado anteriormente se observa de mejor forma en la Figura 3-1



Fuente: INE, 2017.

**Figura 3-1. Porcentajes de población urbana y rural en cuenca río Imperial.**

Un factor importante por considerar, ya mencionado anteriormente, es el de la Ciudad de Temuco como capital regional de la región de la Araucanía dentro de la cuenca, y la conurbación de esta, con la comuna de Padre Las Casas conformando el Área Metropolitana de Temuco.

#### 3.1.1.4 Crecimiento Intercensal

Conforme a la información obtenida a partir de los Censos de Población y Vivienda de los años 2002 y 2017, se observa en la Tabla 3-4 la tasa de crecimiento intercensal que ha experimentado la totalidad de la cuenca río Imperial en un periodo de 15 años.

**Tabla 3-4. Tasa de crecimiento intercensal en cuenca río Imperial**

Población 2002	Población 2017	Crecimiento intercensal
527.447	612.914	0,60%

Fuente: INE 2017.

Como se observa en la Tabla 3-4, el crecimiento intercensal total de la cuenca del río Imperial corresponde a un 0,60%, lo que significa el aumento estimado de 85.467 habitantes. Lo anteriormente mencionado, un crecimiento si bien importante, no mayor al crecimiento intercensal nacional el cual es de 1%.

#### 3.1.1.5 Densidad poblacional

La densidad total de la población de la cuenca se resume en la Tabla 3-5. Esta es de 48,4 personas por cada kilómetro cuadrado.

**Tabla 3-5. Densidad poblacional.**

Población total	Superficie	Densidad (Hab/km2)
612.914	12.653	48,4

Fuente: INE, 2017.

#### 3.1.2 Agua potable urbana, actual y proyectada

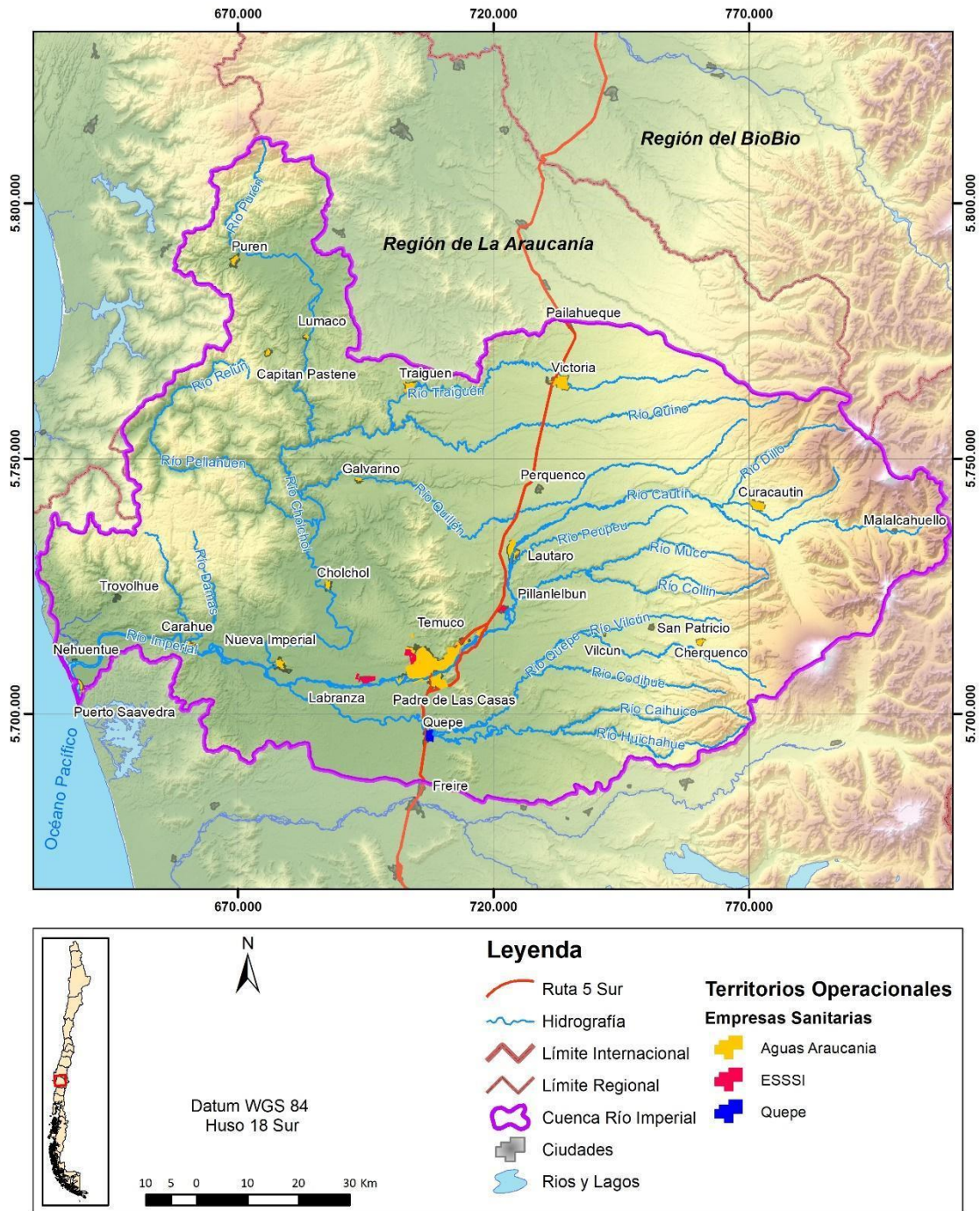
El siguiente acápite se desarrolla en torno a la información de agua potable informada por las Empresas Sanitarias a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Como primera aproximación de las demandas físicas de agua potable, se considerará la siguiente información obtenida a través del Portal de Transparencia.

La demanda de agua potable urbana en la cuenca del Río Imperial está determinada por las fuentes de extracción que se localizan en los sectores operacionales declarados por las empresas sanitarias que se ubican dentro de los límites de la cuenca descrita (Tabla 3-6 y Figura 3-2).

**Tabla 3-6: Territorios Operacionales en la cuenca del Río Imperial**

Empresa Sanitaria	Territorio Operacional
ESSSI	Labranza
	Pillanlelbun
QUEPE	Quepe
AGUAS ARAUCANIA	Cajón
	Capitán Pastene
	Carahue
	Cherquenco
	Cholchol
	Curacautín
	Freire
	Galvarino
	Lautaro
	Lumaco
	Nueva Imperial
	Padre Las Casas
	Puerto Saavedra
	Purén
	Temuco
Traiguén	
Victoria	
Vilcún	

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia en base a datos SISS 2020.

**Figura 3-2. Territorios operacionales en la cuenca.**

Para la estimación de la demanda de agua potable urbana actual se consideraron los volúmenes de producción mensual que declararon las empresas sanitarias a través de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), a 2020. Adicionalmente, para la estimación de serie de tiempo utilizada en el escenario histórico, se utilizaron las proyecciones poblacionales por sector operacional informado en los planes de desarrollo de cada empresa mencionada. Los planes de desarrollo son de carácter público, pero sólo accesibles a través de consultas por ley de transparencia. En el anexo J5 se presentan aquellos planes utilizados.

### 3.1.3 Agua potable rural, actual y proyectada

El programa de agua potable rural nace en el año 1960 como una forma de afrontar el problema del acceso al agua potable en las zonas rurales del país. Según estimaciones del Programa APR, el 100% de las localidades concentradas (más de 150 habitantes y más de 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable) a nivel nacional cuentan con abastecimiento, quedando como brecha del abastecimiento las comunidades semiconcentradas y dispersas.

En la zona de estudio y según el Atlas del Agua (DGA, 2016), en la región de la Araucanía existen 217 sistemas de APR, con 33.780 arranques y 135.120 beneficiarios.

Con respecto a las proyecciones de crecimiento del abastecimiento de aguas mediante sistemas de APR, considerando la población rural registrada en el Censo 2017, se tiene que en la región de la Araucanía un 29,1% de la población total vive en zonas rurales, equivalente a 278.680 personas. Considerando la población ya integrada en la potabilización del agua, y una dotación de 216 l/día/Hab<sup>5</sup> en zona rural, se tiene que la demanda para suplir la brecha es la presentada en la Tabla 3-7.

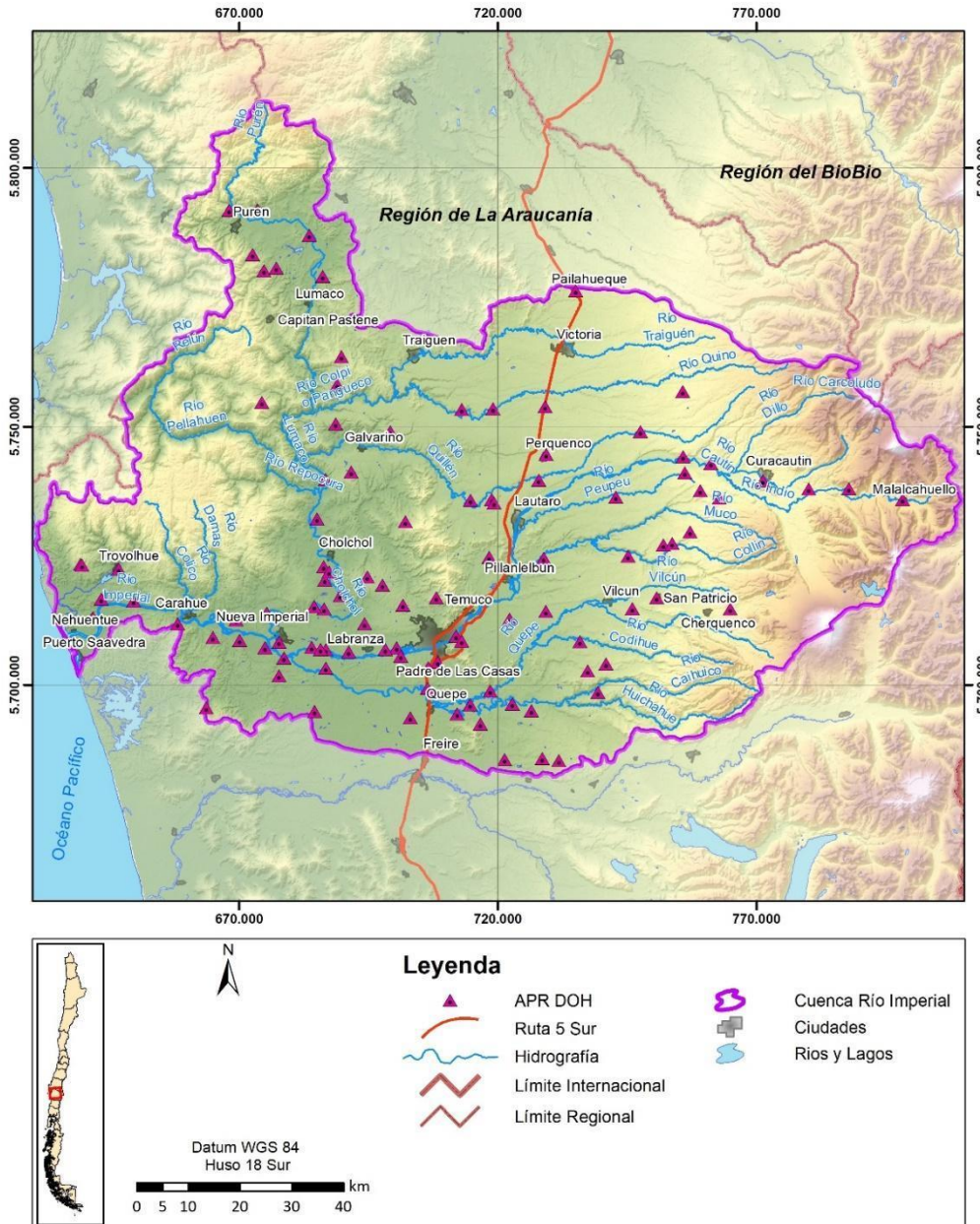
**Tabla 3-7. Demanda Regional proyectada para suplir brecha de potabilización en zonas rurales.**

Región	Población rural	Población Servida	Brecha [Hab]	Demanda para suplir brecha [l/s]
Araucanía	278.680	135.120	143.560	359

Fuente: Elaboración propia.

<sup>5</sup> Según Tabla de Equivalencias entre Caudales de Agua y Usos, DGA 2005.

A su vez, existen APR que están directamente relacionados con el programa de la Dirección de Obras Hidráulicas, mientras que otros son dependientes de las respectivas municipalidades. Dentro de los que dependen de la DOH, 104 se encuentran en la cuenca del Río Imperial. En la Figura 3-3 se presenta la distribución espacial de los sistemas dependientes de la Dirección de Obras Hidráulicas, en la cuenca del Río Imperial.



Fuente: Elaboración propia en base a DOH, 2016.

### Figura 3-3. Sistemas de APR dependientes de la DOH.

En la Figura 3-3 se presenta la distribución de sistemas APR en la cuenca del río Imperial, donde se aprecia que estos sistemas se concentran dentro de la depresión central, las quebradas cordilleranas y el río Imperial en su parte baja. En torno al sector de Victoria, en la parte norte, los sistemas APR son escasos, sugiriendo la ausencia de poblaciones rurales significativas en esta zona.

En DGA (2017a), se menciona que al año 2015 existían 31.444 arranques y 132.044 personas con abastecimiento de agua potable rural proveniente de sistemas APR en la región de la Araucanía.

Como metodología, se consideró la base de datos DOH de los sistemas APR existentes a la fecha y una dotación de 120 l/Hab/día. Para la población dispersa sin conexión a un sistema, se utilizaron ponderadores de la dotación. El resumen de la demanda 2015 y proyectada se presenta en la Tabla 3-8.

**Tabla 3-8 Demanda de agua potable rural por subcuenca DGA. Miles de m<sup>3</sup>/año.**

Subcuenca DGA	2015	2030	2040	2050
Río Lumaco	420	498	513	560
R. Cholchol	768	1.034	1.065	1.223
Cautín Alto (hasta antes junta R. Quepe)	685	870	895	1.006
Río Quepe	674	843	868	969
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol-Chol	66	70	72	75
Río Imperial	409	444	457	479

Fuente: Adaptado de DGA, 2017a.

Con motivo de la modelación, en este estudio se realizó una estimación más gruesa y con mayor dotación, con el objetivo de contar con un excedente para que pueda ser

asignado a la demanda futura. Así, se consideró la población rural censada en 2017 por comuna y ponderada según su proporción en cada subcuenca DGA. Además, se consideró una dotación de 150 l/Hab/día. Por lo tanto, la demanda futura modelada queda como se presenta en la Tabla 3-9.

**Tabla 3-9. Demanda de agua potable rural por subcuenca DGA. Miles de m<sup>3</sup>/año. 2050.**

Subcuenca DGA	Demanda
Río Lumaco	2.165
R. Cholchol	4.013
Cautín Alto (hasta antes junta R. Quepe)	4.160
Río Quepe	4.623
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol-Chol	187
Río Imperial	1.786

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.1.4 Derechos de agua para uso humano

En este acápite se presentan los derechos de aprovechamiento de aguas asociados a uso de consumo humano, los que incluyen derechos asociados a empresas sanitarias, comités de APR, comunidades indígenas y derechos de particulares del tipo consuntivo hasta 10 l/s. En la Tabla 3-10 se presenta la cantidad de derechos y los caudales aprobados para uso humano.

Se ha generado una sub-agrupación por el tipo de empresa o asociación:

- Comunidad indígena
- Empresa acuícola
- Empresa agrícola
- Sanitaria o APR
- Empresa Eléctrica
- Empresa Forestal
- Fiscal

- Otras Sociedades
- Carácter Social
- Persona Natural

**Tabla 3-10. Derechos de aprovechamiento asociados a uso humano.**

Cuenca	Naturaleza	Tipo Empresa o Asociación	Caudal l/s
Río Imperial	Superficial	Comunidad Indígena	1.415,644
		Empresa Acuícola	0,4166
		Empresa Agua	459,0682
		Empresa Forestal	51,9883
		Fiscal	4.740,4467
		Otras Sociedades	135,4832
		Persona Natural	2.025,3822
		Social	75,8634
	Subterránea	Comunidad Indígena	54,07
		Empresa Acuícola	1
		Empresa Agrícola	38,51
		Empresa Agua	3.997,85
		Empresa Forestal	21,01
		Fiscal	82,333
		Otras Sociedades	430,909
		Persona Natural	1.829,89
Social	99,93		

Fuente: Elaboración propia en base a CPA.

### **3.2 Derechos de agua para el medio ambiente**

Las demandas ambientales pueden asociarse tanto a los ecosistemas terrestres como a los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Desde el punto de vista de los ecosistemas terrestres, la demanda corresponde a las aguas empleadas por la vegetación y los animales para sus procesos biológicos, crecimiento, alimentación y reproducción. Desde el punto de vista de los ecosistemas acuáticos, la demanda ambiental corresponde a la necesidad de mantener los hábitats acuáticos en temas de cantidad y calidad de las aguas, de manera tal que se asegure la continuidad de estos, siendo este último el que se considera para efectos de esta componente.

#### **3.2.1 Caudal ecológico**

La sustentabilidad e integridad de un ecosistema acuático no se asegura con el mantenimiento de un caudal mínimo constante a través de todo el año, ya que los requerimientos para la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente está dada principalmente por el régimen natural de los caudales (DGA, 2008). Es por ello, que al momento de definir el caudal ecológico mínimo se buscará considerar las variaciones en los caudales de flujo del cauce, estableciendo un caudal variable que permita mantener en forma proporcional al cauce sin intervenciones, las variaciones de cauce estacional.

La legislación actual, considera el procedimiento establecido en el Decreto N°71, de fecha 30 de septiembre de 2014 del Ministerio del Medio ambiente, aprueba Reglamento para la determinación del Caudal Mínimo Ecológico, lo cual se expresa en los cálculos expuestos a continuación.

La estimación de los caudales ecológicos en la red hidrográfica del río Imperial se realizará en base a metodología propuesta por la Dirección General de Aguas con el Método Probabilístico.

Los puntos de control que se consideraron para el cálculo del caudal ecológico consideran 8 subsubcuencas, en la Figura 3-4, es posible ubicar estos nodos para una representación espacial de los mismos.

En la Tabla 3-11 se presentan los resultados de caudal ecológico obtenidos del análisis de los derechos de agua no consuntivos (ya que son los mayores caudales otorgados) en los puntos de control expresados, según método probabilístico DGA.



**Tabla 3-11. Caudal Ecológico en puntos de control dentro de la cuenca del río Imperial**

Punto de control	Subsubcuenca											
<b>1</b>	<b>Río Caihuico hasta bajo Río Huichahue</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	270	200	190	250	590	1100	1100	1100	1100	660	440	220
<b>2</b>	<b>Río Cautín Bajo Junta Estero Lefuco</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	231	198	172	165	218	264	264	264	264	264	264	264
<b>3</b>	<b>Río Cautín Entre Estero Collico y Bajo Junta Río Blanco</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	90	70	60	60	10	24	24	24	24	24	21	15
<b>4</b>	<b>Río Cautín Entre Estero Lefuco y Bajo Junta Estero Collico</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	6	5	4	4	7	17	17	17	17	17	14	10
<b>5</b>	<b>Río Cautín Entre Río Blanco y Estero Guacolda</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	350	300	260	250	330	390	390	390	390	390	390	390
<b>6</b>	<b>Río Moncul</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	110	110	80	100	120	120	120	120	120	120	120	120
<b>7</b>	<b>Río Quepe bajo Río Calbuco</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	1400	1400	1400	1400	1400	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1400
<b>8</b>	<b>Río Quepe Entre Estero Hunaco Hasta Antes Río Huichahue</b>											
l/s	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Q eco	72	62	52	66	81	196	196	196	196	196	145	100

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2 Reservas ambientales

Reserva ambiental bajo el concepto de protección ambiental está referido a todas aquellas acciones personales o comunitarias que tiendan a defender, mejorar o potenciar la calidad de los recursos naturales de determinado ecosistema. Esto se relaciona con las acciones modificadoras causadas por las actividades humanas, las cuales se ven reflejadas en el deterioro significativo que presentan una gran cantidad de ecosistemas a nivel nacional (DGA, 2017a).

En este aspecto, en Chile, se definen tres medios de protección ambiental:

- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).
- Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica.
- Sitios Ramsar.

En la cuenca del Río Imperial es posible identificar 7 sitios prioritarios de conservación 2 Monumentos Naturales: Cerro Ñielol y Contulmo; 2 Parques Nacionales: Nahuelbuta y Conguillío; 2 Reservas Forestales: Malalcahuello y Las Nalcas; 1 Reserva de la Biosfera las Araucarias. Sin embargo, para la cuenca del Río Imperial no existe un caudal de reserva ambiental según (DGA,2017a) actualmente asociado a la cuenca.

### 3.3 Demanda agrícola

Para determinar la demanda agrícola en la cuenca del Río Imperial, se revisó lo realizado por la DGA el 2017, a partir de estudio "Estimación de la Demanda Actual, Proyecciones Futuras y Caracterización de la Calidad de los Recursos Hídricos", en dicho estudio, se estimó la demanda hídrica del sector agrícola, a partir del cálculo de las necesidades evapotranspirativas, según superficies y tipologías de cultivo. Se utilizaron los datos del Censo Agropecuario de 1997 y 2007, proyectando una superficie para el año 2015, además en estudio DGA 2017, se utilizó información actualizada al año 2014 y 2016 del censo frutícola que realiza ODEPA. Además, se contó con información georreferenciada del año 2015 de la evaporación potencial disponible de CNR.

Con ello se obtiene una demanda hídrica agrícola, equivalente a lo que se denomina agronómicamente como demanda bruta de riego, pero aplicada tanto a zonas bajo riego como a superficies productivas agrícolas en secoano.

La estimación de la demanda agrícola en la cuenca del Río Imperial, el año 2015, se estimó en caudal medio anual 3.061.331 (Mm<sup>3</sup>/año) y lo que significa un caudal 97.074 (m<sup>3</sup>/s).

En Anexo J10 "Superficie y proyecto de riego", se especifica la superficie de riego con tecnificación.

### 3.4 Demanda industrial

#### 3.4.1 Demanda del sector industrial

En DGA (2017a), se infirió la demanda industrial consuntiva y no consuntiva a partir de los análisis sobre los datos de descargas industriales líquidas registrados al año 2015. Para la cuenca del Río Imperial, se tienen los resultados de la Tabla 3-12.

**Tabla 3-12. Demanda industrial por subcuenca DGA. Miles de m<sup>3</sup>/año.**

Subcuenca DGA	2015	2030	2040
Río Lumaco	83	151	194
R. Chol Chol	0	0	0
Cautín Alto (hasta antes junta R. Quepe)	16.090	29.352	37.663
Río Quepe	637	1.162	1.490
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol-Chol	0	0	0
Río Imperial	0	0	0

Fuente: Adaptado de "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile". DGA, 2017. Elaborado por Aquaterra Ingenieros Ltda. e Hídrica Consultores SpA.

### 3.5 Otras demandas

#### 3.5.1 Demanda del sector pecuario

En DGA (2017a), se estimó la demanda hídrica consuntiva del sector pecuario considerando las producciones bovinas, ovinas, caprinas, avícolas, porcinas, entre otras. Para la cuenca del Río Imperial, se tienen los resultados de la Tabla 3-13.

**Tabla 3-13. Demanda pecuaria por subcuenca DGA. Miles de m<sup>3</sup>/año.**

Subcuenca DGA	2015	2030	2040
Río Lumaco	670	951	1.097
R. Chol Chol	425	410	399
Cautín Alto (hasta antes junta Río Quepe)	746	966	898
Río Quepe	788	1.252	1.153
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol-Chol	27	39	34
Río Imperial	325	395	356

Fuente: Adaptado. DGA, 2017a.

### 3.5.2 Demanda energía

En DGA (2017a), se estimó la demanda hídrica por el sector energético y se dividió en dos componentes: uno consuntivo (centrales termoeléctricas) y otro no consuntivo (centrales hidroeléctricas). Para la cuenca del Río Imperial, se tienen los resultados de la tabla siguiente.

**Tabla 3-14. Demanda de agua para el sector energético, por subcuenca DGA. Miles de m<sup>3</sup>/año.**

Subcuenca DGA	2015	2030	2040
Río Lumaco	0	0	0
R. Chol Chol	0	0	0
Cautín Alto (hasta antes junta Río Quepe)	8,828	7,344	6,307
Río Quepe	0	0	0
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol-Chol	0	0	0
Río Imperial	0	0	0

Fuente: Adaptado. DGA, 2017a.

### 3.5.3 Demanda por uso turístico

En DGA (2017a), se estimó la demanda hídrica por el sector turístico a partir de la metodología planteada en 2010 por Aquaterra para la DGA, en donde el enfoque metodológico se centró en la condición natural del río como el atractivo turístico a preservar en las zonas de interés turístico definidas. En la cuenca del Río Imperial no existen estas zonas, según la definición del estudio citado, por lo que a priori no existiría demanda por uso turístico.

### 3.5.4 Demanda para uso minero.

En la región de la Araucanía, según lo visto en el anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 2001 – 2020 de COCHILCO, no existen explotaciones mineras.

## **3.6 Mercado del agua**

El mercado del agua se conforma en base a las interacciones entre los compradores y vendedores de los derechos de aprovechamiento de aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta situación se da por múltiples razones, entre las que podemos considerar la inmediatez con la que un proyecto necesita los recursos hídricos o la falta de disponibilidad en la fuente que se esté analizando.

En la práctica, el mercado del agua busca una reasignación sobre los recursos hídricos comprometidos legalmente en las cuencas (derechos de aprovechamiento de aguas constituidos). Sin embargo, este sistema no se encuentra libre de fallas. A modo de ejemplo, el libre mercado puede fallar al momento de suministrar bienes ambientales a la sociedad si no cuenta con alguna intervención o regulación por parte del Estado. Otra de las fallas que se dan es la falta de información que permita generar una adecuada toma de decisiones por parte de las autoridades (ATP - BCN, 2018b).

Con el fin de analizar el mercado del agua en la cuenca, es que se además de revisar las transacciones en los Conservadores de Bienes Raíces (CBR), se ha incluido en el acápite las renunciadas de caudales, los derechos que pagan patentes y los remates entendiendo que estos puntos también permiten una reasignación de los recursos ya sea efectiva o potencial.

### 3.6.1 Transacciones CBR con jurisdicción en la cuenca

En la cuenca del Río Imperial se han identificado 21 comunas, las que se presentan en la Tabla 3-15.

Dentro de las transacciones que se llevan registro en los CBR encontramos las siguientes:

- Absorción
- Adjudicación
- Aporte
- Arrendamiento
- Cesión
- Compraventa
- Comunidad
- Dación en Pago
- Dominio
- Donación
- Expropiación
- Herencia
- Hipoteca
- Permuta
- Prohibición
- Rectificación
- Regularización
- Renuncia
- Resciliación
- Resolución
- Resolución SAG
- Sentencia
- Traslado
- Usufructo
- Sin precisar

**Tabla 3-15. Comunas pertenecientes a la cuenca**

Núm.	Comuna	Provincia	Conservador
1	Cholchol	Cautín	CBR Nueva Imperial
2	Cunco	Cautín	CBR Temuco
3	Freire	Cautín	CBR Temuco
4	Galvarino	Cautín	CBR Lautaro
5	Nueva Imperial	Cautín	CBR Nueva Imperial
6	Perquenco	Cautín	CBR Lautaro
7	Temuco	Cautín	CBR Temuco
8	Vilcún	Cautín	CBR Temuco
9	Lautaro	Cautín	CBR Lautaro
10	Carahue	Cautín	Notaría y CBR Carahue
11	Saavedra	Cautín	Notaría y CBR Carahue
12	Padre Las Casas	Cautín	CBR Temuco
13	Melipeuco	Cautín	CBR Temuco
14	Angol	Malleco	CBR Angol.
15	Curacautín	Malleco	Notaría y CBR Curacautín
16	Ercilla	Malleco	Notaría y CBR Collipulli
17	Los Sauces	Malleco	Notaría y CBR Purén
18	Lumaco	Malleco	Notaría y CBR Traiguén
19	Purén	Malleco	Notaría y CBR Purén
20	Traiguén	Malleco	Notaría y CBR Traiguén
21	Victoria	Malleco	Notaría y CBR Victoria

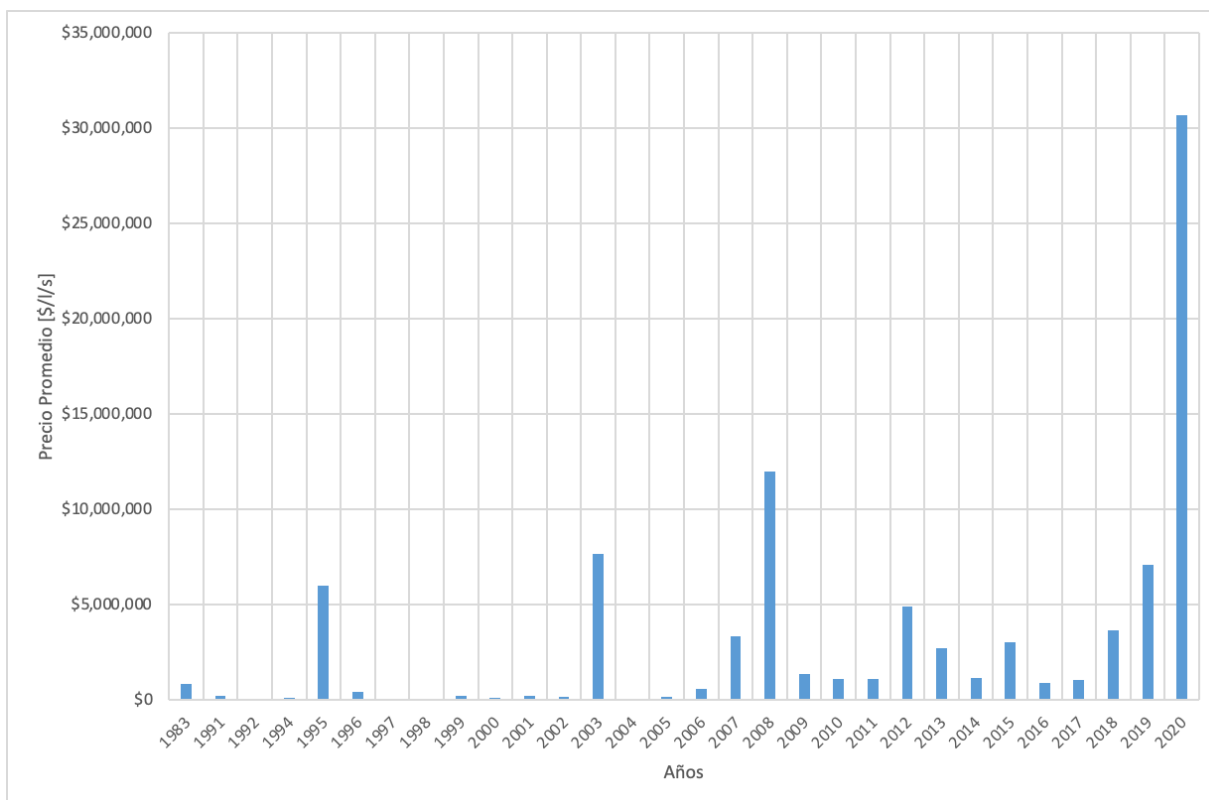
Fuente: Elaboración propia en base a <https://www.notariosyconservadores.cl/directorio-nacional/>

Para los CBR identificados en la Tabla 3-15 y para los diferentes tipos de transacciones se identificaron 12.215 registros los que se desglosan en la Tabla 3-16.

Del total de registros de transacciones 3844 corresponden a compraventas, y de estas 3328 indican el valor de la transacción, y de estos 3178 indican el caudal comprometido, y de estos 2538 se ha podido llevar el caudal a l/s. En la Tabla 3-17 se presentan los precios en pesos mínimo, promedio y máximo para 1 l/s. Para la cuenca, el valor promedio de 1 l/s corresponde a \$2.911.320 y la mayor equivalencia registrada alcanza los \$1.781.421.517, que en la realidad corresponde a una transacción de 0,01 l/s

transada a \$9.829.000. Por otro lado, la mayor transacción registrada alcanza los \$8.347.150.245 por un caudal de 24 m<sup>3</sup>/s, lo que se traduce en un precio equivalente para 1 l/s de \$345.113.

Con respecto a la evolución temporal del precio promedio equivalente de 1 l/s se observa un incremento significativo en el año 2020, alcanzando un estimado de \$30.652.784, lo cual se puede ver en la Figura 3-5.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3-5. Evolución del precio [\$] equivalente de 1 l/s.**



**Tabla 3-16. Transacciones en CBR**

TRANSACCIÓN	A N G O L	C A R A H U E	C O L L I P U L L I	C U R A C A U T I N	L A U T A R O	N U E V A I M P E R I A L	P U R E N	T E M U C O	T R A I G U E N	V I C T O R I A	T O T A L
Absorción	4	2	-	24	-	8	-	1	-	6	45
Adjudicación	348	-	4	223	50	5	5	88	18	34	775
Aporte	19	-	5	106	21	5	-	127	16	51	350
Arrendamiento	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cambio de punto de captación	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Cesión	62	-	-	5	11	114	2	34	-	4	232
Compraventa	853	74	78	694	640	148	51	815	86	40 5	3.844
Dación en pago	13	-	-	1	2	1	1	31	-	3	52
Dominio	509	29	19	427	641	1.09 4	15 3	1.27 9	18 4	89	4.424
Donación	3	1	-	-	-	156	-	2	-	2	164
Expropiación	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Fusión	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4

**Tabla 3-16. Transacciones en CBR**

TRANSACCIÓN	A N G O L	C A R A H U E	C O L L I P U L L I	C U R A C A U T I N	L A U T A R O	N U E V A I M P E R I A L	P U R E N	T E M U C O	T R A I G U E N	V I C T O R I A	T O T A L
Herencia	226	10	13	52	76	26	9	196	26	47	681
Liquidación	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
No indica	3	-	-	1	-	1	-	20	1	-	26
Partición	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Permuta	9	-	-	3	-	-	1	2	7	31	53
Posesión efectiva	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	4
Prohibición	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
Rectificación	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Regularización	154	13	-	300	9	62	29	50	6	4	627
Renuncia	8	-	-	2	2	13	-	5	-	-	30
Resciliación	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	9
Resolución	31	-	-	264	30	5	6	300	2	5	643
Resolución SAG		-	-	-	2	-	-	35	-	-	37

**Tabla 3-16. Transacciones en CBR**

TRANSACCIÓN	A N G O L	C A R A H U E	C O L L I P U L L I	C U R A C A U T I N	L A U T A R O	N U E V A I M P E R I A L	P U R E N	T E M U C O	T R A I G U E N	V I C T O R I A	T O T A L
Sentencia	51	-	-	15		2	9	20	1	-	98
Traslado	28	5	1	-	2	13	-	43	3	-	95
Usufructo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
TOTAL	2.337	135	121	2.118	1.486	1.656	269	3.058	350	685	12.215

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3-17. Precios (\$) por l/s**

CBR	Registros	Precio Mín \$/L/S	Precio Promedio \$/L/S	Precio Máx \$/L/S
Angol	396	\$76	\$2.468.987	\$219.093.033
Carahue	70	\$1.00	\$453.88	\$10.000.000
Collipulli	60	\$2.23	\$2.759.788	\$71.981.250
Curacautín	521	\$4	\$1.442.020	\$356.400.000
Lautaro	404	\$0	\$1.834.600	\$130.495.124
Nueva Imperial	124	\$53	\$5.977.859	\$200.000.000
Purén	35	\$0	\$329.26	\$2.416.667
Temuco	463	\$24	\$2.289.608	\$201.830.400
Traiguén	82	\$25	\$4.352.014	\$60.000.000
Victoria	383	\$10.00	\$7.205.191	\$1.781.421.517

Fuente: Elaboración propia.

Se observa, a partir de los datos existentes que el mercado del agua tiene un importante grado de variabilidad con respecto a los precios transados. Esta variabilidad se da en diferentes aspectos, tanto temporal, espacial y asociado a la magnitud y uso del derecho transado. Por otro lado, y dado que el recurso hídrico con el tiempo tenderá a repartir todos los recursos, ya sea para usos antrópicos o de protección, y por otro lado la oferta (precipitaciones) disminuirá por efecto del cambio climático y la demanda en caso de aumentar, de no generarse en el futuro otra forma de reasignar los recursos hídricos generarán una presión sobre el recurso hídrico que por el comportamiento esperado de los mercados deberá generar el incremento de los precios en que se transa el agua.

### 3.6.2 Renuncias de Derechos de Aprovechamiento de Agua

Este acápite tiene por objetivo mostrar la existencia de renunciaciones a derechos de aprovechamiento de aguas, lo que puede entenderse como un mercado del agua poco activo, ya sea porque no hay necesidad por parte de otros usuarios de adquirir dichos recursos, o falta de una plataforma para ofrecer de forma efectiva los derechos que no se encuentran en uso y que serán renunciados.

El efecto de las renunciaciones en el balance pasa primero por un acto administrativo de la DGA en donde determine la nueva disponibilidad de agua en el punto de la renuncia y eso aún no acontece respecto de ninguna de las renunciaciones de DAA hasta el momento por lo que mal podría determinarse el efecto ni menos en un modelo.

De la base de datos generada, se han identificado 22 registros que indican renunciaciones a derechos de aprovechamiento de aguas, 17 corresponden a Derechos No Consuntivos (Eventuales y Permanentes) y 5 corresponden a Derechos Consuntivos. Las renunciaciones de los Derechos No Consuntivos corresponden a derechos que en su origen tenían contemplado la generación de proyectos hidroeléctricos.

En la Tabla 3-18 se presentan las renunciaciones encontradas.



Tabla 3-18. Renuncias a derechos de agua.

Número	Conservador	Registro Año CBR Actual	Fojas CBR Actual	Número CBR Actual	Caudal Promedio	Unidad de Caudal	Tipo de Derecho	Ejercicio del Derecho	Fuente
1	Curacautín	2015	32	24	51,42	No Indica	No Consuntivo	Eventual y Discontinuo	Río Bio Bio
2	Curacautín	2015	32	24	80,42	No Indica	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Bio Bio
3	Nueva Imperial	2015	56 VTA	50	155.134,17	No Indica	No Consuntivo	Eventual y Discontinuo	Río Tolten
4	Nueva Imperial	2015	56 VTA	50	302.591,67	No Indica	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Tolten
5	Nueva Imperial	2008	17 VTA	17	0,0	l/s	No Consuntivo	Eventual y Discontinuo	Río Chol Chol
6	Nueva Imperial	2008	17 VTA	17	250	l/s	No Consuntivo	Permanente y Discontinuo	Río Chol Chol
7	Nueva Imperial	2008	17 VTA	17	500	l/s	Consuntivo	Permanente y Discontinuo	Río Chol Chol

Tabla 3-18. Renuncias a derechos de agua.

Número	Conservador	Registro Año CBR Actual	Fojas CBR Actual	Número CBR Actual	Caudal Promedio	Unidad de Caudal	Tipo de Derecho	Ejercicio del Derecho	Fuente
8	Nueva Imperial	2008	17 VTA	17	0,0	l/s	No Consuntivo	Eventual y Discontinuo	Río Chol Chol
9	Nueva Imperial	2008	17 VTA	17	250	l/s	No Consuntivo	Permanente y Discontinuo	Río Chol Chol
10	Nueva Imperial	2008	18 VTA	18	1.500	l/s	Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Cautín
11	Nueva Imperial	2008	18 VTA	18	1.500	l/s	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Cautín
12	Nueva Imperial	2008	18 VTA	18	1.500	l/s	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Cautin
13	Nueva Imperial	2008	19	19	3.500	l/s	Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Toltén
14	Nueva Imperial	2008	19	19	500	l/s	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Tolten

Tabla 3-18. Renuncias a derechos de agua.

Número	Conservador	Registro Año CBR Actual	Fojas CBR Actual	Número CBR Actual	Caudal Promedio	Unidad de Caudal	Tipo de Derecho	Ejercicio del Derecho	Fuente
15	Nueva Imperial	2008	19	19	500	l/s	No Consuntivo	Permanente y Continuo	Río Toltén
16	Lautaro	2018	40	50	110	l/s	Consuntivo	Eventual y Continuo	Rio Muco
17	Lautaro	2019	19	26	200	l/s	Consuntivo	Eventual y continuo	No Indica
18	Temuco	2015	77	146	23.800	No Indica	No Consuntivo	Permanente y continuo	Rio Relgolil O Curimeno
19	Temuco	2015	78	147	19.316,67	No Indica	No Consuntivo	Permanente y continuo	Rio Relgolil O Curimeno
20	Temuco	2015	78	148	14.250	No Indica	No Consuntivo	Permanente y continuo	Rio Relgolil O Curimeno
21	Temuco	2019	178	158	27,21	m <sup>3</sup> /s	No Consuntivo	Permanente y discontinuo	Rio Allipen

Tabla 3-18. Renuncias a derechos de agua.

Número	Conservador	Registro Año CBR Actual	Fojas CBR Actual	Número CBR Actual	Caudal Promedio	Unidad de Caudal	Tipo de Derecho	Ejercicio del Derecho	Fuente
22	Temuco	2019	178	158	13,81	m <sup>3</sup> /s	No Consuntivo	Eventual y discontinuo	Rio Allipen

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.3 Pago de Patentes por no uso

El análisis del cobro de patentes por no uso en el caso de la cuenca del río Imperial se dificulta porque no se encontró la desagregación de la información durante los primeros 13 años de desarrollo del proceso de cobro, lo que no permite saber con un grado razonable de certeza cuántas patentes se cobran en cada cuenca o subcuenca, el nivel de agregación de esa información hizo imposible en este estudio poder analizarlo para la cuenca a nivel de cauce, subsubcuenca, subcuenca o cuenca.

No obstante, a raíz de la información solicitada a la Inspección Fiscal del estudio para el año 2020 se pudo desagregar por cuenca y, en el caso del proceso del año 2021 la DGA desagregó a nivel de comuna los cobros, se pudieron analizar las tendencias de estos dos últimos procesos.

La información obtenida se presenta en la Tabla 3-19 de caudales sujetos a pagos de patente, por tipo de titular.

**Tabla 3-19. Caudales sujetos a pagos de patente, por tipo de titular**

	2020 Cuenca		2021 provincia, comunas	
	Patentes	m <sup>3</sup> /s	Patentes	m <sup>3</sup> /s
EMPRESAS	62	534,5	243	1.088,9
MUJERES	27	37,2	108	111,7
HOMBRES	91	82,9	317	704,7
TOTALES	180	654,6	668	1.905,3

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del análisis hecho evidencia que el cobro de patentes del año 2021 afectó a un caudal más de tres veces superior al cobrado el año 2020, de unos 654 m<sup>3</sup>/s a alrededor de 1910 m<sup>3</sup>/s, disminuyendo a un tercio de las personas jurídicas (empresas) y hombres, siendo el cobro a titulares mujeres muy similar en ambos procesos.

Respecto de si los titulares de DAA pagan o no su patente, una vez que la DGA envía a Tesorería General de la República el listado de cobro, la información en la página de dicho organismo no permite desagregar los pagos ni por cuenca ni por comuna, solo entrega valores a nivel anual por lo que no es posible saber el patrón de pago del cobro de patente en la cuenca. A nivel nacional y desde que se iniciaron los procesos de cobro por parte de la DGA, entre el 2007 y el 2021, se han pagado 24.086 patentes por un total de \$261.699.999.556

La Tesorería entrega además información acerca del envío de los morosos a los Tribunales de Justicia como establece el Código de Aguas, información desagregada por jurisdicción del tribunal correspondiente, pero para conocer los procesos hay que ingresar a las causas del poder Judicial con cada rol de la casa, lo que fue inviable de hacer en este estudio.

Con todo, la información recopilada indica que recién el año 2018 la tesorería, en el caso de Imperial, comenzó a remitir al juez el listado de morosos, habiendo remitido hasta la fecha 9 cobros, algunos de ellos incluyendo a un grupo de varios morosos a la vez. El rol de las causas se presenta en la Tabla 3-20.

**Tabla 3-20. Listado de procesos de cobranza judicial por no pago de patentes por no uso.**

REGIÓN	TESORERÍA	TRIBUNAL	ROL	AÑO
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Villarrica	528	2020
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras y Gar. de Pucón	299	2020
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Loncoche	130	2020
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Villarrica	389	2019
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Loncoche	92	2019
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras y Gar. de Pucón	258	2019
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Loncoche	74	2018
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras y Gar. de Pucón	193	2018
ARAUCANÍA	Tesorería Regional de La Araucanía	Juzgado de Letras de Villarrica	327	2018

Fuente: Elaboración propia en base a información TGR.

No hay información posterior acerca de si se embargaron derechos y si posteriormente se llamó a remate ni si estas aguas fueron reasignadas mediante este mecanismo.

## **Capítulo 4. Oferta Hídrica**

En el presente capítulo se estima la oferta hídrica de la cuenca, tanto de las fuentes superficiales como subterráneas, así como la identificación de los glaciares existentes. Se complementa además con el análisis de las restricciones históricas y actuales sobre uso de las aguas, de forma de establecer un diagnóstico realista de los recursos hídricos que se disponen. Además de la "cantidad", también es influyente la "calidad" de la misma, por ello se incorpora el estado actual de la calidad de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Destaca que no existen decretos de escasez en la región de la Araucanía.

### **4.1 Agua superficial**

#### **4.1.1 Fuentes superficiales**

En el acápite 2.1.5 se han descrito las unidades de subcuenca de interés para el desarrollo siguiente.

##### *4.1.1.1 Disponibilidad Hídrica*

Cabe señalar que este acápite hace referencia a la disponibilidad legal, que corresponde a la definición de disponibilidad según el manual de normas y procedimientos para la administración de recursos hídricos, orientada a constituir nuevos derechos de aprovechamiento de aguas.

- Puntos de control significativos para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas

Este acápite tiene por objetivo presentar una serie de puntos de control dentro de la cuenca del Río Imperial, que se consideran significativos para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y donde se presenta el balance Oferta-Demanda.

Se analizaron el número de derechos otorgados por sub-subcuenca, para la elección de puntos de control, considerando las sub subcuencas con un número más alto de derechos de aprovechamientos aprobados y buscando tomar puntos de control distribuidos por toda la zona de estudio.

- División administrativa

A continuación, en la Tabla 4-1, se presenta a nivel de sub-subcuencas los derechos de aprovechamientos de aguas constituidos.

**Tabla 4-1. Sub-subcuencas en la Cuenca de Imperial y derechos otorgados correspondientes.**

Nombre sub-subcuencas	Área [km2]	Derechos constituidos por sub-subcuenca
Estero Perquenco	247,718	2
Río Caihuico hasta bajo Río Huichahue	343,063	122
Río Cautín Bajo Junta Estero Lefuco	441,589	186
Río Cautín Entre Arriba Junta Estero Guacolda y Río Muco	267,042	14
Río Cautín Entre Estero Collico y Bajo Junta Río Blanco	470,514	85
Río Cautín Entre Estero Lefuco y Bajo Junta Estero Collico	379,521	160
Río Cautín Entre Estero Pumalal y Río Quepe	435,813	18
Río Cautín Entre Río Blanco y Estero Guacolda	303,37	102
Río Cautín Entre Río Muco y Bajo Junta Estero Pumalal	272,256	16
Río Cautín entre Río Quepe y Río Chol Chol	91,694	2
Río Chol Chol entre Río Quillén y Río Renaco	281,092	-
Río Chol Chol entre Río Renaico y Río Imperial	242,44	2
Río Collins	237,138	80
Río Colpi Entre Junta Río Quino y Río Traiguén, Río Lumaco	98,979	1
Río Huichahue entre Río Caihuico y Río Quepe	377,392	21

**Tabla 4-1. Sub-subcuencas en la Cuenca de Imperial y derechos otorgados correspondientes.**

Nombre sub-subcuencas	Área [km2]	Derechos constituidos por sub-subcuenca
Río Imperial entre Junta Ríos Cautín y Chol Chol y Río Las Damas	497,466	12
Río Imperial entre Río Las Damas y desembocadura	162,39	-
Río Las Damas	266,085	7
Río Lleulleu	617,121	-
Río Lolco en junta Río Villacura	365,732	-
Río Lonquimay	463,734	-
Río Lumaco Entre Arriba Río Pichilumaco y Río Colpi	195,122	1
Río Lumaco entre Río Colpi y Río Quillén	114,536	-
Río Lumaco entre Río Purén y Río Pichilumaco	316,324	6
Río Lumaco hasta Río Purén	35,649	-
Río Malleco Entre Río Niblinto y Estero Cherquenco	247,718	-
Río Malleco hasta bajo junta Río Niblinto	343,063	-
Río Moncul	441,589	30
Río Muco entre Río Collins y Río Cautín	267,042	7
Río Muco hasta junta Río Collins	470,514	28
Río Pellahuen y Río Chaugum	379,521	19

**Tabla 4-1. Sub-subcuencas en la Cuenca de Imperial y derechos otorgados correspondientes.**

Nombre sub-subcuencas	Área [km2]	Derechos constituidos por sub-subcuenca
Río Purén	435,813	20
Río Quepe bajo Río Calbuco	303,37	107
Río Quepe Entre Estero Hunaco Hasta Antes Río Huichahue	272,256	54
Río Quepe Entre Estero Pelales y Río Cautín	91,694	3
Río Quepe Entre Río Calbuco y Bajo Estero Hunaco	281,092	28
Río Quepe Entre Río Huichahue y Bajo Estero Pelales	242,44	7
Río Quillén Entre Estero Perquenco y Río Chol Chol	237,138	5
Río Quillén Entre Puente Perquenco y Estero Perquenco	98,979	5
Río Quillén hasta puente Perquenco	377,392	5
Río Quino Bajo Junta Estero Pua	497,466	13
Río Quino Entre Estero Pua y Río Traiguén	162,39	7
Río Rehue Entre Estero Llollue y Estero Romulhueco	266,085	-
Río Rehue Hasta Bajo Estero Llollue	617,121	-
Río Renaico	365,732	7
Río Repucura entre junta Ríos Pellahuen y Chanquin	463,734	2

**Tabla 4-1. Sub-subcuencas en la Cuenca de Imperial y derechos otorgados correspondientes.**

Nombre sub-subcuencas	Área [km2]	Derechos constituidos por sub-subcuenca
Río Tirua	195,122	-
Río Traiguén Entre Estero Quilapan y Río Quino	114,536	2
Río Traiguén Hasta Bajo Estero Quilapan	316,324	--

Fuente: Elaboración propia con datos DGA 2020.

Los puntos de control presentan disponibilidad para derechos permanente y eventual; continua y discontinua.

Es importante señalar, que esto no significa que otros puntos no puedan tener disponibilidad, y en cada caso se realiza un análisis específico para determinarla y resolver las solicitudes de derecho de aprovechamiento de agua.

Los puntos de control considerados en el estudio para la cuenca de Imperial son 9, y se presentan en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2. Puntos de control para evaluación de disponibilidad hídrica. Cuenca Imperial.**

Punto de control	Nombre Sub-Subcuenca	Fuente de captación derecho
1	Río Caihuico hasta bajo Río Huichahue	Río Huichahue
2	Río Cautín Bajo Junta Estero Lefuco	Estero El Claro
3	Río Cautín Entre Estero Collico y Bajo Junta Río Blanco	Río Amantible
4	Río Cautín Entre Estero Lefuco y Bajo Junta Estero Collico	Estero sin Nombre
5	Río Cautín Entre Río Blanco y Estero Guacolda	Río Negro
6	Río Moncul	Estero Centinela
7	Río Quepe bajo Río Calbuco	Río Quepe
8	Río Quepe Entre Estero Hunaco Hasta Antes Río Huichahue	Río Codihue
9	Río Traiguén Entre Estero Quilapan y Río Quino	Río Traiguén

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 4-3 se presenta la disponibilidad de caudales en cada uno de los puntos señalados en la cuenca del Río Imperial

Se hace presente que la información plasmada no implica de forma alguna, que en zonas o tramos cercanos a los puntos presentados donde no hay disponibilidad, la situación es la misma. Se entiende que en cada punto de los diferentes cauces pertenecientes a la zona de estudio es posible realizar un balance, el cual es único para cada punto, y dependerá de múltiples condiciones las cuales también van haciendo de este un análisis dinámico.



**Tabla 4-3. Disponibilidad de caudales cuenca Río Imperial.**

Punto de control	Sub-subcuenca												
1	Río Caihuico hasta bajo Río Huichahue												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1180	6410	7280	0	0	0	0	0
2	Río Cautín Bajo Junta Estero Lefuco												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qeve	0	0	0	0	826	1189	1558	383	383	239	0	0
3	Río Cautín Entre Estero Collico y Bajo Junta Río Blanco												

**Tabla 4-3. Disponibilidad de caudales cuenca Río Imperial.**

Punto de control	Sub-subcuenca												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qeve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Río Cautín Entre Estero Lefuco y Bajo Junta Estero Collico												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qeve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Río Cautín Entre Río Blanco y Estero Guacolda												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC

**Tabla 4-3. Disponibilidad de caudales cuenca Río Imperial.**

Punto de control	Sub-subcuenca												
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qeve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Río Moncul												
l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qeve	0	0	0	125	3055	1175	2165	0	0	435	0	0	0
7	Río Quepe bajo Río Calbuco												
l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 4-3. Disponibilidad de caudales cuenca Río Imperial.**

Punto de control	Sub-subcuenca												
	Qeve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Río Quepe Entre Estero Hunaco Hasta Antes Río Huichahue												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Qeve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Río Traiguén Entre Estero Quilapan y Río Quino												
	l/s	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
	Qper	0	0	0	0	110	110	110	110	110	110	110	110
	Qeve	110	110	110	110	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

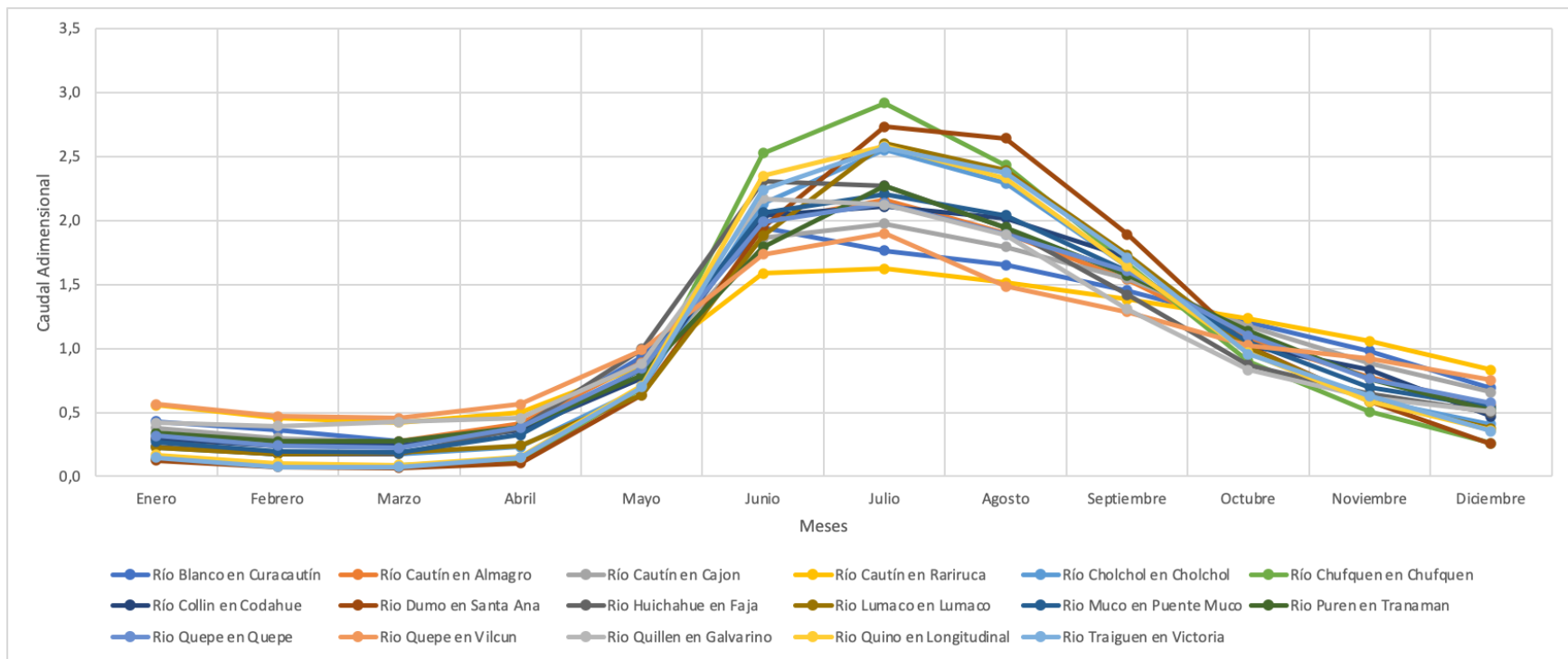
#### *4.1.1.2 Restricciones de uso sobre fuentes superficiales*

En la cuenca no se han determinado restricciones legales sobre el uso de fuentes superficiales, además de las zonas declaradas como de protección ambiental descritas en acápite anteriores y los caudales ecológicos definidos por tramo por parte de la DGA, asociado siempre a un derecho existente.

#### 4.1.2 Oferta en la fuente

En este acápite se presenta la información recopilada de gabinete, asociada a las estadísticas fluviométricas de la cuenca a modo de conocimiento general, esto debido a que para efectos de los trabajos de modelación se utilizó los antecedentes del estudio de Actualización del Balance Hídrico Nacional, según fue indicado en reuniones de trabajo con la Inspección Fiscal.

En la cuenca del río Imperial se encuentran vigentes 23 estaciones fluviométricas según lo indicado en el numeral 2.4.2. La cuenca del río Imperial presenta un comportamiento pluvial, el cual se refleja en la Figura 4-1 de caudales adimensionales. La normalización de estos se ha hecho por el caudal medio anual. En la Tabla 4-4 se presentan los caudales medios mensuales para cada estación.



Fuente: Elaboración propia en base a caudales medios mensuales obtenidos de las series estadísticas de la RHN.

**Figura 4-1. Caudales medios adimensionales.**

**Tabla 4-4 Caudales Medios Mensuales [m<sup>3</sup>/s].**

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Blanco en Curacautín	3,2	2,7	2,0	2,8	7,0	14,4	13,1	12,3	10,8	9,0	7,3	5,1	7,4
Río Cautín en Almagro	70,3	59	65,8	99,3	214,7	479,7	520,9	458,3	371,2	259,1	186,7	133,6	241,2
Río Cautín en Cajón	48,0	38,1	34,1	48,7	106,5	237,0	251,4	228,2	196,9	149,0	112,3	83,7	127,2
Río Cautín en Rariruca	47,3	38,5	35,8	42,2	73,3	134,4	137,6	128,4	117,4	104,5	89,5	70,5	84,8
Río Cholchol en Cholchol	26,6	20,4	20,4	26,9	80,8	248,5	297,7	267,2	191,1	114,9	70,3	47,6	116,8
Río Chufquen en Chufquen	2,7	1,7	1,7	2,7	13,7	50,2	57,9	48,3	32,9	17,9	10,1	5,1	19,9
Río Collin en Codahue	3,8	3,1	3,1	4,7	9,9	26,4	27,3	26,2	22,1	13,2	10,8	6,1	13,0
Río Dumo en Santa Ana	0,2	0,1	0,1	0,2	1,3	3,8	5,4	5,2	3,7	2,0	1,2	0,5	2,0
Río Huichahue en Faja	2,8	2,1	2,1	4,5	11,9	27,6	27,1	23,2	16,9	10,4	7,7	5,9	11,9
Río Lumaco en Lumaco	3,5	2,7	2,8	3,7	9,7	28,8	39,8	36,6	26,5	15,4	9,0	5,7	15,3
Río Muco en Puente Muco	6,4	4,7	4,4	7,7	20,0	48,8	52,2	48,2	37,9	24,8	16,5	12,8	23,7
Río Purén en Tranaman	3,0	2,4	2,4	3,4	7,0	15,9	20,1	17,2	13,9	10,1	6,8	4,6	8,9
Río Quepe en Quepe	26,0	19,8	18,4	31,3	69,3	163,5	175,3	155,5	132,0	90,4	62,6	47,4	82,2
Río Quepe en Vilcún	16,6	13,8	13,4	16,5	29,1	51,0	55,9	43,6	37,8	30,2	27,2	22,1	29,4
Río Quillén en Galvarino	7,8	7,3	7,9	8,4	16,4	40,1	39,3	34,9	24,2	15,4	11,4	9,4	18,5
Río Quino en Longitudinal	2,1	1,3	1,1	1,9	9,1	30,0	33,0	29,8	21,0	12,4	7,5	4,6	12,8
Río Traiguén en Victoria	0,6	0,3	0,3	0,6	2,8	8,8	10,1	9,4	6,7	3,8	2,5	1,4	3,9

Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.3 Calidad del agua superficial

Para la elaboración de este acápite se ha utilizado la información proporcionada por el Departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos de la DGA. Esta información ha sido procesada y acotada a la zona de estudio.

La calidad del agua es compleja de determinar y describir, en tanto esta está determinada por un número importante de parámetros. Más aún, el concepto de "buena" calidad del agua está sujeta al uso del agua, el que determina qué parámetros son relevantes y en qué nivel son adecuados y/o aceptables.

Como una manera de tener valores de referencia o comparativos para el análisis, se utilizará la Norma Chilena "NCh 1.333 Of. 78" Requisitos de calidad de agua para diferentes usos", la cual establece estándares de calidad para aguas de regadío, aguas destinadas a la vida acuática, para uso recreativo y agua destinada a la estética. Por su parte, la NCh. 409 establece requisitos de calidad para agua de consumo humano. Ver Anexo J 3 " Calidad de Agua" para consideraciones generales, descripción y selección de parámetros y metodología.

#### 4.1.3.1 Red de monitoreo

Tal como se mencionó en la sección 2.4.3 diagnóstico de infraestructura red de calidad, en la cuenca del río Imperial existen 12 estaciones distribuidas en las distintas subcuencas que se utilizan para el análisis de calidad de agua, estas estaciones vigentes cuentan con información histórica con una data de registro desde el año 1990 a la fecha con un número de 100 muestreos en la mayoría de ellas. En la Tabla 4-5 se resume esta información.

#### 4.1.3.2 Análisis por subcuenca DGA

Los resultados de la sistematización de la información, procesamiento de datos, cuadro comparativo con la NCh 1333, criterios de selección de parámetros relevantes se encuentran en Anexo J 3. En el cuerpo del informe sólo se presenta el análisis gráfico temporal y espacial por parámetro y por subcuenca.

- Subcuenca del Río Lumaco

Según la base de datos de la DGA, en el mapa de la Red Hidroquímica existen 5 estaciones de monitoreo de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Lumaco. Sin embargo 2 de ellas no cuentan con información de monitoreos (ECCH y RTEV), por lo siguiente para el análisis se utilizan 3 estaciones según la Tabla 4-5 logrando una cobertura

regular de la cuenca sobre todo considerando las presiones ambientales dadas por los efectos antrópicos de las urbes en esta sección de la cuenca.

**Tabla 4-5. Subcuencas y estaciones Subcuenca Río Lumaco.**

COD_BNA	NOMBRE ESTACIÓN	ID ANÁLISIS	N° REGISTROS	PERÍODO REGISTRO
09105001-3	RÍO TRAIGUÉN EN TRAIGUÉN	RTET	100	1990-2019
09102001-7	RÍO LUMACO EN LUMACO	RLEL	100	1990-2019
09106001-9	RÍO QUINO EN LONGITUDINAL	RQEL	100	1990-2019

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la cobertura temporal de los registros, se considera buena ya que todas las estaciones cuentan con mediciones trimestrales en el período de análisis de 1990-2019

De los parámetros relevantes se analizará gráficamente hierro, oxígeno disuelto, molibdeno y pH ver análisis gráfico en Anexo J 3.

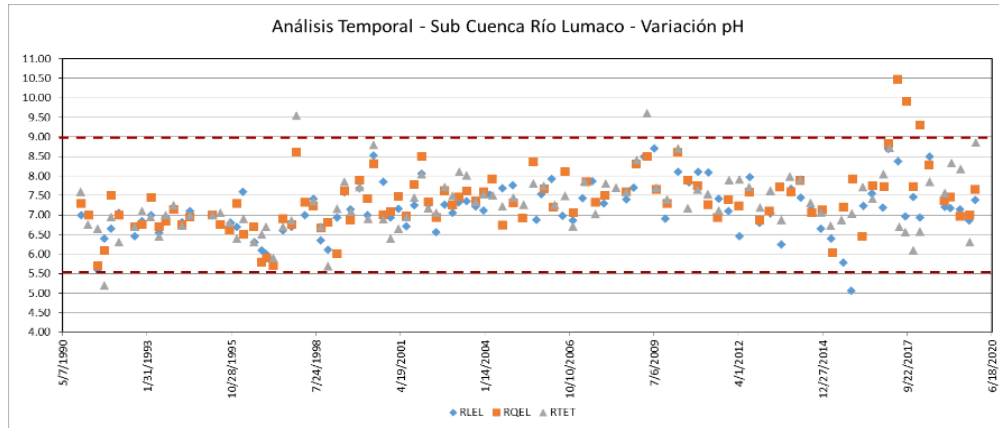
**1) Análisis temporal de la calidad de agua en la subcuenca del río Lumaco.**

El Hierro (Fe) total se ha mantenido constante bajo el límite de la norma a lo largo del tiempo, a excepción de valores puntuales detectados en la estación ID\_RLEL que están sobre esta en los años 2011 y 2019.

El oxígeno disuelto a lo largo del tiempo se ha mantenido constante y mayor que el mínimo definido por la norma para la vida acuática, salvo algunas mediciones puntuales que se encuentran por debajo del límite. Año 2019 en estación ID\_RLEL.

El Molibdeno por su parte, presenta a lo largo del tiempo valores mayores a lo recomendado por la norma para riego (0,01 mg/l). Desde 2006 el método de medición tiene su límite de detección 0.05 mg/l. presenta una baja cobertura temporal.

El pH se ha mantenido dentro del rango de la norma, se puede apreciar en la Figura 4-2 un leve aumento en los últimos años, incluyendo algunas mediciones aisladas que salen del rango en la estación RQEL.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4-2. Análisis Gráfico Temporal - pH- Subcuenca Río Lumaco.**

**iv.** *Análisis Espacial de la calidad del agua en la subcuenca del río Lumaco.*

En relación a la cobertura de las estaciones, se considera que en esta Subcuenca poco representativa ya que espacialmente existen estaciones que la DGA mantiene sin registros como son las estaciones de Río Traiguén en Victoria y Estero Chufquen en Chufquen a esto se suma que el molibdeno no es muestreado en todas las campañas ni en todas las estaciones. El análisis gráfico se puede ver en el Anexo J 3.

**v.** *Análisis de presiones sobre la calidad de agua en la subcuenca del río Lumaco.*

En este apartado se presenta un resumen de las presiones antrópicas emanadas de las fuentes emisoras de residuos líquidos a los cursos de agua de la subcuenca del río Lumaco. En la Tabla 4-6 se sistematiza información de las fuentes emisoras y su relación con Estaciones de monitoreo.

**Tabla 4-6. Fuentes Emisoras subcuenca Río Lumaco.**

NOMBRE FUENTE EMISORA	EST. DE MONITOREO	DS 90	RCA	ORG. FISC	PS	CARGOS
Planta de tratamiento de aguas servidas - Victoria	RQEL	X		SISS		Cumple
Planta de tratamiento de aguas servidas - Localidad De Pua	RQEL	X		SISS		Cumple
Pta. Riles Quillayes Victoria	RQEL	X		SMA (35)	1	No Cumple
Pta. Riles Vialact Victoria	RQEL		X	-		S/I
Aumento Producción Planta Victoria Carozzi	RQEL		X	-		S/I
Ptas- Localidad De Qino	RQEL	X		SISS		Cumple
Generación Eléctrica A Partir De Biomasa	RQEL		X	-		S/I
Ptas - Traiguén	RTET	X		SISS		Cumple
Extracción Áridos Chufquen Traiguén	RTET		X	-		S/I
Vertedero Traiguén	RTET		X	SMA (1)		Inspección Ambiental Conforme
Ptas - Galvarino	RTET	X		SISS		Cumple
Ptas - Purén	RLEL	X		SISS		Cumple
Ptas - Lumaco	RLEL	X		SISS		Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En la estación ID\_RQEL los valores de Ph y molibdeno superaron la norma lo que puede deberse a la incidencia de las descargas de las PTAS Victoria – PTAS localidades de Pua y Quino o al vertimiento de RILES de las agroindustrias Quillayes, Vialact, Carozzi. Según los reportes a la SISS las PTAS cumplen los máximos exigidos, a excepción de la

PTAS Victoria que en los meses de enero y marzo de 2016, diciembre 2017 y nov 2020 no cumplen con el DS90 lo que puede explicar el aumento de pH en ese registro.

De la información del SNIFA en el repositorio de fiscalizaciones, procesos sancionatorios, programas de cumplimiento la Agroindustria Quillayes es la única que presenta fiscalizaciones por parte de la SMA y un proceso sancionatorio por incumplimientos de carácter leve por superar límites en algunos parámetros y no informar remuestreos, exceder el caudal máx. permitido de descarga durante los años 2013 y 2014. No hay registros de fiscalizaciones desde 2016 en adelante.

Similar situación se da en la estación ID\_RTET donde PTAS Traiguén reporta cumplimiento, la actividad minera de extracción áridos no tiene expedientes de fiscalizaciones y el Vertedero sólo presenta un informe de inspección ambiental conforme del año 2016.

En la estación ID\_RLEL se supera límites máximos de Mo y Fe en alguna de las campañas de monitoreo y el oxígeno disuelto y pH presenta muestras por debajo del límite min. permitido, sin embargo, ambas PTAS Lumaco y Purén declaran cumplimiento del DS90.

- Subcuenca Río Cholchol

Según la base de datos de la DGA, en el mapa de la Red Hidroquímica existen 3 estaciones de monitoreo de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Chol-Chol. Sin embargo una de ellas no cuenta con información de monitoreo (RQEG), por consiguiente para el análisis se utilizan 2 estaciones logrando una cobertura deficiente de la subcuenca.

De los parámetros relevantes se analizará gráficamente pH, hierro, mercurio y molibdeno, parámetros que superan los límites determinados por la norma de agua para riego en alguna de sus mediciones, para descartar que se trate de datos aislados se grafican en temporalidad y espacialidad los datos de muestreo. Para revisar el análisis gráfico de los parámetros que superan la norma ir al anexo J 3.

***a. Análisis de presiones sobre la calidad del agua en la subcuenca del río Chol-Chol.***

En este apartado se presenta un resumen de las presiones antrópicas emanadas de las fuentes emisoras de residuos líquidos a los cursos de agua de la subcuenca del río Chol-Chol En la Tabla 4-7 se sistematiza información de las fuentes emisoras y su relación con Estaciones de monitoreo.

**Tabla 4-7. Fuentes Emisoras subcuenca Río Cholchol.**

NOMBRE FUENTE EMISORA	EST. DE MONITOREO	DS 90	RCA	ORG. FISC	PS	CARGOS
PTAS - GALVARINO	RQEB	X		SISS		CUMPLE
PTAS – CHOL-CHOL	RCHC	X		SISS		CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Las únicas fuentes emisoras cercanas al río Chol-Chol y sus afluentes son las PTAS Galvarino Y Chol-Chol.

Según los reportes a la SISS ambas PTAS cumplen los máximos exigidos desde el año 2012 en adelante que es la data de reportes desagregados por empresa, los reportes anteriores al 2012 corresponden a un total regional. A excepción de PTAS Galvarino que presenta el mes de enero de 2016 incumplimiento del DS90. Según las gráficas presentadas en esa fecha en particular no se presentan concentraciones sobre los límites.

- Subcuenca del Río Quepe

Según el mapa de la Red Hidroquímica existen 3 estaciones de monitoreo de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Quepe. Sin embargo 1 de ellas no cuenta con información ID\_RQDP (Río Quepe después de Estero Puelo), por lo siguiente para el análisis solo se utilizan 2 estaciones logrando una cobertura deficiente de la subcuenca. Para mayor detalle ir a Anexo J 3

De los parámetros que superan la norma de agua para riego en alguna de sus mediciones son pH, hierro, mercurio y molibdeno, para descartar que se trate de datos aislados se grafican en temporalidad y espacialidad los datos de muestreo.

En relación a la cobertura temporal de los registros, las estaciones cuentan con mediciones trimestrales en el período de análisis de 1990-2019, sin embargo, en parámetros como Mercurio la data de registro comienza en 1994 y en el Molibdeno su período de registro es desde 1997-2015, no existiendo mediciones actuales para este elemento.

**a. Análisis de presiones sobre la calidad de agua en la subcuenca del río Quepe.**

En este apartado se presenta un resumen de las presiones antrópicas emanadas de las fuentes emisoras de residuos líquidos a los cursos de agua de la subcuenca del río Quepe

En la Tabla 4-8 se sistematiza información de las fuentes emisoras y su relación con Estaciones de monitoreo.

**Tabla 4-8. Fuentes Emisoras subcuenca Río Quepe.**

NOMBRE FUENTE EMISORA	EST. DE MONITOREO	DS 90	DS46	RCA	ORG. FISC	PS	CARGOS
Ptriles VILKUN BERRIES	RQEV	X			SISS (4)		Cumple
Procesadora De Leche PROLACT	RREQ			X	SMA		Cumple
Quesera Arquenco	RREQ		X		SMA (9)	1	Con Sanción
Ptas - Vilcún	RQEV	X			SISS		Cumple
Ptas - Quepe	RREQ	X			SISS		No Cumple Parcial

Fuente: Elaboración propia.

Según los reportes a la SISS, la PTAS Vilcún cumple los máximos exigidos desde el año 2012 en adelante que es la data de reportes desagregados por empresa, los reportes anteriores al 2012 corresponde a un total regional no desagregados.

Por su parte PTAS Quepe presenta 24 incumplimientos del DS90 entre los años 2012 a 2020 y 18 "No Informa". Es decir, el 45% de los reportes corresponden a incumplimientos, sin embargo, no hay ningún proceso sancionatorio cursado ni exigencias de planes de seguimiento ambiental. El caudal descargado por PTAS Quepe al río Quepe durante el 2017 puede explicar el aumento de pH.

Respecto de las concentraciones de Me y Fe presentadas en el año 1994 no se tiene registro de la causa probable.

La PT RILes Vilkun Berries cumple con lo normado al menos en los informes de fiscalización generados por la SMA durante los años 2013 y 2014, no hay plan de seguimiento ambiental informado en el portal del SNIFA. La empresa PROLACT no ha sido fiscalizada ni presenta reportes de cumplimiento. Y la agroindustria "Quesera Arquenco"

infiltra sus residuos al acuífero en el mismo predio por tanto no aplica para análisis, el proceso sancionatorio terminó con sanción de 14 UTA por incumplimiento leve por no informar reporte durante algunos meses de 2013 y 2014.

- Subcuenca Río Cautín

Según la base de datos de la DGA, en el mapa de la Red Hidroquímica existen 5 estaciones de monitoreo de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Cautín. Sin embargo 1 de ellas no cuenta con información de monitoreos (RCEC), por consiguiente para el análisis se utilizan 4 estaciones, logrando una buena cobertura de la subcuenca, sin embargo, considerando las fuertes presiones antrópicas propias de las grandes urbes sobre los recursos hídricos se sugiere ampliar la red e incorporar nuevos puntos de control.

De los parámetros relevantes se analizará gráficamente pH, hierro, mercurio y molibdeno, parámetros que superan los límites determinados por la norma de agua para riego en alguna de sus mediciones, para descartar que se trate de datos aislados se grafican en temporalidad y espacialidad los datos de muestreo.

*a. Análisis temporal de la calidad del agua en la subcuenca del río Cautín.*

En relación a la cobertura temporal de los registros, se considera buena ya que todas las estaciones cuentan con mediciones trimestrales en el período de análisis de 1990-2019.

El pH se ha mantenido dentro del rango de la norma, se pueden apreciar algunas mediciones que salen del rango tanto superior como inferior, el parámetro tiene una buena cantidad de datos muestreados de manera trimestral a lo largo de todo el período de registro. Los últimos años entre las campañas 2016 y 2018 el pH excede el límite en 3 de las 4 estaciones.

El Hierro (Fe) total se ha mantenido constante bajo el límite de la norma a lo largo del tiempo, a excepción de valores puntuales detectados en las estaciones ID\_RCEA y RCRR que están sobre esta.

El Mercurio (Hg) concentra sus valores en el límite de detección con mediciones sobre el límite máximo permitido.

El Molibdeno por su parte, presenta a lo largo del tiempo valores en el límite y mayores a lo recomendado por la norma para riego (0,01 mg/l), promediando valores alrededor de 0.027 mg/l. respecto a la cobertura temporal sólo presenta mediciones entre los años 1997-2015.

**vi.** *Análisis Espacial de la calidad del agua en la subcuenca del río Cautín.*

En relación a la cobertura de las estaciones, se considera que en esta Sub cuenca es representativa ya que existen 5 estaciones que la DGA mantiene espacialmente bien distribuidas a lo largo del río Cautín, la estación Río Cautín en Cajón (ID\_RCEC) se encuentra sin registros en el repositorio del BNA y corresponde justamente a la ciudad de Temuco es necesario que se active esta estación o se localice algún punto de control nuevo en reemplazo de esta estación con la finalidad de no dejar este tramo del río sin monitorear. Para mayor detalle ver Anexo J3.

**vii.** *Análisis de presiones sobre la calidad de agua en la subcuenca del río Cautín.*

En este apartado se presenta un resumen de las presiones antrópicas emanadas de las fuentes emisoras de residuos líquidos a los cursos de agua de la subcuenca del río Cautín. El río cautín recibe la presión del 65% de las fuentes de emisión (53) presentes en la cuenca.

Para la estación ID\_RCRR las mayores presiones las representan las fuentes del rubro pesca y acuicultura ubicadas en la parte alta de la cuenca y de la PTAS Curacautín que reporta cumplimiento en toda la data desde 2012 a la fecha.

La estación ID\_RMPM recibe la presión de 3 centrales hidroeléctricas de pasada "Cóndor y Trueno" y 2 pisciculturas "Río Muco y Collín" esta última ha sido fiscalizada en 42 oportunidades y presenta semestralmente un informe de seguimiento de aguas superficiales y fauna acuática cumpliendo con compromisos RCA y el DS90.

La estación ID\_RCBT está sujeta a las presiones de las agroindustrias e instalaciones fabriles de la ciudad de Temuco. Además de la PTAS Lautaro que reporta cumplimiento en toda la data desde 2012 a la fecha.

Por último, la estación ID\_RCEA absorbe las presiones de empresas mineras de extracción de áridos, PTAS Temuco, Temuco Padre las Casas Lanbranzas y 2 agroindustrias importantes como frigoríficos Temuco y PT Riles purines. Entre los años 2014 a 2019 se reportan incumplimientos en las PTAS Temuco y Labranzas lo que podría explicar las concentraciones sobre la norma de pH y Me.

- Subcuenca del Río Imperial

Según la base de datos de la DGA, en el mapa de la Red Hidroquímica existe sólo 1 estación de monitoreo de la calidad de agua superficial en la cuenca del río Imperial y

corresponde a la Estación "Río Imperial en Carahue" ID\_RIEC una data de registros de 102 campañas de monitoreo desde 1990-2020. Los análisis gráficos se presentan en anexo J 3

*a. Análisis de presiones sobre la calidad de agua en la subcuenca del río Imperial*

Las presiones ambientales están dadas por las PTAS Carahue y Nueva Imperial ambas reportan cumplimiento del DS90 en todas sus campañas salvo en 2015 meses de enero y junio lo que no es posible visualizar en la gráfica.

*4.1.3.3 Conclusiones del análisis de calidad de aguas superficiales*

Parámetros que tienen un comportamiento normal y bajo la Norma de Riego NCh1333, que en ninguna campaña de monitoreo se ven superados las concentraciones, se encuentran: Arsénico total, Cadmio, Cadmio total, Cobre total, Cobalto total, Cromo total, Plata total, Plomo total, Selenio y el Zinc total.

Los parámetros: Hierro total, Manganeso total, pH y O.D., presentan excedencias también puntuales, pero en más estaciones, por lo tanto, son más las subcuencas que se ven con valores excedidos. En el caso del Fe y Mn, la alteración podría ser antrópica y/o natural, cuya fuente debería ser investigada. Las excedencias de pH, en la mayoría de los casos fueron por el límite máximo, lo cual muestra que las aguas son más bien básicas, sin tener el riesgo de aguas ácidas. En el caso del O.D. lo mismo, presenta en algunos casos concentraciones inferiores al límite mínimo definido para la existencia de vida acuática en valores más bien marginales.

Parámetros como el Mercurio total y Molibdeno total, presentan excedencias permanentes en el tiempo, esto es que sus valores promedio, están por encima de los valores normados por la NCh1333. Sin embargo, y como fuera levantado como una problemática, en el caso del Molibdeno, no es que las concentraciones estén por sobre la Norma, sino que existieron cambios en los análisis a través del tiempo, que llevaron a la DGA a aumentar el límite de detección de los análisis a partir del año 2006, lo cual provoca que los registros muestren siempre valores observados de <0,5 mg/l, aquello pudiera estar o no estar perfectamente bajo los valores normados de 0,1 mg/l.

En los casos como Boro, Carbonato, Turbiedad y los Coliformes Fecales, como ocurre con varios otros parámetros que no fueron analizados por la falta de cobertura tanto temporal como espacial, debido a la falta de información en las estaciones y en el tiempo.

Se puede concluir que la cuenca aún conserva un buen poder de dilución de los contaminantes y que mantiene buena calidad de agua a largo de todos sus cursos de agua o subcuencas.

La irregularidad y baja periodicidad que se aprecia en algunas estaciones y años de registro limita realizar análisis acabados del comportamiento en los recursos hídricos del área de estudio. Se hace sumamente necesario poder homologar la cantidad de campañas que se realizan en un año, junto a poder restituir aquellas estaciones que alguna vez fueron parte de la red de monitoreo de la DGA en la cuenca del Río Imperial. La brecha de información encontrada en este punto se plantea indispensable de subsanar y contar con los inputs para la toma de decisiones lo cual se propone en la Medida OH-05 del Plan de Acción.

Los parámetros medidos por la DGA alcanzan 60, pero no en todas las estaciones se miden todos los parámetros. Esto hace que en análisis no se puedan ocupar todos los parámetros medidos para una correcta comparación. Por lo anterior, es recomendable poder evaluar o realizar un estudio que defina o priorice los parámetros importantes y se unifique para todas las estaciones de medición lo cual queda propuesto en la medida OH-04 del Plan de Acción.

Respecto del análisis crítico de las presiones sobre el medio ambiente y la calidad de agua en el cual encadenó la información de fuentes contaminantes, procesos sancionatorios, expedientes de fiscalizaciones, reportes de calidad, se detecta que no existe un procesamiento, validación ni integración de esta información por parte de los servicios que la reciben, no se integra ni se utiliza para efectos de toma de decisiones de gestión. Por este motivo se propone mejorar esta brecha de información con la Medida N° 31 del Plan de Acción.

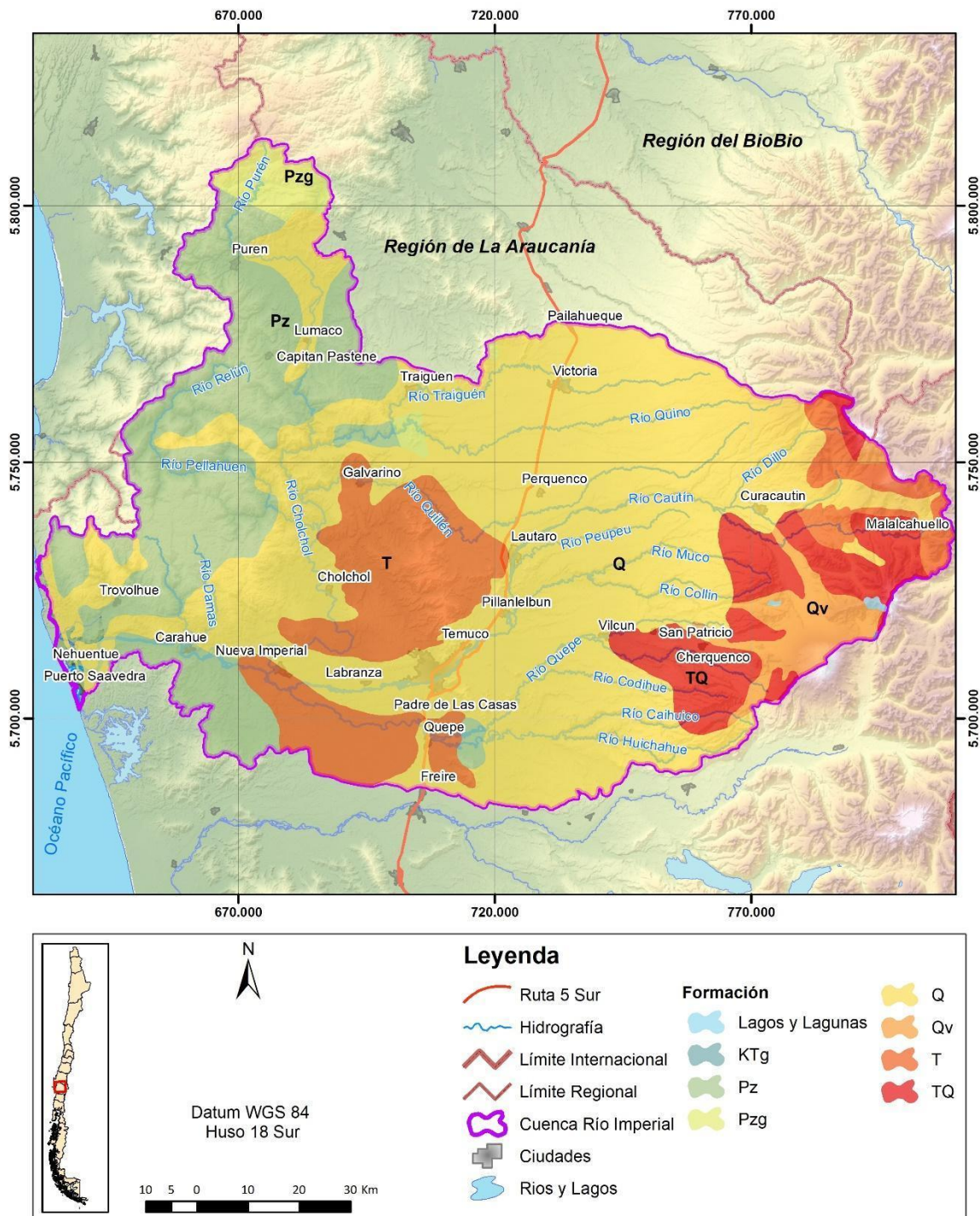
## **4.2 Agua subterránea**

### **4.2.1 Fuentes subterráneas**

#### *4.2.1.1 Identificación de fuentes*

En la Figura 4-3, se presenta la ocurrencia de aguas subterráneas según el Mapa Hidrogeológico de Chile, para la cuenca completa. Se observa que la formación Q, correspondiente a depósitos no consolidados con una alta importancia hidrogeológica se ubica principalmente en el valle central, hacia el este. También, se desarrolla en torno a los cajones de los ríos Cautín y Lumaco hacia su confluencia y posteriormente en el río Imperial. Las otras formaciones corresponden principalmente a rocas, en donde la

importancia hidrogeológica es menor. Así, la fuente se encuentra principalmente en torno a la formación Q y su extensión descrita.



Fuente: Elaboración propia en base a Mapa Hidrogeológico de Chile.

**Figura 4-3. Formaciones hidrogeológicas en la cuenca del río Imperial.**

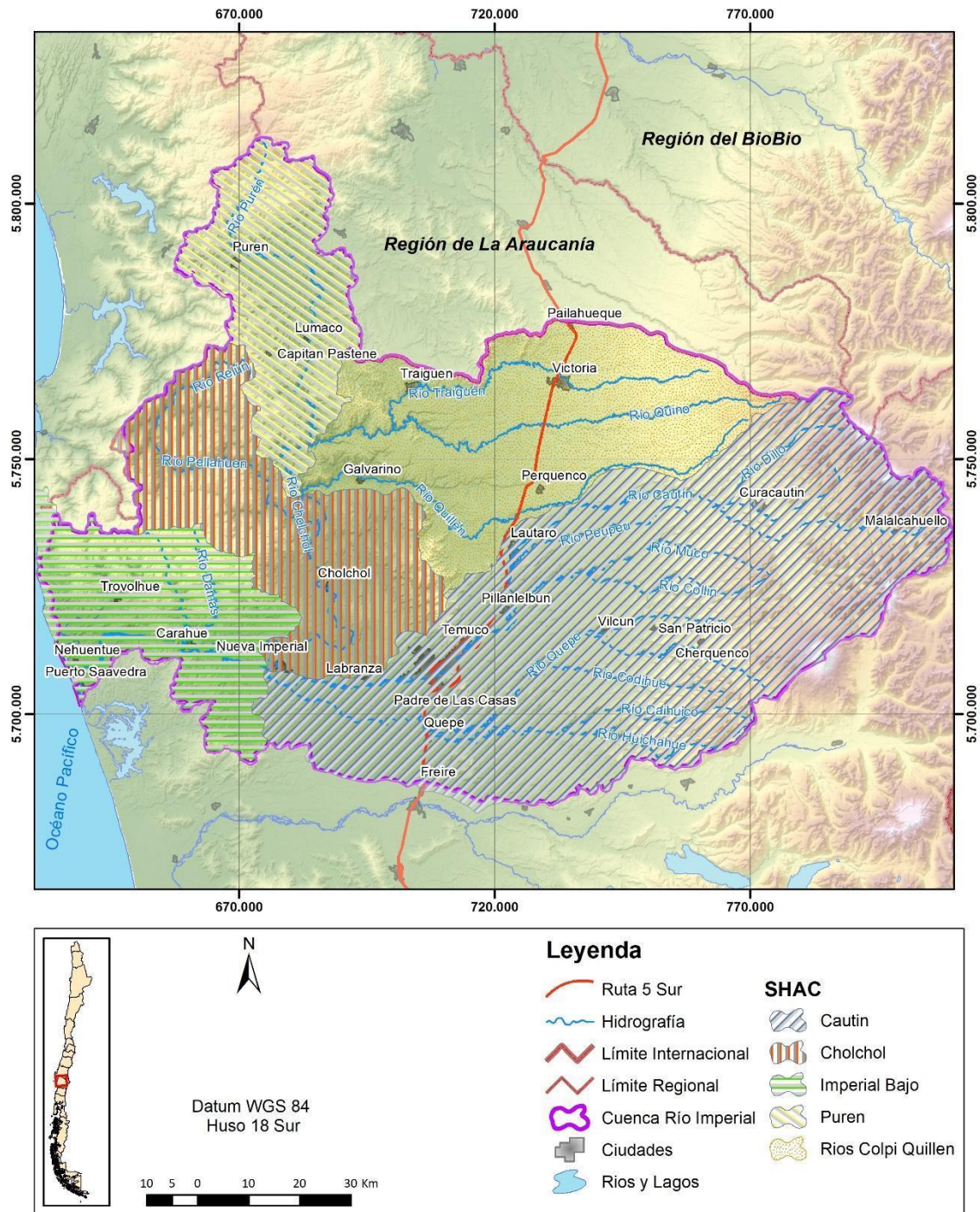
*4.2.1.2 División administrativa*

En cuanto a la subdivisión administrativa de los sectores acuíferos en la cuenca, se tiene aquella definida en el documento técnico "Estimación preliminar de las recargas de agua subterránea y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos", de la DGA (2014). En aquel documento, se definen los SHAC de la Tabla 4-9 y la Figura 4-4.

**Tabla 4-9. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en la cuenca del Río Imperial.**

Código	SHAC	Correspondencia con subcuencas BNA
SHAC-9-03-398	Cautín	Cautín Alto, Río Quepe y Río Cautín entre Quepe y Cholchol
SHAC-9-04-399	Cholchol	Parte Baja del Río Cholchol
SHAC-9-05-400	Imperial Bajo	Río Imperial
SHAC-9-06-401	Purén	Parte Norte Río Lumaco
SHAC-9-07-402	Ríos Colpi Quillén	Parte alta Ríos Cholchol y Lumaco

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2014.



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA.

**Figura 4-4. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en la cuenca del Río Imperial.**

#### 4.2.1.3 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

En la cuenca del Río Imperial no se han determinado restricciones legales a la constitución de nuevos derechos sobre el recurso subterráneo, más allá de las áreas SNASPE detalladas con anterioridad.

#### 4.2.2 Stock, recarga y niveles

Con respecto a la recarga, se tiene el antecedente del estudio preliminar (DGA, 2014b) de recargas que para los SHAC de la cuenca se detallan en la Tabla 4-10. Se aprecia que el balance hídrico aún es positivo, por lo tanto, existe stock para constituir nuevos derechos en cada uno de los SHAC mencionados.

**Tabla 4-10. Balance de masa (l/s) para SHACs presentes en el dominio de modelación. Considerando el período histórico abril 1988 – marzo 2020.**

Código	SHAC	Recarga	DAA Constituidos	DAA Solicitados	Total DAA	Stock
SHAC-9-03-398	Cautín	20.253	6.807	738	7.546	12.707
SHAC-9-04-399	Cholchol	3.294	339	43	382	2.912
SHAC-9-05-400	Imperial Bajo	865	322	49	371	494
SHAC-9-06-401	Purén	974	69	8	77	897
SHAC-9-07-402	Ríos Colpi Quillén	5.396	2.325	216	2.541	2.855

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2014b.

#### 4.2.3 Calidad del agua subterránea

Dentro de la base de datos históricos de la Dirección General de Aguas no se dispone de información de pozos de la red de la DGA que se encuentren ubicados en la zona de estudio.

Como no se cuenta con información de la red Hidroquímica de la DGA, se realiza una revisión bibliográfica para determinar la existencia de información relevante que pueda complementar el análisis.

#### 4.2.3.1 Revisión bibliográfica

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el Estudio Hidrogeológico de la Región de la Araucanía, DGA (2016b), en materia de calidad de agua subterránea.

El objetivo general de aquel estudio fue conocer y caracterizar los sistemas acuíferos que conforman las cuencas del río Toltén e Imperial y las cuencas costeras de la Región de La Araucanía. Dentro de sus objetivos específicos está la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas. En especial, la calidad basal y grado de conexión entre las aguas superficiales y subterráneas.

A continuación, se presentan los principales resultados de las campañas hidroquímicas desarrolladas en el marco del estudio DGA (2016b). Se describe en las 3 campañas de muestreo de aguas subterráneas, la calidad de agua (parámetros Físicoquímicos) comparada frente a distintos criterios (NCh 1333 y NCh 409) y el análisis del muestreo isotópico desarrollado. Asimismo, se presentan la red propuesta de estaciones de monitoreo.

##### *a. Resultados del Muestreo realizado en estudio DGA (2016b).*

Los parámetros físico-químicos catastrados en terreno corresponden a temperatura, pH y conductividad eléctrica. Considerando las muestras tomadas, y obviando los valores errados, la temperatura promedio es de 13,1 °C, el pH promedio es de 6,8 y la conductividad promedio de 0,13 us/cm. Manteniéndose en cumplimiento con las normas para riego y agua potable. En general las aguas subterráneas de pozos someros y profundos presentan características físico- químicas similares, Tabla 4-11.

**Tabla 4-11. Parámetros físico-químicos catastrados en terreno.**

Valor	Temperatura (° C)	pH	CE (us/cm)
Promedio	13,1	6,8	0,13
Mínimo	1,8	3,7	0,01
Máximo	50	9,5	1,33
Desviación Estándar	2,8	0,7	0,10

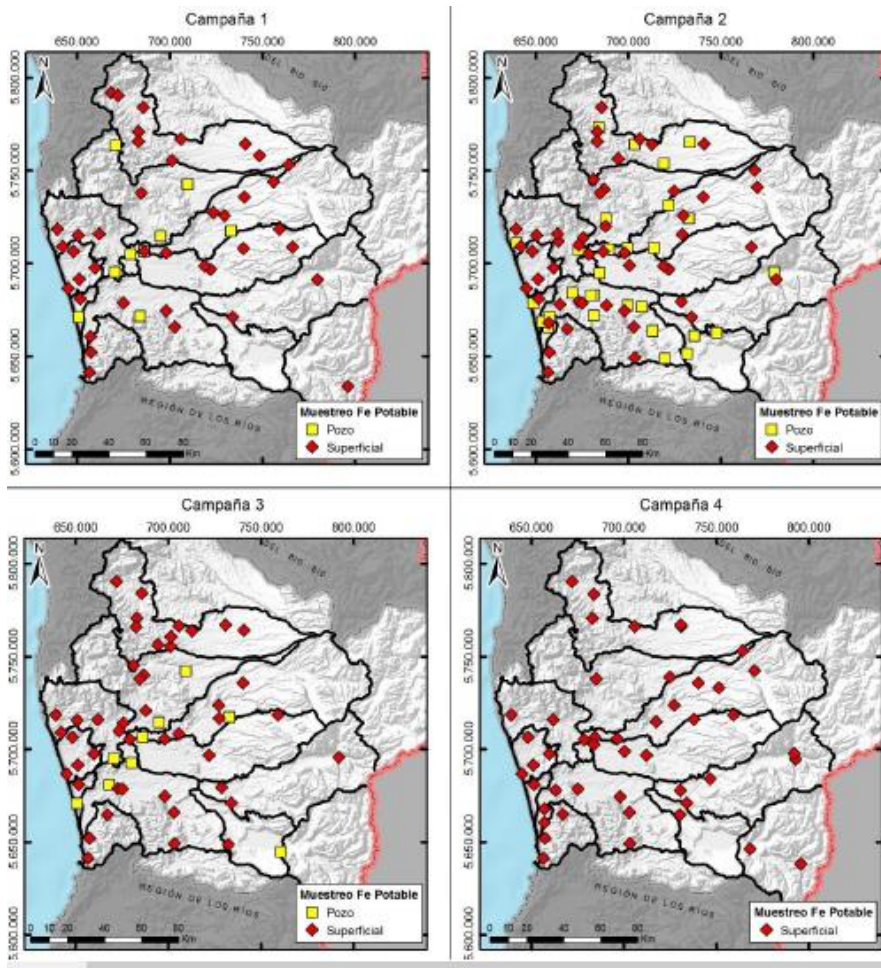
Fuente: Estudio Hidrogeológico Región de la Araucanía, DGA 2017.

De los 32 parámetros que evalúa la norma de calidad de aguas para riego, en la mayoría de los puntos de muestreo se cumple con los valores máximos permitidos de B, F, pH, Al, Cr, Cu, litio, Mn, Mo, Va, Zn y C.E., parámetros que presentan menos de 10 puntos de muestreo excedidos. El Cl está sobre la norma en 20 puntos de muestreo.

El Fe está sobre la norma en 20 de los puntos de muestreo y el Mn en 45 de ellos, resultando que particularmente para la campaña 2, en las cuencas ubicadas en el margen costero hay mayor cantidad de puntos superficiales y pozos que exceden la norma de Fe.

De la NCh 409 se evaluaron 19 parámetros, cumpliéndose 11 de ellos en todos los puntos de muestreo. En una minoría de los puntos de muestreo se detectó incumplimiento de Cl (16 puntos exceden la norma) y As (en 5 puntos). Las muestras que exceden el Cl se provienen de los alrededores del lago Budi (S-73) y zonas costeras generalmente, por lo que se atribuye a la influencia costera. El As está ligeramente sobre la norma en cinco puntos de la campaña 2: dos de aguas superficiales (sectores Lumaco y Padre las Casas) y dos pozos (sectores Lumaco y Curacautín).

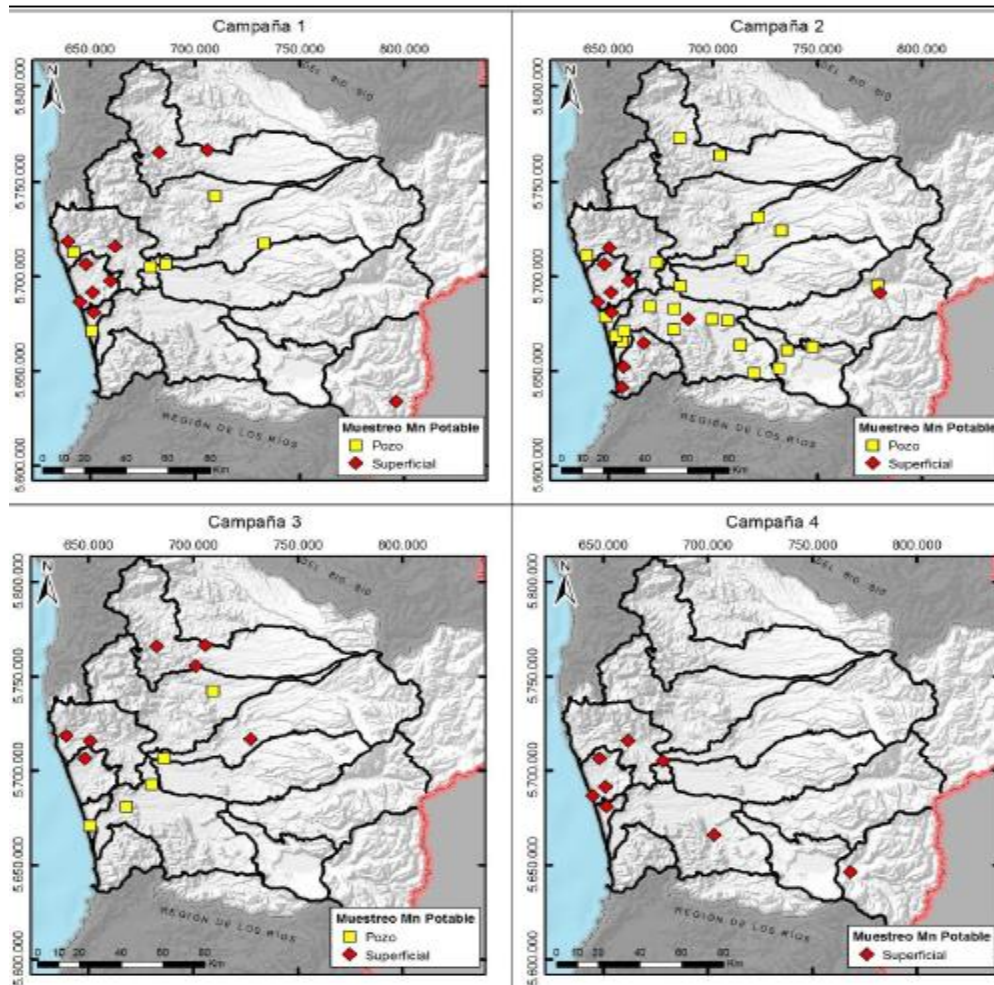
En la Figura 4-5 y Figura 4-6 se presenta la distribución espacial de los puntos de muestreo donde los parámetros hierro y manganeso exceden las concentraciones límites de la normativa, mientras en que en la Figura 4-7 se presenta la distribución de los puntos de muestreo en las 4 campañas de monitoreo excedidos para la norma de agua potable para Coliformes Totales.



Fuente: Estudio Hidrogeológico Región de la Araucanía, DGA 2017.

**Figura 4-5 Distribución espacial de los puntos de muestreo que exceden la normativa de Fe.**

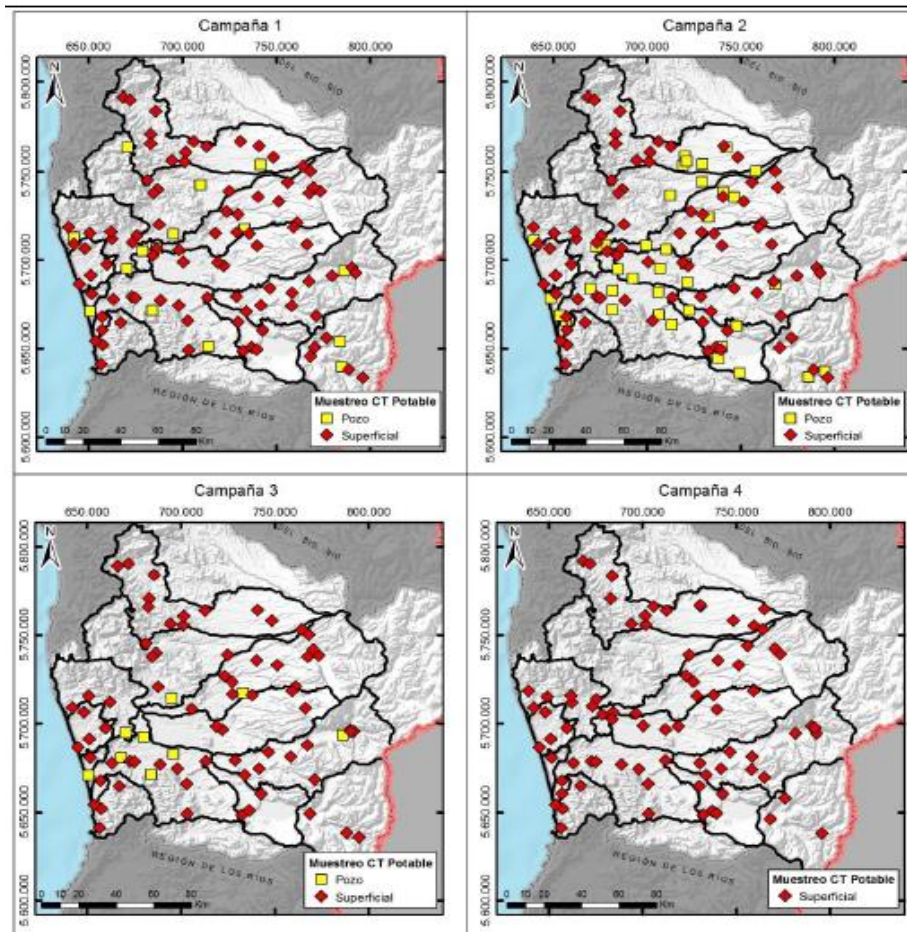
La distribución espacial de los puntos excedidos indica que el Fe está presente en concentraciones sobre la norma tanto en aguas superficiales como subterráneas, concentrándose en el sector occidental de la región. Esto se detecta en las cuatro campañas. El Fe excede el valor de la norma en casi la mitad de los puntos (245).



Fuente: Estudio Hidrogeológico Región de la Araucanía, DGA 2017.

**Figura 4-6 Distribución espacial de los puntos de muestreo que exceden la normativa de Mn.**

Para el Mn se reconocen las mayores concentraciones en los puntos superficiales cercanos a la costa y los sectores de Lumaco, Perquenco, Melipeuco y noroeste del lago Villarrica. También en los pozos profundos de la cuenca del Toltén. El Mn excede el valor de la norma en un 20% de los puntos (74 muestras).



Fuente: Estudio Hidrogeológico Región de la Araucanía, DGA 2017.

**Figura 4-7 Distribución espacial de los puntos de muestreo para CT excedidos en la zona de estudio.**

La norma exige la ausencia de CF y CT para el uso potable del agua. Algunos parámetros microbiológicos fueron detectados en más de la mitad de los puntos, en particular coliformes fecales (CF: 359 muestras) y coliformes totales (CT: 399 muestras). La presencia de estos parámetros se reconoció tanto en puntos superficiales como en pozos.

Los coliformes totales están sobre la norma en 108 puntos ( $>1.000/100$  ml) y su distribución es bastante aleatoria.

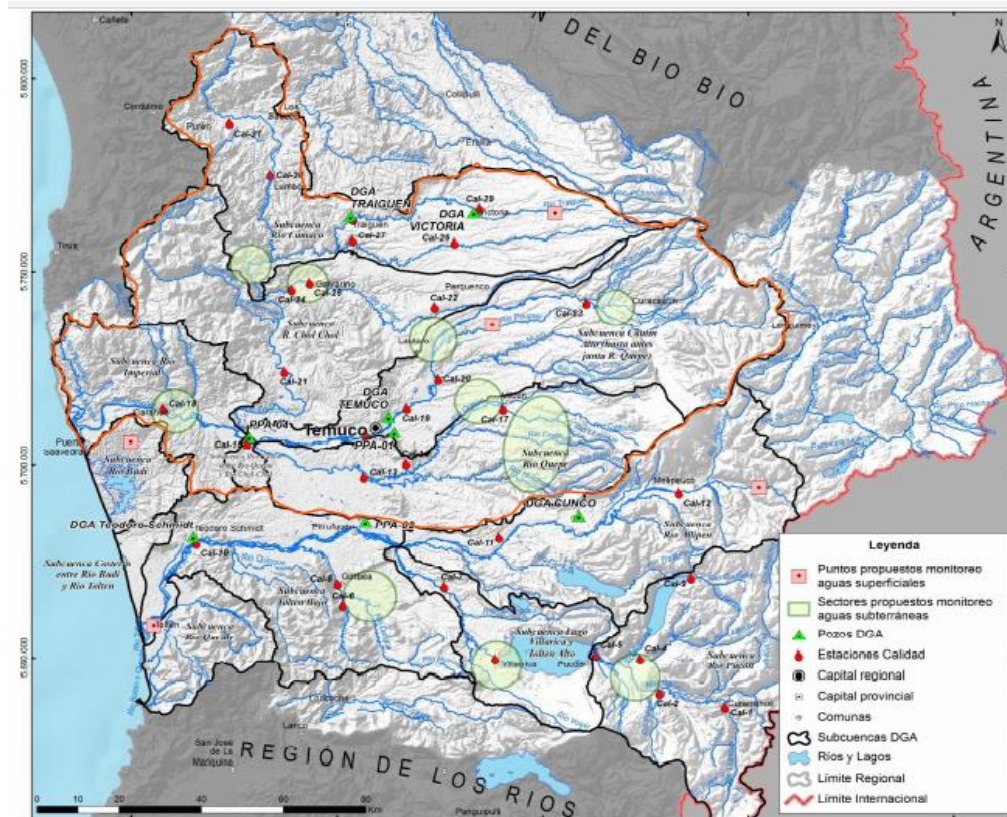
Respecto a los parámetros críticos considerados para el muestreo hidroquímico se pueden desglosar según dos criterios.

- Parámetros que contribuyen a la caracterización hidroquímica de las aguas: elementos mayores (Na, Mg, Ca, Cl,  $SO_4$  y  $HCO_3$ ) parámetros físico químicos (TDS, pH, alcalinidad) y datos in situ (CE, pH,  $T^{\circ}$ , OD).

- Parámetros que influyen en la calidad de las aguas según usos: potable y riego (parámetros considerados por NCh 1333 en Tabla 8-2 y para NCh 409 en Tabla 8-3 de la respectiva norma).

*b. Propuesta Red de Monitoreo realizado en estudio DGA (2016b).*

La información recolectada en las campañas de muestreo hidroquímico permite tener una visión a nivel regional de la calidad química del agua en las cuencas de los ríos Imperial, Toltén y cuencas costeras incluyendo la del lago Budi. También permite reconocer tendencias en la distribución espacial de los datos, asociadas a la disponibilidad de puntos de muestreo, que facilita el reconocimiento de los sectores con escasa cobertura de información hidroquímica. Estas zonas son potencialmente interesantes para mejorar la caracterización hidrogeológica de la región y se consideran en esta propuesta.



Fuente: Estudio Hidrogeológico Región de la Araucanía, DGA 2016b.

**Figura 4-8. Zonas potenciales de monitoreo pozos.**

*c. Conclusiones del estudio realizado en estudio DGA (2016b).*

La información recolectada en las campañas de muestreo hidroquímico permite tener una visión a nivel regional de la calidad química del agua en las cuencas de los ríos Imperial, Toltén y cuencas costeras incluyendo la del lago Budi. También permite reconocer tendencias en la distribución espacial de los datos, asociadas a la disponibilidad de puntos de muestreo, que facilita el reconocimiento de los sectores con escasa cobertura de información hidroquímica.

Además, se incluye como criterio de selección para las nuevas estaciones de monitoreo, aquellos sectores que, por su relevancia para el modelo hidrogeológico, requieren de un mayor detalle en los datos allí disponibles.

Respecto a los parámetros críticos considerados para el muestreo hidroquímico se pueden desglosar según dos criterios.

- Parámetros que contribuyen a la caracterización hidroquímica de las aguas: elementos mayores (Na, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub> y HCO<sub>3</sub>) parámetros físico químicos (TDS, pH, alcalinidad) y datos in situ (CE, pH, T<sup>o</sup>, OD).
- Parámetros que influyen en la calidad de las aguas según usos: potable y riego (parámetros considerados por NCh 1333 en Tabla 8-2 y para NCh 409 en Tabla 8-3).

En cuanto a la calidad de las aguas, según las normas para agua potable y agua de riego, las concentraciones de los distintos analitos se ubican dentro del rango permitido con las siguientes excepciones:

- Los parámetros que exceden la norma de manera significativo son el Fe y en menor medida el Mn. La ubicación de los puntos que exceden el límite máximo para ambos se ubica preferentemente en la costa, por lo que podría asociarse al aporte de estos elementos producto de la lixiviación del basamento costero. No se asocia directamente con el aumento en la salinidad ya que la mayoría de estos puntos fueron muestreados en la campaña 2 (invierno).

Algo diferente ocurre con los parámetros microbiológicos, ya que los CF y CT no muestran una distribución geográfica preferencial, sino que se presentan de forma homogénea por toda la región. Su origen se asocia a actividades como ganadería y centros poblados, y no guarda relación con las características geológicas del medio.

#### *4.2.3.2 Conclusiones y recomendaciones*

A modo de conclusiones, no existe red de pozos profundos de la DGA en el área de estudio, por tanto, urge diseñar una red de medición que logre satisfacer las necesidades del área de estudio considerando los acuíferos de la región. La Medida OH-05 del Plan de Acción sugiere la ampliación de la Red DGA para calidad tanto superficial como subterránea.

Una alternativa que ayudaría a mejorar esta red de control sería incluir mediciones que se realizan en sondajes de APR's y las que realizan las empresas sanitarias a las aguas crudas siempre que se logre un nivel de periodicidad y de homogeneidad en los parámetros medidos que permita incluir estas mediciones en los análisis de parámetros de interés. Para esto, es esencial poder asegurar la continuidad en el tiempo de estas mediciones y así poder contar con esta red para futuros estudios. Esta brecha de información se logra subsanar otorgando presupuesto y personal dedicado a sistematizar, analizar y homologar la información repartida en los distintos servicios como reportes de APR, reportes de RCA con implicancias del DS46. Medida MG-01 del Plan de Acción.

Es de mucha relevancia poder generar alianzas público – privadas para aumentar la red de monitoreo permanente y procesar esta información homologando parámetros e incluyendo otros análisis como análisis microbiológico, considerando que en su mayoría las aguas subterráneas tienen principalmente como uso en las cuencas, el consumo humano (Agua potable rural).

Finalmente se concluye que es necesario contar con políticas de estado, que prioricen dicha necesidad y otorguen presupuesto para ello, tanto para implementar dichas mediciones como para procesar la información y mantener actualizados los registros de uso público. No es resorte de este estudio realizar tal tarea, pero se enfatiza en la importancia de hacerlo para contar con información actualizada y validada en la toma de decisiones.

## **Capítulo 5. Balance de agua**

### **5.1 Modelo de simulación**

Los detalles sobre la construcción y calibración del modelo de simulación WEAP, se encuentran en el Anexo H del presente Informe (numeral 1.3 del Anexo H). Los archivos ejecutables del modelo WEAP también se encuentran disponibles en el Apéndice 7 del Anexo H.

### **5.2 Interacción Modelo Superficial y Subterráneo**

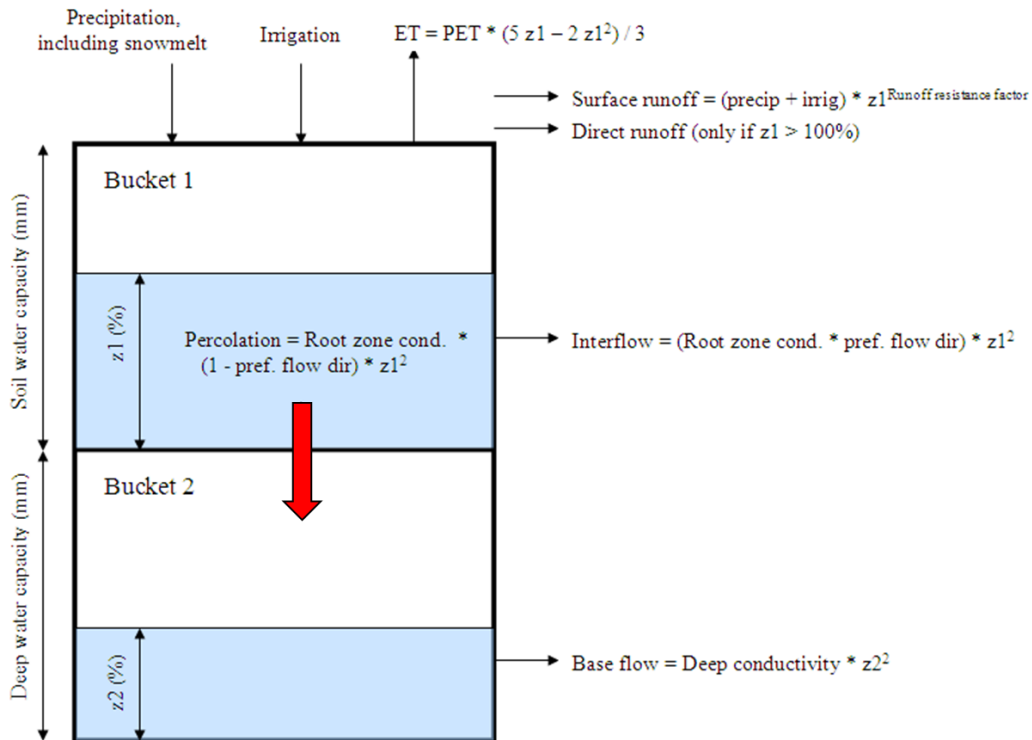
#### **5.2.1 Esquema de Interacción**

Para efectos del presente estudio, los modelos superficial y subterráneo no se encuentran acoplados paso a paso. Esto se sustenta en que la cuenca se encuentra en una fase muy temprana de modelación ya que el modelo Modflow anterior es del 2016 y no existía hasta el presente estudio, un modelo WEAP de la cuenca completa. Esto implica que se deben resolver aún muchas brechas de modelación, y afinar los procesos representados de modo tal de mejorar la correspondencia que existe entre la parte superficial y la parte subterránea.

En el presente estudio, ambos modelos se han integrado de forma implícita (externa) mediante el traspaso de las recargas generadas en el modelo superficial hacia el subterráneo. Las recargas son de 3 tipos:

- i. Flujo de agua que pasa desde el estanque subterráneo 1 al estanque subterráneo 2 en WEAP. Corresponde a la recarga proveniente del proceso de infiltración de la precipitación y es resultado de la calibración. En la Figura 5-1 puede verse el esquema WEAP con la ubicación de estos estanques, y, destacado con flecha roja, se ve el flujo correspondiente a esta recarga. En el esquema de acople "paso a paso" mediante la herramienta Modflow de WEAP, el segundo estanque subterráneo es reemplazado por la grilla Modflow. Es por este motivo que la recarga que alimenta a Modflow, se obtiene a partir de este flujo entre ambos estanques. Esta recarga se puede obtener a partir de los resultados que WEAP entrega por defecto, directamente en mm/mes. Se obtiene una serie por cada subcuenca.
- ii. Derrame de riego. Toda el agua que no es consumida por los cultivos, producto de la ineficiencia de riego, es dirigida hacia un acuífero específico de cada sector de riego. Este caudal se lleva a unidad de mm/mes usando la superficie de cada subcuenca con presencia de riego, y se suma a la recarga total de esa subcuenca.

- iii. Pérdidas por conducción de canales de riego. Al igual que en el caso del derrame de riego, estas pérdidas se dirigen al acuífero correspondiente al sector de riego transitado. Este caudal se lleva a unidad de mm/mes usando la superficie de cada subcuenca con presencia de riego, y se suma a la recarga total de esa subcuenca.



Fuente: Elaboración propia a partir de manual WEAP

**Figura 5-1. Esquema conceptual WEAP**

Posteriormente, el modelo de aguas subterráneas toma estas recargas, las cuales vienen espacializadas por subcuenca y las incorpora como input a la grilla Modflow, tras lo cual comienza la calibración del modelo subterráneo.

### 5.2.2 Recargas Estimadas por Modelo Superficial

Las recargas estimadas por el modelo superficial pueden verse en el Apéndice 9 del Anexo H.

## 5.3 Modelo de Aguas Subterráneas

Para el presente estudio se consideró válido el estudio hidrogeológico desarrollado por Arcadis Chile, 2016. La presente actualización considera un nuevo dominio activo de modelación, restringido a la cuenca del río Imperial, la modificación de la recarga superficial

impuesta acorde a lo presentado según el modelo superficial desarrollado en el presente estudio, así como la inclusión de extracciones de aguas subterráneas por parte de empresas sanitarias que no fueron incluidas en la versión original del modelo.

Los detalles sobre la construcción y calibración del modelo se encuentran en el Anexo H del presente Informe (capítulo 3 del Anexo H). Los archivos ejecutables del modelo WEAP también se encuentran disponibles en el apéndice 8 del Anexo H.

El detalle del modelo se puede revisar en Anexo H: Modelo Hidrológico, donde se detallan los cambios efectuados y los resultados de obtenidos de la recalibración del modelo con los nuevos supuestos adoptados.

### 5.3.1 Sustentabilidad en los acuíferos

La evaluación de sustentabilidad de sistemas acuíferos según los lineamientos dados por la DGA se basa en 5 criterios que deben ser evaluados, a saber: Descensos sustentables en el tiempo, Interferencia río-acuífero, satisfacción de la demanda, pozos secos y afectación a sectores abiertos.

Los cuatro primeros criterios requieren una estimación cuantitativa del recurso existente y su variación en el tiempo, lo que implica el conocimiento del comportamiento previo del acuífero para obtener una calibración del modelo hidrogeológico que sustente cualquier estimación futura que se realice. La ausencia de información que permita sustentar este tipo de análisis sólo permite realizar análisis subjetivos sobre el acuífero, de carácter referencial y que pueden dar luces del comportamiento futuro, es decir, permite conocer posibles tendencias a partir de supuestos efectuados para construir simulaciones predictivas.

La estimación de descensos en un marco de explotación sustentable requiere cuantificar la capacidad de almacenamiento real del acuífero, idealmente mediante la calibración de niveles de larga data, ya que, si bien las pruebas de bombeo pueden entregar información al respecto, se trata de mediciones muy puntuales, tanto en el tiempo como en el espacio y sólo permiten tener una idea local de dichas propiedades.

En cuanto a la interferencia río-acuífero y la satisfacción de la demanda, éstas también se encuentran fuertemente ligadas a la capacidad de almacenamiento del acuífero, y si bien se ha realizado un esfuerzo en caracterizar la interacción río-acuífero, sólo se cuenta con información puntual de dicha interacción, lo que tampoco permite evaluar

comportamientos a largo plazo, lo mismo para las extracciones desde pozos de bombeo, lo que también afecta a la presencia de "pozos secos" en el modelo.

Por último, la evaluación de la afectación sobre sectores abiertos depende de la correcta capacidad de evaluación de los puntos anteriores.

Dada las razones expuestas, se considera que para realizar una evaluación de sustentabilidad en los sistemas acuíferos, primero se debe contar con información suficiente para evaluar los criterios mencionados, principalmente series de nivel en pozos de observación con data extensa como para efectuar una calibración transiente del modelo hidrogeológico, así como evaluación de la interacción río acuífero en distintas épocas del año, ya sea mediante el uso de trazadores y/o variación térmica en el cauce, por ejemplo.

## **5.4 Escenarios de Modelación**

### **5.4.1 Usos analizados e Indicador "Satisfacción de la Demanda" (SD)**

Los usos analizados en los Escenarios corresponden únicamente a aquellos que fueron explícitamente modelados. Estos son:

- 2) Agua Potable
- 3) Riego
- 4) Hidroelectricidad
- 5) Caudales ecológicos<sup>6</sup>

Los resultados se han resumido a través del indicador "Satisfacción de la Demanda" (SD) para los distintos usos modelados, lo que corresponde al porcentaje de agua entregada respecto de la cantidad demandada. Este indicador es calculado y entregado directamente por WEAP dentro de su set de resultados bajo la denominación "*Coverage (% of requirement met)*". Los resultados de SD de los distintos escenarios, junto con otros resultados relevantes, se pueden consultar directamente en WEAP (Apéndice 8 de Anexo H), sección de resultados. Los resultados de SD se encuentran en el menú "Favoritos", gráficos "*Demand Site Coverage (% of requirement met)*" y "*Flow Requirement Coverage (% of requirement met)*". En las Tablas de resultados del presente informe, la SD se entrega promediada por Uso.

---

<sup>6</sup> Cabe señalar que este elemento se incluye únicamente en aquellos tramos en los que el caudal ecológico se encuentra definido por acto administrativo oficial como Decretos, Resoluciones de Calificación Ambiental o que queden establecidos como exigencia en el marco de un otorgamiento de DAA.

Otros usos menores como el Industrial, turístico, agropecuario, entre otros, no se encuentran modelados de forma explícita ya que la información referente a estos usos no se encuentra en calidad o estructura necesaria para poder ser incluida en el modelo. No se encuentra georreferenciada por extracción ni tampoco existe claridad de si se encuentra o no separada de otras extracciones asociadas a otros usos. Por ejemplo, muchas industrias obtienen agua directamente de la red de agua potable, otras la obtienen desde canales de riego con sus respectivos DAA. Modelar estas cantidades suponiéndolas como "captaciones independientes" implicaría duplicación de demandas. Este aspecto constituye una de las brechas informadas más adelante en el apartado "Comentarios finales y brechas" del presente Informe.

#### 5.4.2 Período Histórico (Caso Base)

##### 5.4.2.1 Descripción

La modelación del Período Histórico abarca desde abril de 1990 a marzo de 2020 (30 años hidrológicos), y corresponde al modelo calibrado y validado sin cambios adicionales.

##### 5.4.2.2 Resultados Modelo Superficial

###### 5.4.2.2.1 Satisfacción de la Demanda

La Tabla 5-1 muestra un resumen de la SD para los distintos usos a nivel de promedios mensuales.

**Tabla 5-1. Satisfacción de la demanda por uso (promedios mensuales, %). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).**

Uso	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Jan	Feb	Mar
Agua Potable	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riego	96	97	100	97	96	96	96	95	95	95	95	96
Hidroeléctrico	67	71	80	83	85	86	84	83	79	75	74	68
Q ecológico	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, la oferta hídrica permite dar una buena SD a los usos agua potable y riego, alcanzando el 100% en todos los meses en el Agua Potable y entorno al 96 % en el caso del riego. El uso hidroeléctrico presenta SD menores, sin embargo, este uso se ha modelado usando como caudales de demanda, los caudales de DAA de las centrales, los que comúnmente son mayores a los caudales de diseño de estas, con lo cual la SD queda "castigada" para este uso. Esto explica, por lo tanto, la baja SD de este uso en el modelo.

Por su parte los  $Q_{eco}$  quedan totalmente satisfechos, sin embargo, se sabe que estos corresponden a caudales bajos.

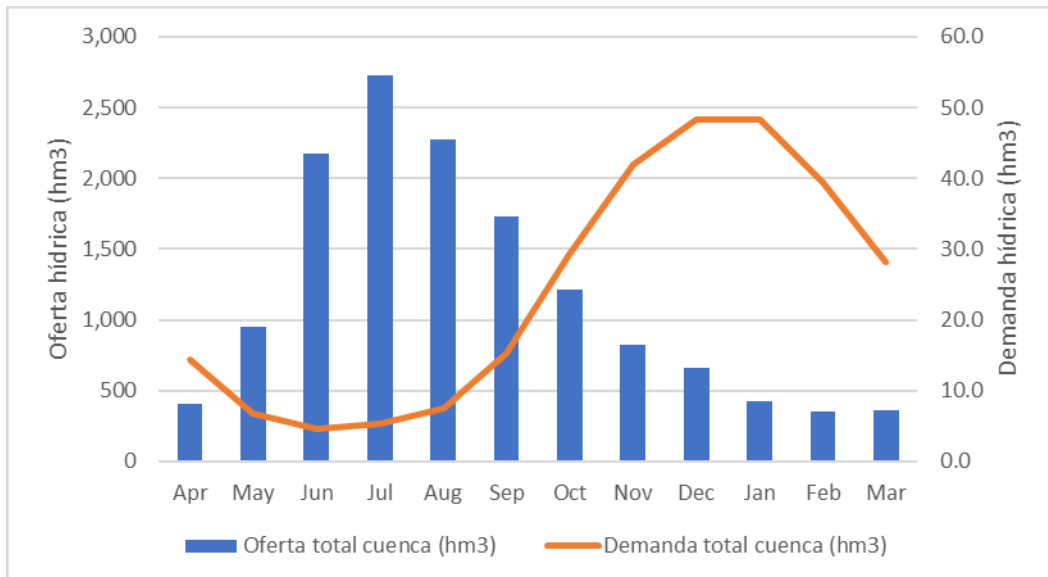
#### *5.4.2.2.2 Balance Oferta-Demanda*

El balance Oferta-Demanda se realizó a nivel de cuenca completa y por mes (medias mensuales). La oferta total está dada por la suma de todos los caudales superficiales que se generan en cada subcuenca. La demanda total está dada por todos los requerimientos de agua que implican sacar agua (superficial) de los ríos por causa de un Demand Site. El resultado se muestra en la Tabla 5-2 y en la Figura 5-2. En dicha tabla se observa que, la oferta hídrica es muy superior a la demanda. Esta última corresponde al 2,05% del total de la oferta en la media anual.

**Tabla 5-2. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, Hm<sup>3</sup>). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).**

Mes	Oferta total cuenca	Demanda total cuenca	Diferencia (Oferta-Demanda)
Apr	407,6	14,5	393,1
May	948,5	6,8	941,6
Jun	2173,4	4,6	2168,8
Jul	2730,7	5,3	2725,4
Aug	2274,9	7,5	2267,4
Sep	1726,7	15,4	1711,4
Oct	1214,3	29,3	1184,9
Nov	821,8	42,0	779,8
Dec	656,6	48,3	608,3
Jan	423,9	48,3	375,6
Feb	356,5	39,3	317,2
Mar	358,7	28,1	330,6
Anua l	14093,4	289,4	13804,0

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-2: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenario histórico (04/1990 a 03/2020).**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.2.3 Resultados Modelo Subterráneo

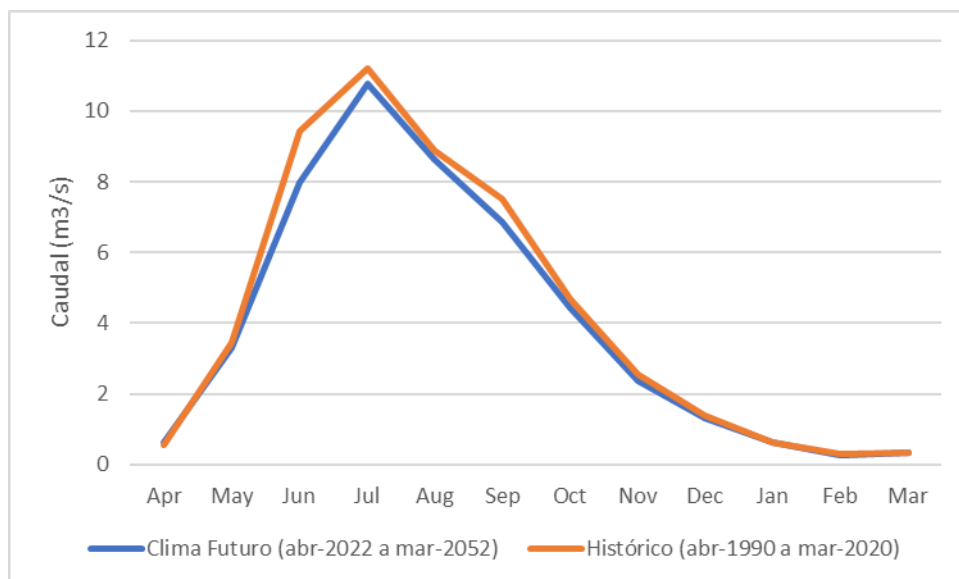
No se evaluó este caso base histórico en el modelo subterráneo, debido a que el modelo utilizado fue calibrado sólo en régimen permanente utilizando la información "base" al año 2015 (desde donde se obtuvo la información de niveles para la calibración)

#### 5.4.3 Escenario 0: Cambio Climático

##### 5.4.3.1 Descripción

El escenario de Clima Futuro se construyó sobre la misma base del modelo Histórico, al cual se le cambiaron las forzantes meteorológicas Precipitaciones mensuales (PPM) y Temperaturas medias mensuales (TMM), por aquellas generadas por el modelo de Circulación Global CSIRO-MK3.6 (en adelante CSIRO), cuyos datos fueron procesados y escalados para Chile en el marco del estudio "Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona sur y parte norte de la Macrozona Austral" (DGA, 2019). Se escogió CSIRO ya que, de los 4 Modelos de Circulación Global empleados en DGA (2019), es el que presenta un comportamiento más estable en las cuencas ahí analizadas, manteniendo el indicador de variación porcentual de los caudales y precipitaciones en el rango entre 5 y 10% en todas las cuencas, no así los otros modelos en los que este indicador presenta mayor dispersión.

Las grillas de PPM y TMM de CSIRO se extrajeron directamente de los ficheros NetCdf generados en el mencionado estudio. El escenario de cambio climático escogido fue el más desfavorable, correspondiente al RCP 8.5. El período correspondiente a este escenario va desde abril-2018 a marzo 2048 (30 años hidrológicos). A modo de ejemplo, se presenta la Figura 5-3, mostrando cómo impacta el Clima Futuro a los caudales de la estación fluviométrica "Río Traiguén en Victoria" (pluvial) de acuerdo a la presente modelación.



**Figura 5-3. Comparación de Caudales medios mensuales entre Escenario Histórico (04/1990-03/2020) y Escenario Cambio (04/2022-03/2052) Climático Río Traiguén en Victoria**

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que, en el promedio anual, los caudales en esta estación disminuirían en un 5%.

#### 5.4.3.2 Proyección de la demanda futura

##### 5.4.3.2.1 Usos proyectados

Los usos cuyas demandas se proyectan corresponden a Riego y Agua Potable Urbana. En el caso de la hidroelectricidad no se encontraron nuevos proyectos en carpeta. Por su parte, el Agua Potable Rural se analiza en el marco de uno de los escenarios de gestión específicos, al igual que los caudales de reserva.

##### 5.4.3.2.2 Riego

Para proyectar la demanda de riego hacia el período futuro, se han incorporado 2 cambios:

- 6) Aumento de la superficie de riego.
- 7) Aumento del caudal de riego demandado por hectárea.

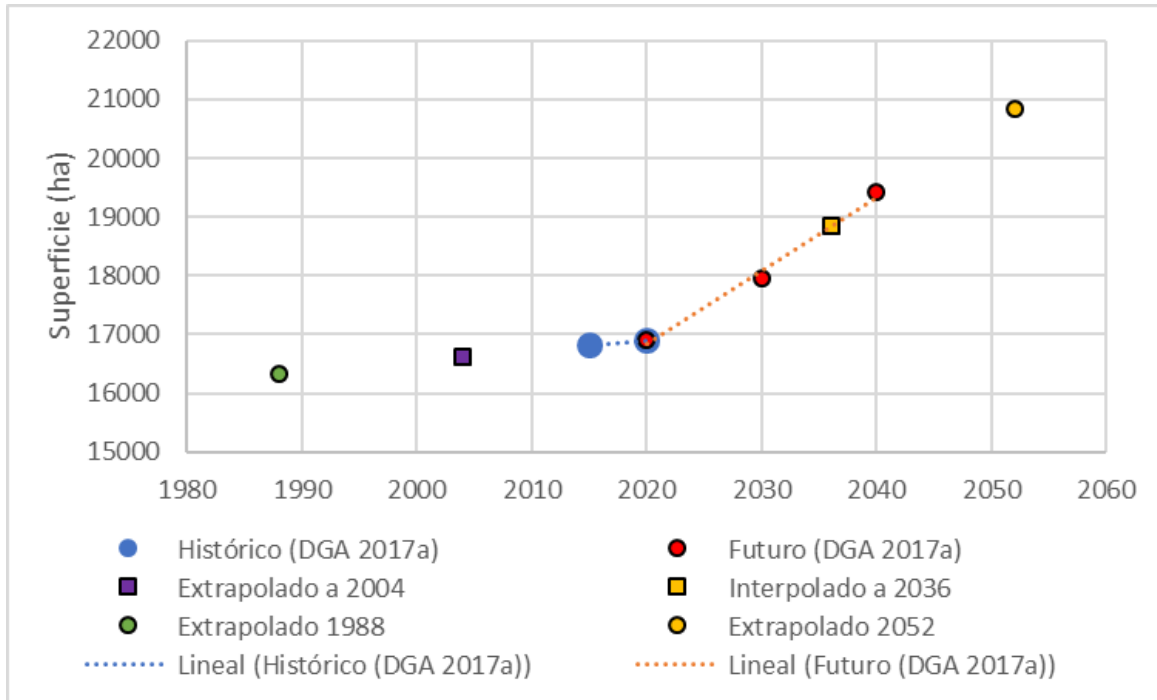
Para estimar un aumento en la superficie de riego, se usó como base lo determinado por el estudio DGA (2017a). Dicho estudio entrega valores de la superficie de riego en la cuenca de Imperial hasta el año 2040 (ver Tabla 5-3).

**Tabla 5-3. Proyección superficie de riego Cuenca de Imperial**

Año	Superficie de riego (ha)
2015	16.819
2020	16.907
2030	17.946
2040	19.413

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2017a)

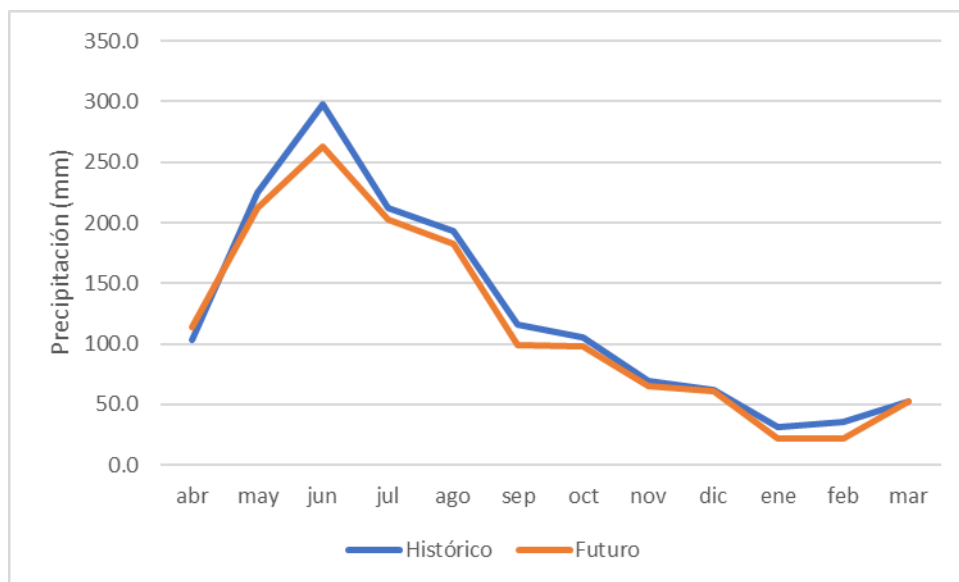
A partir de esta información se ha generado la Figura 5-4, en la que se grafican los valores proyectados por DGA 2017a al 2040. Usando el 2020 como año angular entre ambos períodos Histórico y Futuro, se separó la nube de puntos en 2 series (antes y después de 2020) y se trazó una línea de tendencia para cada período. Usando dichas tendencias se estimó un valor al año central del período histórico (2004) y un valor al año central del período futuro (2036) obteniendo 16.624 ha para 2004 y 18.840 ha para 2036. En base a estos 2 valores se calculó un factor de cambio de 1,13, lo que indica que la superficie de riego aumenta un 13% en el período futuro respecto del período histórico. Dicho factor de 1,13 se multiplicó por la superficie de riego de cada sector de riego (calculada en el numeral 1.3.5.2 del Anexo H) en todos los escenarios de la situación futura. Con fines ilustrativos, se grafican también los años de inicio del período histórico (1988) y término del período futuro (2052), de esta forma se ve con claridad que el año usado como representativo del período corresponde al punto central de cada uno. Este método implica que la superficie de riego se mantiene constante en el período histórico y aumenta de forma escalonada en el período futuro, durante el cual se mantiene nuevamente constante.



**Figura 5-4. Extrapolación/Interpolación de Superficies de riego a años representativos de los Períodos Histórico (04/1990-03/2020) y Futuro (04/2022-03/2052)**

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el aumento del caudal riego demandado por hectárea de forma simple, se calculó el factor de cambio (delta change) de las precipitaciones entre el período histórico y el período futuro en toda la cuenca. La Figura 5-5 muestra las precipitaciones medias mensuales de ambos períodos para la cuenca de Imperial. De acuerdo con los datos que muestra dicha figura, la disminución de las precipitaciones alcanzarían un 7% en la media anual. Como supuesto, dicha disminución porcentual en las precipitaciones se tradujo en un aumento en los caudales de riego demandados por hectárea, los cuales fueron amplificados en un 7%.



**Figura 5-5. Precipitaciones medias mensuales cuenca Imperial. Comparación Período Histórico (04/1990-03/2020) v/s Período Futuro (04/2022-03/2052)**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.3.2.3 Agua Potable Urbana

Para proyectar la demanda de agua potable urbana hacia el período futuro, se ha incorporado el siguiente cambio:

- 8) Aumento de la población abastecida.

Para estimar dicho aumento se emplean los valores expuestos en el acápite de "Demografía" del presente estudio, del cual se obtiene la Tabla 5-4.

**Tabla 5-4. Crecimiento poblacional Intercensal Cuenca de Imperial**

Año	Habitantes Cuenca (ha)
2002	527.447
2017	612.914

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017)

A partir de esta información se ha interpolado un valor al año central del período histórico (2004) y extrapolado un valor al año central del período futuro (2036) obteniendo 538.843 ha para 2004 y 721.172 ha para 2036. En base a estos 2 valores se calculó un factor de cambio de 1,34, lo que indica que la población a abastecer aumenta en un 34%

en el período futuro respecto del período histórico. Dicho factor de 1,34 se multiplicó por la población de cada territorio operacional en la situación futura.

#### 5.4.3.3 Resultados Modelo Superficial

##### 5.4.3.3.1 Satisfacción de la Demanda

En la Tabla 5-5, se muestra el resultado para el indicador SD en el escenario de Cambio Climático.

**Tabla 5-5. Satisfacción de la Demanda por uso (promedios mensuales, %), Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).**

Uso	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Agua Potable	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Riego	96	97	100	97	96	96	95	95	95	95	95	95
Hidroeléctrico	59	61	69	70	71	72	70	71	68	64	64	59
Qeco	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la oferta hídrica aún permite dar una buena SD a los usos agua potable y riego, manteniendo valores similares levemente más bajos que en el escenario histórico para el caso de Agua Potable, y manteniéndose prácticamente iguales en el caso del riego. El uso hidroeléctrico presenta SD menores en 11% (promedio anual) a los del Escenario Histórico, alcanzando disminuciones de hasta un 14% en la SD en meses de invierno y primavera. Esto puede explicarse por la menor acumulación de nieve producto del aumento de las temperaturas, lo que produce un aumento de los caudales de invierno, sin embargo, este impacto es marginal en el contexto del presente análisis. Por su parte los Qeco también quedan totalmente satisfechos.

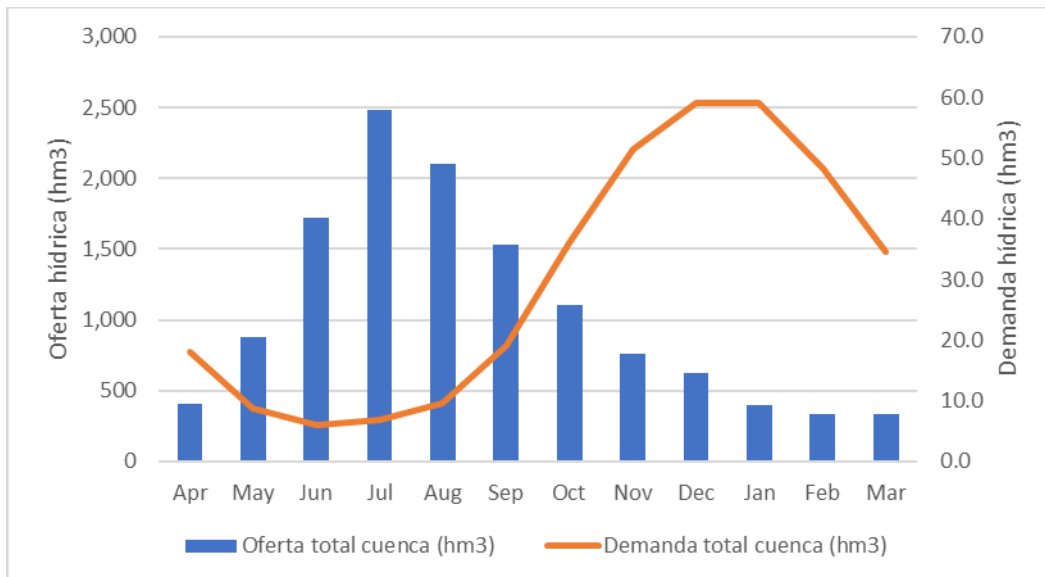
##### 5.4.3.3.2 Balance Oferta-Demanda

El balance Oferta-Demanda se hizo de forma equivalente a lo realizado para el Escenario Histórico. El resultado se muestra en la Tabla 5-6 y en la Figura 5-6. En ellos se observa que, la oferta hídrica es muy superior a la demanda. Esta última corresponde al 2,82% del total de la oferta en la media anual. El porcentaje es levemente superior al del Escenario Histórico ya que disminuye la oferta aproximadamente en un 10% y la demanda total aumenta en un 23%.

**Tabla 5-6. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, Hm<sup>3</sup>). Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).**

Mes	Oferta total cuenca	Demanda total cuenca	Diferencia (Oferta-Demanda)
Apr	404,2	18,0	386,2
May	880,8	8,8	872,0
Jun	1720,5	6,1	1714,5
Jul	2485,5	6,9	2478,6
Aug	2100,5	9,6	2090,9
Sep	1526,1	19,1	1507,1
Oct	1106,7	36,0	1070,6
Nov	757,3	51,4	705,9
Dec	624,5	59,1	565,4
Jan	398,2	59,1	339,1
Feb	330,8	48,2	282,6
Mar	336,8	34,6	302,2
Anua l	12671,9	356,8	12315,0

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-6: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenario Cambio Climático (04/2022-03/2052).**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.3.4 Resultados Modelo Subterráneo

Los resultados del modelo numérico de aguas subterránea se presentan con base en el balance hídrico obtenido para cada uno de los SHAC presentes en el dominio activo de modelación. En Tabla 5-7 se presentan los valores medios asociados para este escenario.

En apéndices del modelo subterráneo se presentan los valores mensuales para cada una de sus componentes.

**Tabla 5-7: Resumen del balance de masa para SHAC presentes en el dominio de modelación, Esc. 0. Considerando el período enero 2016 a marzo 2048.**

Componente del Balance	Imperial Bajo	Purén	Cautín	Cholchol	Ríos Colpi Quillén
Entrada Nivel Cte. (l/s)	12,1	0,0	27225,7	0,0	1426,6
Salida Nivel Cte. (l/s)	1,5	0,0	8937,9	0,0	583,6
Entrada río (l/s)	338,1	443,9	6886,4	605,6	1835,1
Salida río	1796,8	501,6	38009,4	3151,7	7549,5
Salida dren (l/s)	1258,0	0,0	25088,6	0,0	9579,3
Entrada lateral (l/s)	0,0	0,0	521,4	243,7	153,4
Salida bombeo (l/s)	135,5	0,0	4170,9	128,8	482,2
Entrada recarga (l/s)	1614,7	51,4	44302,5	3897,2	16474,9
Desde Imperial Bajo	0,0	0,0	385,5	54,3	0,0
Hacia Imperial Bajo	0,0	0,0	1646,8	5,7	0,0
Desde Purén	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4
Hacia Purén	0,0	0,0	0,0	1,6	13,6
Desde Cautín	1646,8	0,0	0,0	322,9	564,0
Hacia Cautín	385,5	0,0	0,0	1158,2	3012,2
Desde Cholchol	5,7	1,6	1158,2	0,0	706,9
Hacia Cholchol	54,3	0,0	322,9	0,0	15,7
Desde ríos Colpi Quillén	0,0	13,6	3012,2	15,7	0,0
Hacia ríos Colpi Quillén	0,0	8,4	564,0	706,9	0,0
Hacia Cuenca río Toltén	0,0	0,0	2653,8	0,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

## 5.4.4 Escenarios de Gestión Específicos

### 5.4.4.1 Presentación de Escenarios

#### 5.4.4.1.1 Descripción

Se definieron 3 escenarios de gestión para ser modelados, con el propósito de determinar la respuesta del sistema frente a distintas estrategias definidas para abordar la brecha hídrica. Estas iniciativas propuestas han surgido durante el desarrollo del presente estudio, considerando la especificidad de la cuenca a través de las actividades de Participación Ciudadana, del análisis de los antecedentes recopilados en coordinación con la DGA y del diagnóstico realizado.

Lo identificado, en la actividad de la PAC define los escenarios a modelar ya que ésta refleja las visiones y percepciones de los grupos que están en el territorio, colectivos de la sociedad civil y organismos públicos. La evaluación de los escenarios propuestos no limita la incorporación de distintas alternativas al Plan estratégico elaborado.

Los escenarios que fue posible definir son los siguientes:

- Escenario 1: Reserva de caudales superficiales para pueblos indígenas.
- Escenario 2: Obra de regulación
- Escenario 3: Determinación de caudales para satisfacer demanda de agua potable rural en población semi concentrada y dispersa.

Es importante señalar que los modelos construidos deben ser fortalecidos en una etapa posterior antes de ser usados o considerados como base de estrategias, acciones y/o programas locales, en atención a que se requiere de más información y trabajos de terreno orientados a robustecerlos.

Todos los escenarios de gestión corren bajo la Situación de Cambio Climático (Clima futuro). En WEAP, los 3 escenarios de gestión específicos se encuentran anidados bajo el escenario macro "Clima Futuro".

#### 5.4.4.1.2 Escenario 1

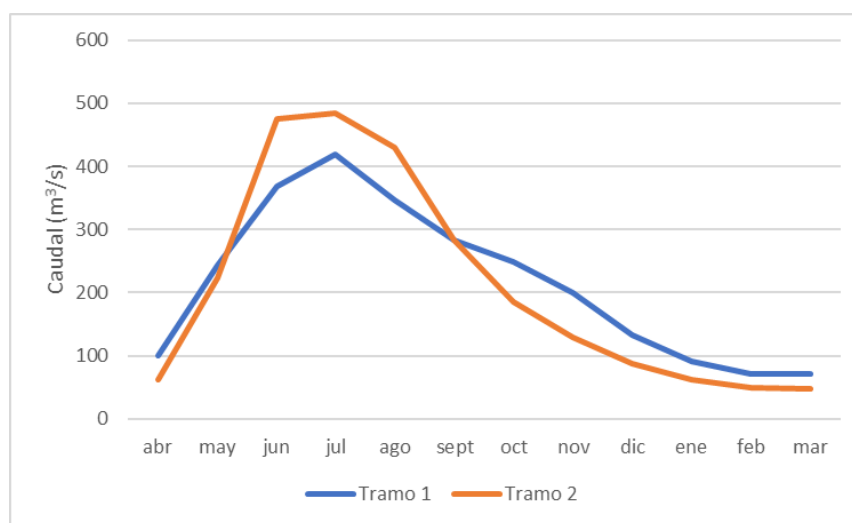
Uno de los principales resultados de las actividades que PAC y que son transversales a toda la cuenca en estudio, es la necesidad de entregar alternativas distintas a las actuales para el abastecimiento hídrico de los pueblos indígenas. Considerando sus necesidades hídricas a partir de las visiones ancestrales indígenas que ellos declaran, las que incluyen el consumo de agua potable y también la conservación del medio ambiente que los rodea.

Dado lo anterior, se plantea conservación de caudales en tramos de ríos que consideren interés indígena en la actualidad (entendido estos sectores donde existen hoy comunidades). Esto busca poder entregar una solución de conservación ambiental en los tramos de distintos cauces a modo de referencia de lo que podría implementarse en un futuro.

Para efectos de esta modelación se utilizará el Caudal ecológico definido por la normativa DGA, en los siguientes cauces:

- Tramo 1. Río Cautín desde estación fluviométrica Río Cautín en Cajón hasta confluencia con Río Quepe. En el modelo corresponde al tramo comprendido entre los nodos "QIndigena1.1" y "QIndigena1.2".
- Tramo 2. Río Cholchol desde estación fluviométrica Río Cholchol en Cholchol hasta junta con el Río Cautín. En el modelo corresponde al tramo representado por el nodo "QIndigena2".

Estos caudales de reserva fueron modelados a través del elemento "Flow Requirement" de WEAP. Los valores de caudal adoptado en los distintos puntos mencionados se indican en la Figura 5-7 (se usa la misma curva de caudal en ambos puntos).



**Figura 5-7: Caudales de Reserva Indígena (promedios mensuales)**

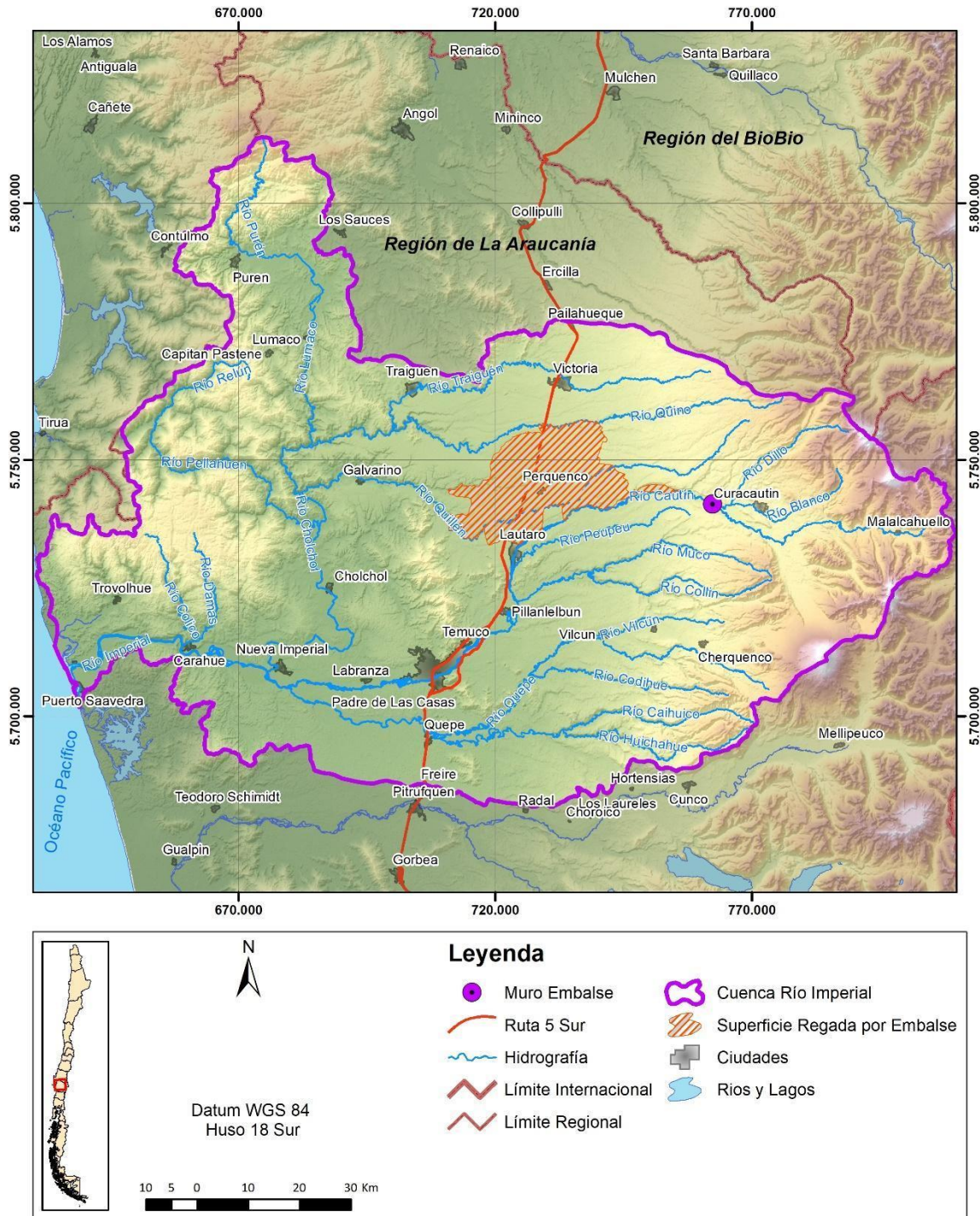
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4.1.3 Escenario 2

Para la modelación de una alternativa de embalse, este escenario se basa en la información presentada en el "Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento del riego en la

cuenca del Río Cautín, Región de la Araucanía, Arcadis, 2012". El objetivo de este proyecto es aumentar la superficie de riego de la cuenca incorporando 32.204 ha mediante la construcción de un embalse en el cauce del río Cautín. Para efectos de la presente modelación, dicha superficie se consideró como "nuevo riego", es decir, se suman a las 21.234 ha de riego ya existentes, totalizando 53.438 ha.

La características y distribución del embalse modelado y su correspondiente nueva área de riego se pueden observar en la Figura 5-8 y la Tabla 5-8, respectivamente.



**Figura 5-8. Alternativa de embalse para el escenario de gestión 2.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Arcadis (2012).

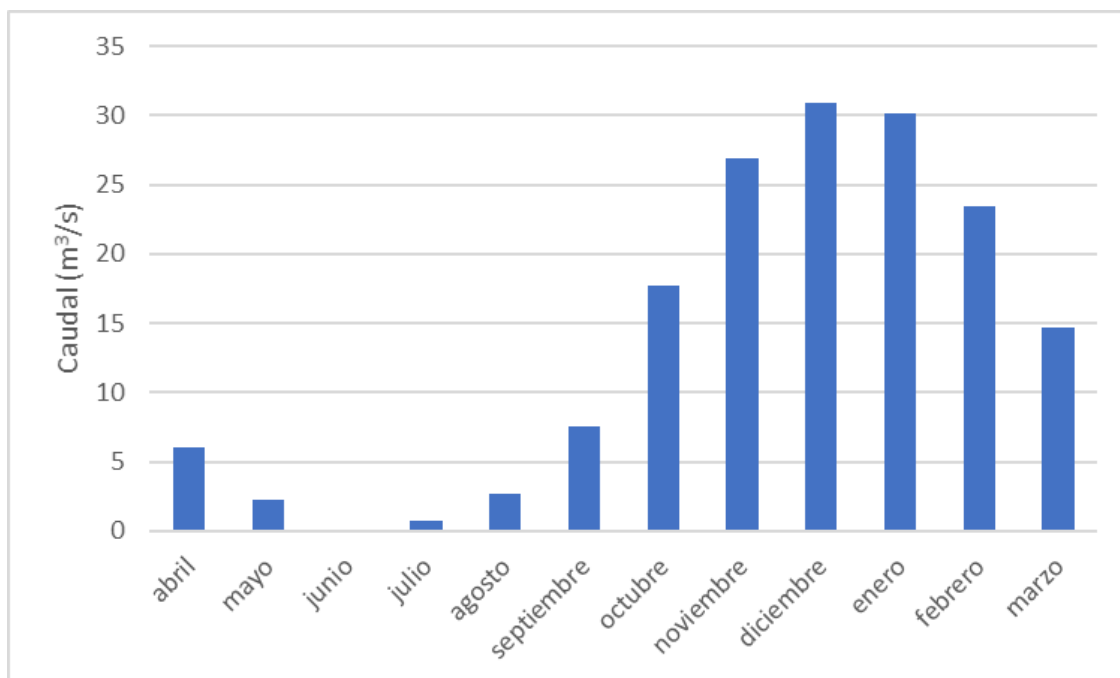
**Tabla 5-8. Características del embalse modelado en escenario de gestión 2.**

Alternativa Embalse La Mula	Valor
Volumen total (hm <sup>3</sup> )	142,1
Volumen útil (hm <sup>3</sup> )	132,2
Superficie regada 85% seguridad (ha)	32.204
Cota coronamiento	478
Altura muro	62

Fuente: Elaboración propia a partir de Arcadis, 2012.

Este Embalse fue modelado a través del elemento "Reservoir" de WEAP, denominado "Embalse\_gestion" al interior del modelo. Para efectos de la modelación, se consideraron los siguientes supuestos:

1. El Embalse comienza a operar en abril de 2021, que en WEAP corresponde a abril de 1989 debido a la configuración de períodos paralelos. Sin embargo, el período de análisis va de abril de 2022 a marzo de 2052 (30 años hidrológicos).
2. El Embalse parte vacío en abril de 2021 pero para inicios del período de evaluación (abril 2022) ya se encuentra lleno.
3. El Embalse capta todo el caudal del río Cautín en ese punto.
4. El Embalse opera todo el año.
5. El Embalse libera agua en función de las demandas ubicadas aguas abajo del mismo, empleando las reglas preestablecidas por WEAP en conjunto con un elemento Flow Requirement que demanda una entrega mínima (denominado "Qentrega\_Embalse" al interior del modelo) al pie del Embalse. Esta entrega mínima se usa para asegurar que se produzca la liberación de agua hacia las demandas ubicadas aguas abajo ya que en ocasiones los "Reservoir" tienden a "ahorrar" más agua de la necesaria. Esta entrega mínima, corresponde a la Demanda de riego agregada de las nuevas hectáreas que se suman producto de la puesta en operación del Embalse. Fue calculada usando las mismas tasas de riego empleadas para el resto de los sectores de riego (numeral 1.3.5.2 del Anexo H), y puede verse en la Figura 5-9.
6. No se considera aumento en la capacidad de conducción de los canales actuales ni tampoco nuevos canales de riego por motivo de la puesta en marcha del Embalse.



**Figura 5-9: Caudal de entrega mínima Embalse (promedios mensuales)**

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en la Figura 5-9, el mes de máxima entrega es diciembre, con un caudal medio mensual de 30,9 m<sup>3</sup>/s. Los valores acá mostrados, corresponden, en el marco de la presente modelación, al efecto concreto, en términos de caudal, que el Embalse tendría sobre el tramo de río involucrado (donde se encuentran las captaciones de los canales de riego asociados a las nuevas hectáreas de riego), ya que, en ausencia del Embalse dichos caudales no serían extraídos del río Cautín.

#### 5.4.4.1.4 Escenario 3

Se determinaron caudales para satisfacer demanda de agua potable rural en población semi concentrada y dispersa. Se estimó demanda futura de agua potable rural insatisfecha, suponiendo una dotación de 200 a 150 l/Hab/día.

En término de modelación, este escenario, se implementó a través de un nodo de demanda (Demand Site) a las salidas de todas las subcuencas DGA. Estos nodos de demanda son vinculados al sistema superficial, ya que se utiliza como supuesto que se utilizaran solo fuentes de agua superficial y así conocer el desempeño de los cauces con esta nueva condición. La Tabla 5-9 muestra el detalle de los nodos Demand Site correspondientes a la demanda APR del presente Escenario.

**Tabla 5-9. Demanda APR Futuras escenario de gestión 3**

Nodo Demand Site APR en modelo	Caudal de demanda (m <sup>3</sup> /s)
APR_Futuro_Cautin_Alto	0,132
APR_Futuro_Rio_Cautin_Entre_Quepe_y_Chol_Chol	0,006
APR_Futuro_Rio_Chol_Chol	0,127
APR_Futuro_Rio_Imperial	0,057
APR_Futuro_Rio_Lumaco	0,069
APR_Futuro_Rio_Quepe	0,146
<b>Total</b>	<b>0,537</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4.2 Resultados Escenarios de Gestión Modelo Superficial

##### 5.4.4.2.1 Satisfacción de la Demanda

Al igual que en el caso del Escenario Histórico y Cambio Climático, los resultados de los Escenarios fueron evaluados a través del indicador "Satisfacción de la Demanda" (SD) aplicado a los distintos usos. Debe recordarse que los 3 escenarios de gestión antes descritos corren bajo la situación de Cambio Climático.

La Tabla 5-10 muestra el resultado de la SD para todos los escenarios y para todos los usos a nivel mensual.



**Tabla 5-10. Satisfacción de la demanda por Usos y Escenarios (promedios mensuales, %)**

Hidroeléctrico												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	67	71	80	83	85	86	84	83	79	75	74	68
Cambio Climático	59	61	69	70	71	72	70	71	68	64	64	59
E1 Qind	59	61	69	70	71	72	70	71	68	64	64	59
E2 Embalse	59	61	69	70	71	72	70	71	68	64	64	59
E3 APR	59	61	69	70	71	72	70	71	68	64	64	59
Q indígena												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambio Climático	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1 Qind	52	44	52	65	64	69	59	57	66	55	58	55
E2 Embalse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3 APR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Qeco												

**Tabla 5-10. Satisfacción de la demanda por Usos y Escenarios (promedios mensuales, %)**

Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cambio Climático	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E1 Qind	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E2 Embalse	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
E3 APR	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
APU												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cambio Climático	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
E1 Qind	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
E2 Embalse	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
E3 APR	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
APR												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar

**Tabla 5-10. Satisfacción de la demanda por Usos y Escenarios (promedios mensuales, %)**

Histórico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambio Climático	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1 Qind	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2 Embalse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3 APR	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Riego												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	96	97	100	97	96	96	96	95	95	95	95	96
Cambio Climático	96	97	100	97	96	96	95	95	95	95	95	95
E1 Qind	36	60	86	74	42	31	33	31	33	31	31	31
E2 Embalse	96	97	100	97	96	96	89	85	84	84	84	88
E3 APR	96	97	100	97	96	96	95	95	95	95	95	95

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa el uso hidroeléctrico solo se ve afectado por la condición del Cambio Climático, bajando en 11% la SD (promedio anual). Los escenarios de gestión no lo afectan.

Los Caudales de Reserva Indígena, se analizan por sí solos ya que en los otros escenarios no existe dicho requerimiento. Como se puede observar, su SD promedia el 58%. Esto quiere decir, que, en promedio, para todos los tramos en que se ha definido un caudal ambiental indígena, la oferta hídrica solo permitirá satisfacer el 54% de ellos. Cabe señalar que a este requerimiento se le ha dado una prioridad igual a la del Agua Potable y mayor a la del riego.

Los caudales ecológicos por su parte no presentan problemas, ya que al ser valores bajos son fácilmente satisfechos en todos los escenarios.

El Agua Potable Urbana (APU) no presenta disminución de la SD en ningún escenario de gestión. Su única alteración se produce producto del escenario de cambio climático. Cabe señalar que, en esta cuenca, los Caudales de Reserva Indígena y el Agua Potable poseen ambos la misma prioridad.

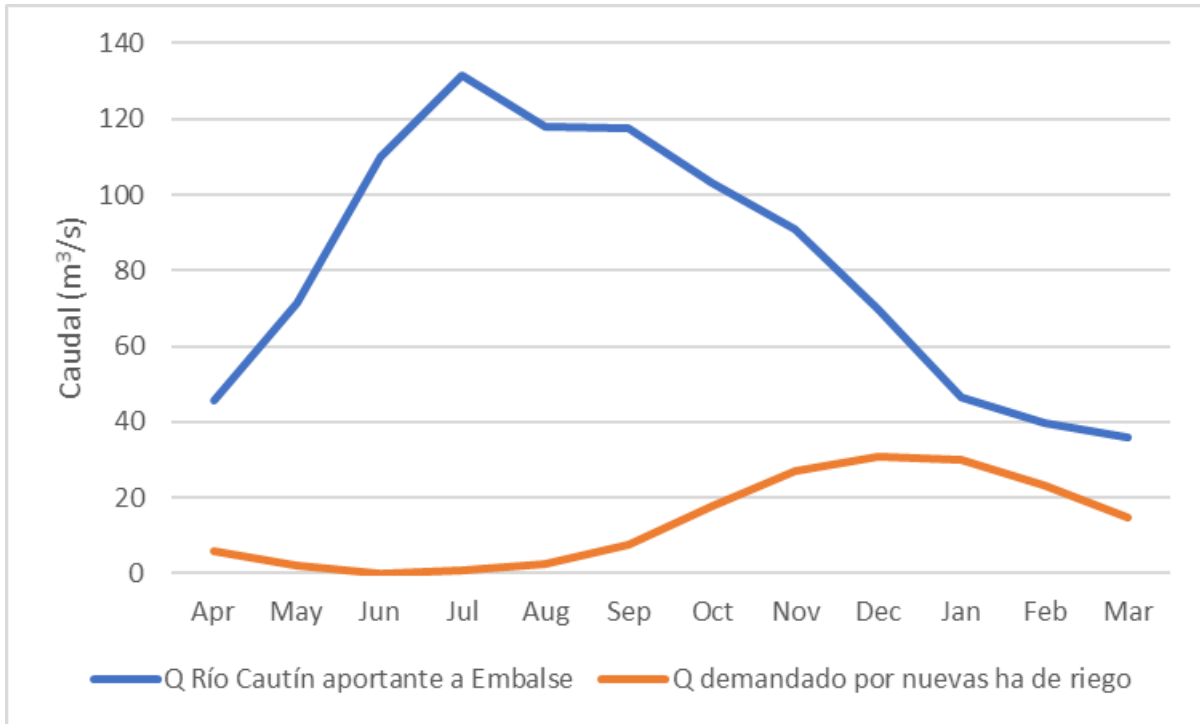
El Agua potable rural (APR) se analiza y evalúa únicamente en el Escenario 3, ya que en los otros escenarios no hay presencia de este requerimiento debido a que no se incluyó en el modelo la demanda por APR para el período histórico (ver justificación en el numeral 1.3.5.2 de Anexo H) y, por consiguiente, tampoco para "Cambio Climático" ni para los Escenarios 1, 2. Como se puede observar no presenta problemas de abastecimiento, alcanzando un 100% de SD en todos los meses.

Finalmente, el Riego se ve afectado en el Escenario 1 (caudales de reserva indígena) y Escenario 2 (Embalse de Riego). En el primer caso, las SD bajan desde el 96% hasta el 43% (promedio), acentuándose la baja en los meses de primavera y verano y disminuyendo en invierno. Como ya se explicó anteriormente, los Caudales de Reserva Indígena obligan al sistema a mantener agua en el río en desmedro de otro uso (en este caso el riego). Cabe señalar que, en esta cuenca, los Caudales de Reserva Indígena tienen mayor prioridad que el riego.

Por el lado del Escenario 2 (Embalse de riego), las SD bajan únicamente en los meses de primavera y verano a valores en torno al 86%. Esto resulta contraproducente ya que el Embalse ofrece un incremento de la oferta hídrica, por lo que a simple vista no tendría sentido una disminución de la SD. Sin embargo, debe recordarse que el Escenario

2 también incluye un aumento de las hectáreas regadas, incorporando aproximadamente 32.000 ha nuevas respecto del Escenario Histórico, y este es el aspecto que explica la disminución de la SD en los meses más secos, no obstante, sigue teniendo valores altos (86%). Otro aspecto que se debe considerar al momento de analizar este resultado es que si bien existe un Embalse que constituye un incremento en la oferta, el escenario, tal como fue formulado, no considera aumentar la capacidad de conducción de los canales existentes, ni tampoco nuevos canales de riego. Esto quiere decir que, si en el escenario histórico existen canales que ya van a capacidad, el Embalse no les reportará beneficio adicional. En este sentido, el Embalse solo beneficia a los canales que tengan algún "delta" disponible en su capacidad de conducción, o bien, a aquellos canales que aumenten su capacidad para así poder abastecer las nuevas hectáreas de riego.

Al consultar el comportamiento del Embalse en el modelo, se advierte que éste, una vez que se llena, permanece lleno durante todo el período. Esto obedece a uno de los supuestos bajo el cual se formuló la inclusión del Embalse, el cual consiste en que éste capta toda el agua del río. Al ser el caudal medio del río Cautín, mayor al caudal de riego demandado al Embalse (ver Figura 5-10), el modelo no se ve en la necesidad de sacar agua del Embalse, en consecuencia, éste, una vez lleno, queda permanentemente vertiendo el excedente. Esto no ocurriría así en la realidad ya que, dependiendo del régimen de Derechos de Aguas, el Embalse no podría captar todo, debiendo dejar pasar ciertos caudales, con lo cual el régimen de llenado y vaciado sería fluctuante. Sin embargo, debe entenderse que, este escenario ha sido formulado e implementado en forma simplificada con el fin de conocer el impacto grueso que tendría esta obra en el panorama general de la cuenca y en términos de balances en el largo plazo (lo cual se cumple), y por lo mismo, no incluye reglas más específicas y detalladas en cuanto a su operación (captación, regulación y entregas).



**Figura 5-10: Oferta hídrica Río Cautín a Embalse v/s Caudal demandado por nuevas ha de riego (promedios mensuales). Período futuro (04/2022 a 03/2052)**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4.2.2 Balance Oferta-Demanda

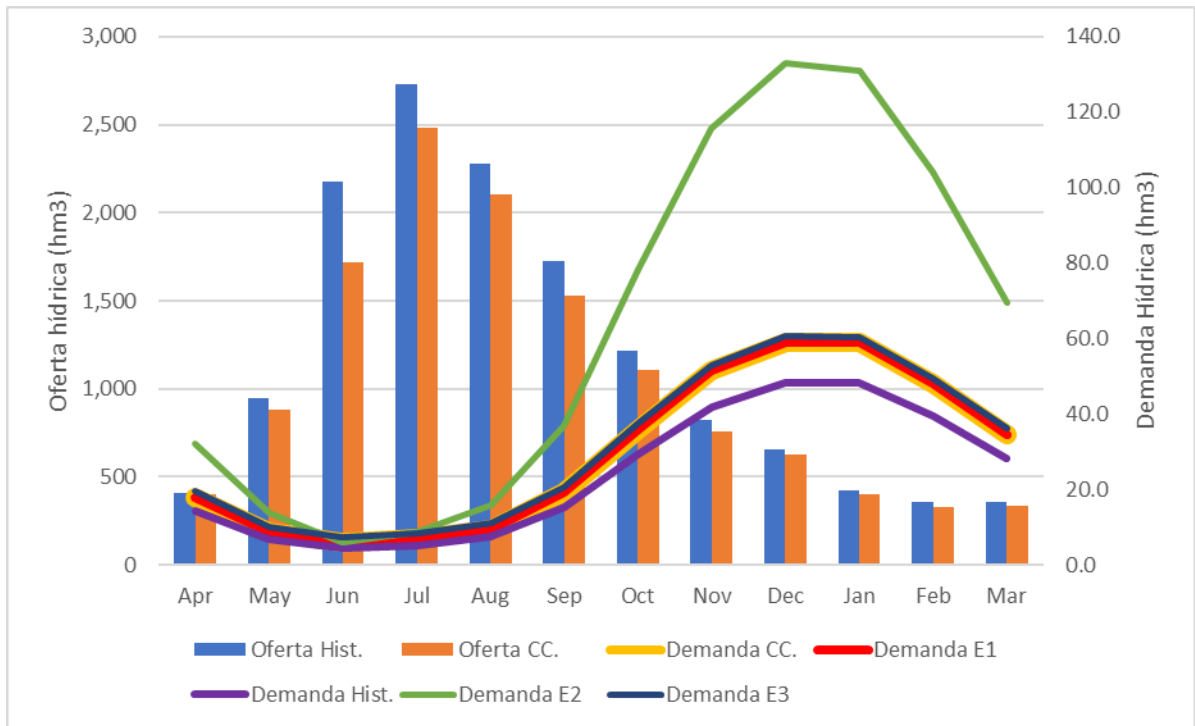
El balance Oferta-Demanda se hizo de forma equivalente a lo realizado para el Escenario Histórico. El resultado se muestra en la Tabla 5-11 y en la Figura 5-11. En ellas se observa que, la oferta hídrica es muy superior a la demanda. Esta última corresponde al 2,05% del total de la oferta en la media anual para el Escenario Histórico, 2,82% para el Escenario de Cambio Climático y Escenario 1, 5,87% en el caso del Escenario 2 y 2,95 en el caso del Escenario 3. Estos porcentajes varían conforme a la variación de la oferta y de la demanda entre los distintos escenarios.

La oferta hídrica disminuye un 10% en la media anual entre el Escenario Histórico y el Clima Futuro (Cambio Climático). Por su parte, las demandas también varían entre los distintos escenarios. Los Escenarios Clima Futuro y Escenario 1, implican un aumento de la demanda en un 23% respecto del Histórico (media anual). El Escenario 2, implica un aumento de la demanda en un 257% respecto del Histórico (media anual), y el Escenario 3 implica un aumento de la demanda de un 29% respecto del Histórico.

**Tabla 5-11. Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales, Hm<sup>3</sup>). Escenarios de Gestión.**

Oferta hídrica cuenca												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	408	948	2173	2731	2275	1727	1214	822	657	424	356	359
Cambio Climático	404	881	1721	2485	2101	1526	1107	757	624	398	331	337
E1 Qind	400	881	1721	2485	2101	1526	1107	757	624	389	320	328
E2 Embalse	407	881	1721	2485	2101	1526	1107	757	624	401	333	340
E3 APR	404	881	1721	2485	2101	1526	1107	757	624	398	331	337
Demanda hídrica cuenca												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	14,5	6,8	4,6	5,3	7,5	15,4	29,3	42,0	48,3	48,3	39,3	28,1
Cambio Climático	18,0	8,8	6,1	6,9	9,6	19,1	36,0	51,4	59,1	59,1	48,2	34,6
E1 Qind	18,0	8,8	6,1	6,9	9,6	19,1	36,0	51,4	59,1	59,1	48,2	34,6
E2 Embalse	32,1	14,0	6,1	8,6	15,9	36,8	78,2	115,8	133,1	131,0	104,1	69,4
E3 APR	19,4	10,2	7,4	8,4	11,0	20,5	37,5	52,8	60,6	60,5	49,5	36,1
Diferencia (Oferta-Demanda)												
Escenario	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Histórico	393	942	2169	2725	2267	1711	1185	780	608	376	317	331
Cambio Climático	386	872	1714	2479	2091	1507	1071	706	565	339	283	302
E1 Qind	382	872	1714	2479	2091	1507	1071	706	565	330	272	294
E2 Embalse	375	867	1714	2477	2085	1489	1029	641	491	270	229	270
E3 APR	385	871	1713	2477	2090	1506	1069	705	564	338	281	301

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-11: Balance Oferta-Demanda (promedios mensuales). Escenarios de Gestión.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4.3 Resultados Modelo Subterráneo

El escenario 2 es el único que presenta una afectación sobre la componente subterránea que debe ser evaluada con el modelo de aguas subterráneas. En la Tabla 5-12 se presenta el resumen del balance hídrico para cada uno de los SHACs presentes en el dominio activo de modelación. En apéndice 11 del Anexo H, se presenta la serie completa para cada una de las componentes.

**Tabla 5-12: Resumen del balance de masa para SHAC presentes en el dominio de modelación, Esc. 2. Considerando el período enero 2016 a marzo 2048.**

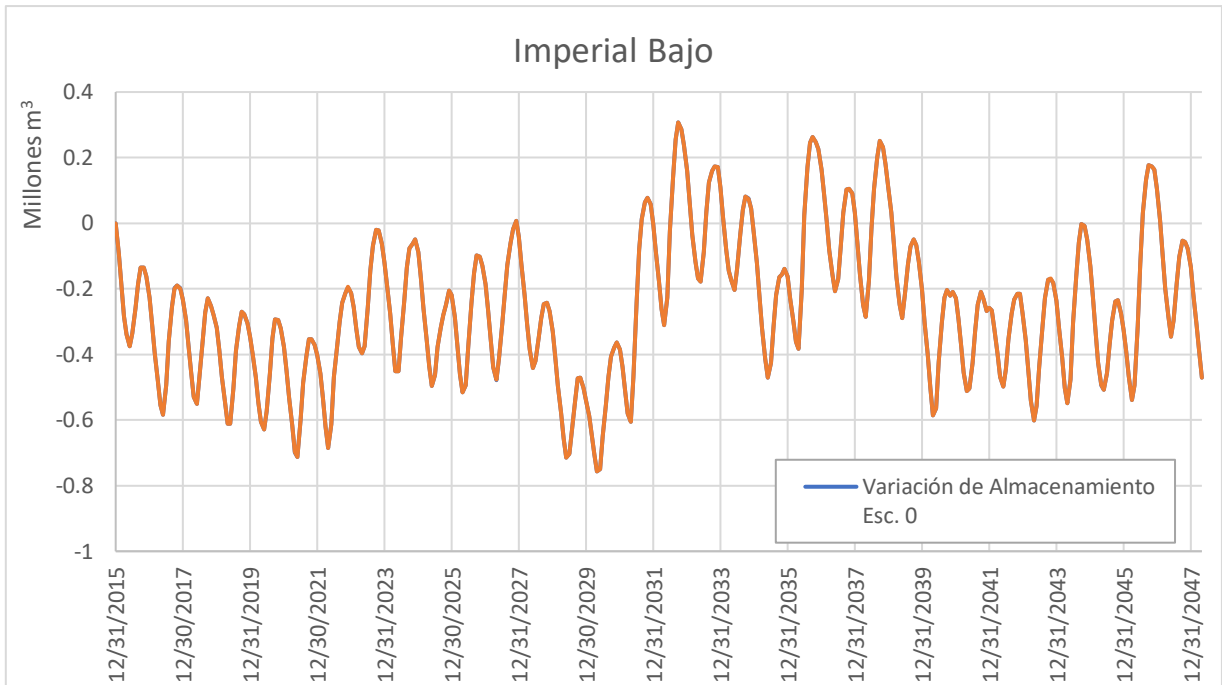
Componente del Balance	Imperial Bajo	Purén	Cautín	Cholchol	Ríos Colpi Quillén
Entrada Nivel Cte. (l/s)	12,1	0	27213,1	0	1423,6
Salida Nivel Cte. (l/s)	1,6	0	8942,3	0	586,9
Entrada río (l/s)	338	443,4	6881,6	598,3	1822,3
Salida río	1798,3	502,2	38098,6	3186,4	7631,3
Salida dren (l/s)	1258,9	0	25106,4	0	9749,9
Entrada lateral (l/s)	0	0	521,4	243,7	153,4
Salida bombeo (l/s)	135,5	0	4171,2	128,8	487,8
Entrada recarga (l/s)	1614,8	52,3	44384,6	3972,4	16816,0
Desde Imperial Bajo	0,0	0,0	385,3	54,3	0,0
Hacia Imperial Bajo	0,0	0,0	1649,0	5,8	0,0
Desde Purén	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4
Hacia Purén	0,0	0,0	0,0	1,6	13,6
Desde Cautín	1649,0	0,0	0,0	321,8	557,2
Hacia Cautín	385,3	0,0	0,0	1167,6	3044,6
Desde Cholchol	5,8	1,6	1167,6	0,0	723,8
Hacia Cholchol	54,3	0,0	321,8	0,0	15,7
Desde ríos Colpi Quillén	0,0	13,6	3044,6	15,7	0,0
Hacia ríos Colpi Quillén	0,0	8,4	557,2	723,8	0,0
Hacia Cuenca río Toltén	0,0	0,0	2653,8	0,0	0,0

Fuente: Elaboración Propia

En Figura 5-12 a Figura 5-16, se presenta la variación de almacenamiento estimada para ambos escenarios construidos (escenarios 0 y 2), en cada una de las SHAC presentes en el área de modelación.

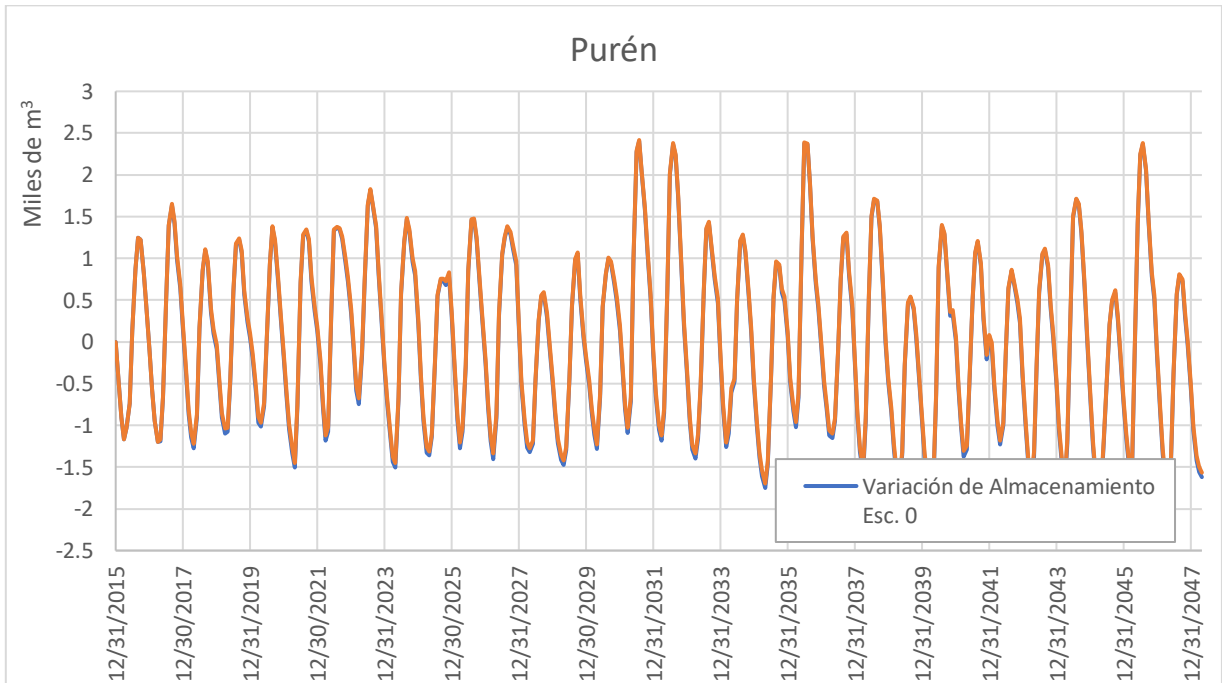
Se puede ver que la variación de almacenamiento para las SHAC Imperial Bajo, Purén y Cautín prácticamente no presentan diferencias entre escenarios, mientras que para Cholchol y Ríos Colpi Quillén se observa un incremento en la variación del almacenamiento del Escenario 2 respecto al escenario 0, lo que se corresponde con el mayor riego y consecuente mayor infiltración al acuífero.

Es importante destacar que, dada la incertidumbre asociada a la capacidad real de almacenamiento del acuífero, estos resultados deben considerarse en forma cualitativa hasta que se cuente con información suficiente para realizar una calibración transiente del sistema acuífero que permita cuantificar con mayor certeza el volumen almacenado del recurso.



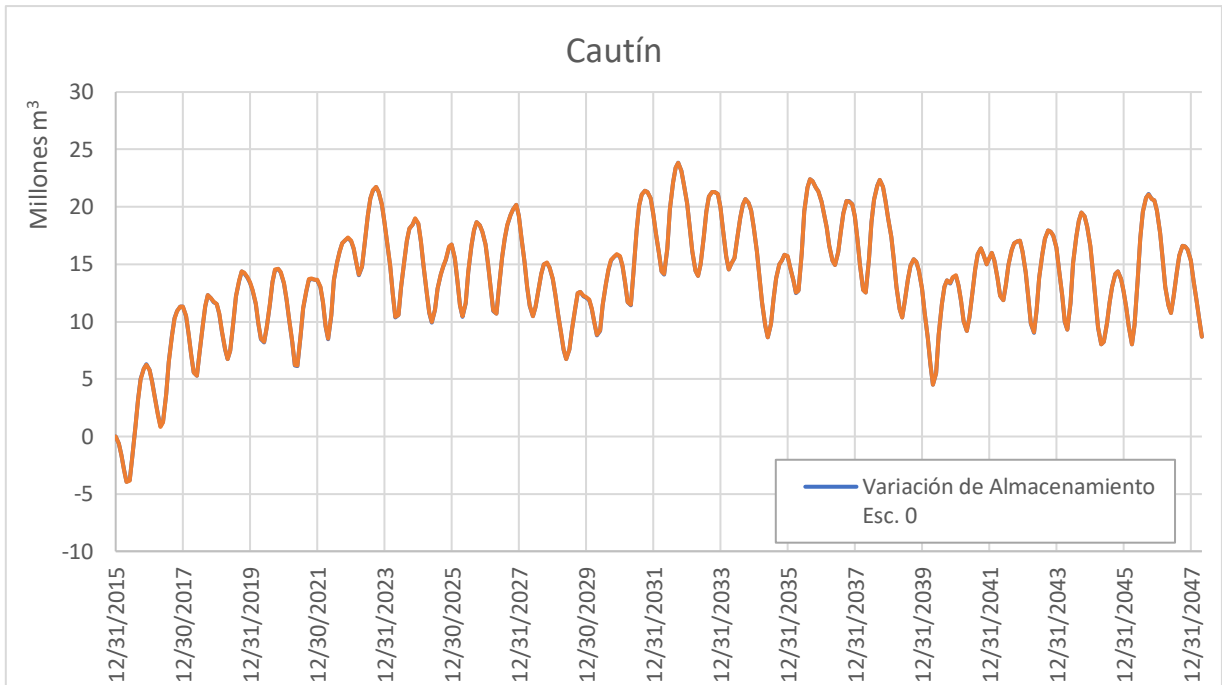
**Figura 5-12: Variación de almacenamiento, Imperial Bajo**

Fuente: Elaboración propia.



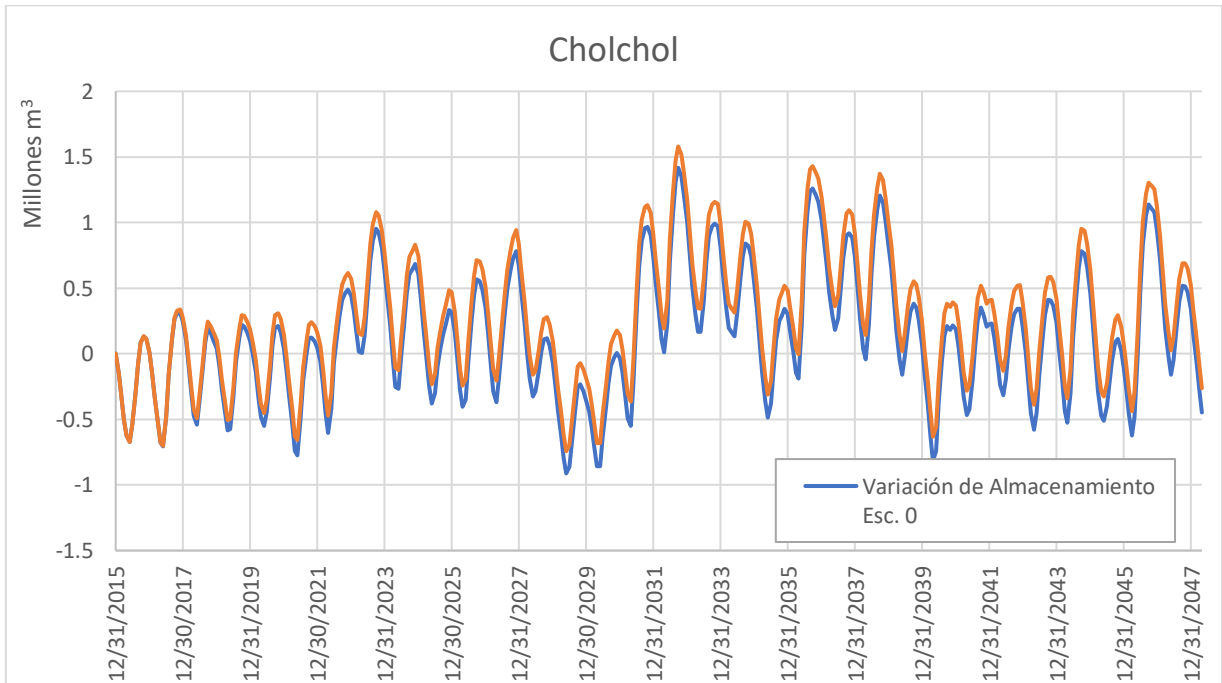
**Figura 5-13: Variación de almacenamiento, Purén**

Fuente: Elaboración propia.



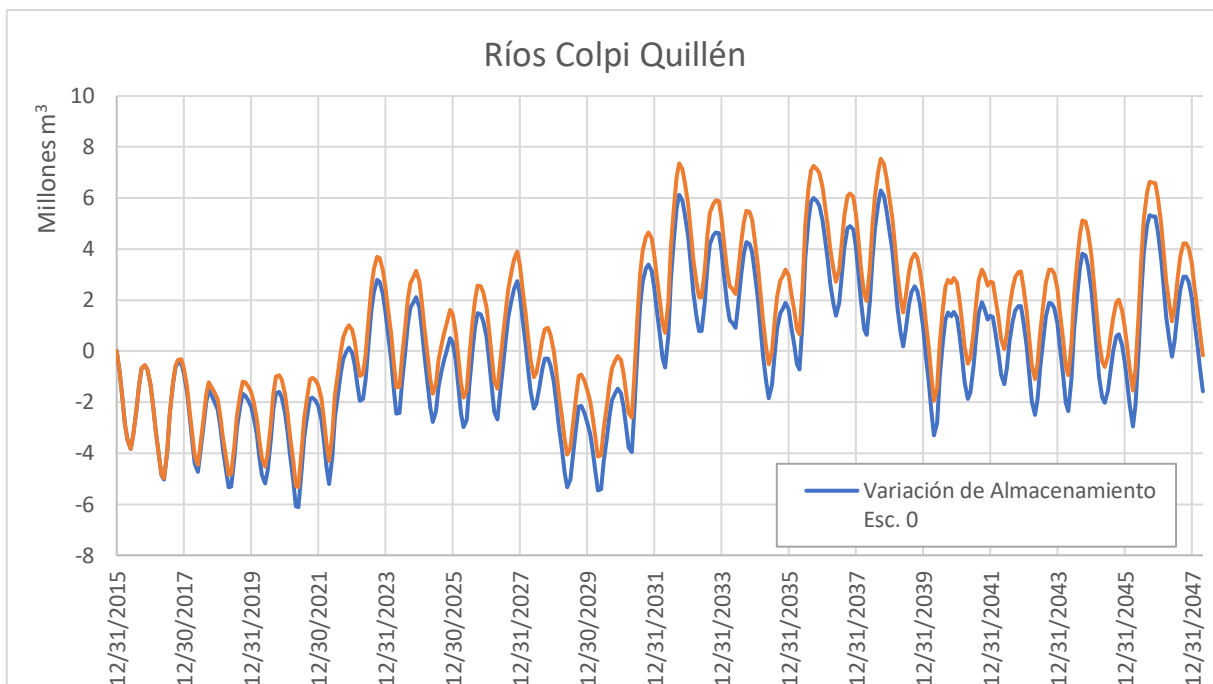
**Figura 5-14: Variación de almacenamiento, Cautín**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-15: Variación de almacenamiento, Cholchol**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-16: Variación de almacenamiento, ríos Colpi Quillén**

Fuente: Elaboración propia.

## 5.5 Brechas de modelación

### 5.5.1 Aguas superficiales

Las brechas de modelación identificadas para la cuenca de Imperial se pueden resumir en los siguientes aspectos principales:

- i. Escasa información sobre extracciones georreferenciadas. Lo ideal es poder contar con un catastro de extracciones actualizado, verificado en terreno.
- i. Escasa información actualizada sobre infraestructura de riego (canales, tranques, etc.) georreferenciada.
- ii. Escasa y desactualizada información sobre ubicación y extensión de superficie regada.
- iii. No existen estaciones fluviométricas en el tramo bajo del Imperial, específicamente en el tramo entre la confluencia de los ríos Cautín y Cholchol y la desembocadura en el mar. Es importante poder controlar este tramo ya que en él se resumen los balances de la cuenca completa.
- iv. La modelación del Agua Potable Urbana puede ser mejorada incorporando la presencia de las plantas de tratamiento y separando el proceso completo mediante 3 nodos: uno para la planta de Potabilización, uno para la ciudad

propriadamente tal y un tercer nodo para la planta de tratamiento (para lo cual WEAP ya posee el elemento específico "Wastewater Treatment Plant").

- v. Las zonas de riego modeladas como Demand Site, en el formato original de WEAP, no permite ligar las demandas de riego con el clima de forma interna en el modelo. Por otro lado, si se modelan con la opción "Catchment with irrigation" se pierde control sobre los requerimientos de los cultivos ya que bajo esa modalidad el modelo se basa en la humedad del suelo para priorizar el riego, por lo que habría que calibrar ese proceso para que coincida con los cálculos de la demanda. Una adecuada forma de modelarlo sería internalizar el proceso del cálculo de la demanda de riego dejándolo inmediatamente ligado a las variables del clima que lo determinan.
- vi. La modelación de las centrales hidroeléctricas de pasada, idealmente se debe realizar usando los caudales de diseño de dichas centrales, los cuales no necesariamente son iguales al caudal de DAA, comúnmente son menores. Esto implica que los caudales de generación resultantes del modelo actual estarían sobreestimando la producción energética. Este aspecto puede ser corregido mediante la incorporación del caudal de operación o diseño de cada central.
- vii. No existe información en calidad y/o estructura suficiente para modelar otros usos de menor relevancia tales como el turístico, acuícola, industrial, etc. Todo lo asociado a esta brecha se puede solucionar adoptando el enfoque que se explica en el siguiente punto.
- viii. En general el enfoque de "usos" no es adecuado para la modelación. Es preferible usar el enfoque basado en "extracciones" ya que estas se pueden catastrar y georreferenciar y también ligar a su respectivo DAA, tras lo cual recién se le puede asignar un uso. Existen industrias, por ejemplo, que se abastecen de la red de agua potable, de canales de riego o pozos. En el primer caso, el caudal ya se encuentra contabilizado como "agua potable", en el segundo caso como "riego" y en el tercer caso podría asignado a un uso "industrial" siempre y cuando el DAA esté solicitado para ese uso. Ante esto existe un largo camino por recorrer en este aspecto para la mejora de las herramientas de modelación.

El poder abordar estas brechas impactaría positivamente en la mejora de la herramienta de modelación que ha sido construida en el marco del presente estudio.

### 5.5.2 Aguas subterráneas

Las brechas en la modelación de aguas subterráneas identificadas para la cuenca de Imperial son de mayor relevancia que las detectadas para la modelación de aguas superficiales y se pueden resumir en los siguientes aspectos principales:

- i. El modelo base utilizado para este estudio (Arcadis 2016) cubre el tramo central de la cuenca del río Imperial y no considera en el área activa de modelación, los sectores occidental y oriental de la cuenca, en particular, la desembocadura del río Imperial, el valle Purén-Lumaco y las nacientes de los ríos Cautín y Quepe. En estos sectores, se detecta escasa o nula información fundamental para la construcción y alimentación del modelo, vale decir, profundidad del basamento, geometría acuífera, parámetros hidráulicos y niveles de agua subterránea. Para perfeccionar la construcción de un modelo hidrogeológico que represente y simule de manera adecuada y robusta el comportamiento de las aguas subterráneas a nivel de cuenca, se hace prioritario generar información básica en los sectores extremos de la cuenca, la que debe incluir como base campañas geofísicas con TEM y loop mínimo de 200 m, monitoreo de niveles, pruebas de bombeo y análisis de calidad de agua que consideren como mínimo medición de parámetros fisicoquímicos generales, cationes y aniones mayores e isótopos ambientales.
- ii. La información disponible para construir el límite inferior de la zona saturada del modelo subterráneo, vale decir el contacto del relleno sedimentario con el basamento rocoso impermeable, se encuentra en gran parte definido por datos indirectos, a partir de los estudios geofísicos realizados en la porción de cuenca modelada por Arcadis 2016, vale decir, sin información directa de estratigrafía de pozos, los cuales en su gran mayoría están habilitados en el tramo somero del acuífero.

Por otra parte, la geofísica empleada para generar esta información, en el caso del TEM fue insuficiente en alcance ya que no consiguió la penetración de investigación requerida, al emplearse loops pequeños. En el caso de la gravimetría, no existe contraste de densidad entre las rocas volcánicas y sedimentarias antiguas (oligoceno-plioceno) y los sedimentos que rellenan el valle, por lo cual, se sobreestimó la profundidad del basamento. Se observa en algunos sectores, como por ejemplo en la cadena de cerros Ñielol, que la metodología empleada le asignó una condición en profundidad a esta unidad

impermeable en sectores de relieve positivo donde estaba aflorando la roca. Para cubrir esta brecha se deben utilizar metodologías geofísicas que determinen la potencia saturada del medio estudiado, reconociendo el techo del acuífero y el basamento impermeable.

- iii. Considerando el modelo base (Arcadis 2016) para la definición de capas, se hace muy necesario tener información estratigráfica de toda la cuenca, identificando con bastante claridad las unidades acuíferas superior (libre) e inferior (confinada-semiconfinada) separadas por una capa de acuitardo. Los antecedentes utilizados para esta definición de capas corresponden a la medición de niveles estáticos en pozos someros (la mayoría de los datos disponibles) y algunos pozos profundos. Sin embargo, estos datos no son suficientes para establecer esta configuración acuífera, ya que la diferencia de carga hidráulica en un acuífero continuo puede estar dada por el punto donde se encuentra habilitado, situación que se da en zonas de recarga (mayor carga hidráulica en zonas profundas, flujo descendente) o descarga del mismo (mayor carga hidráulica en zonas someras, flujo ascendente). Por lo tanto, para poder tener una mejor definición de las capas del modelo es muy necesario construir pozos estratigráficos y de bombeo, reconocer las distintas unidades y realizar ensayos de bombeo focalizados en cada una de ellas para establecer su conexión hidráulica.
- iv. El modelo base identifica y menciona un caudal subterráneo pasante desde la cuenca del río Toltén hacia la cuenca del río Imperial, esto ocurre en el sector bajo de la cuenca, al poniente de la localidad de Freire y se identifica con la piezometría regional. No obstante ello, para una estimación razonable de la magnitud de este flujo no existe la información requerida para su cálculo. Para cubrir esta brecha se requiere calcular el caudal pasante, para lo cual es necesario: (1) mejorar el conocimiento de la piezometría local y determinar gradiente hidráulico, esto con monitoreo de niveles y, de ser necesario, construcción de piezómetros, (2) definir la sección de acuífero por donde fluye este caudal, para lo cual se debe realizar un perfil geofísico, perpendicular al flujo, y (3) realizar en los pozos del sector pruebas de bombeo para determinar la transmisividad o la permeabilidad media de la sección acuífera.
- v. No existe ningún tipo de información del coeficiente de almacenamiento para las distintas unidades hidrogeológicas reconocidas en la cuenca. Este parámetro es fundamental para la calibración del modelo en régimen transiente y, por

consiguiente, para evaluar condiciones futuras con variaciones en la demanda o escenarios de cambio climático. Para cubrir esta brecha, se hace absolutamente necesario, construir pozos de bombeo y observación habilitados en cada uno de los acuíferos reconocidos en la zona y determinar con pruebas de bombeo de al menos 72 horas de duración, porosidad eficaz, para el caso de medios saturados libres, y almacenamiento específico, en el caso de medios saturados y confinados.

- vi. En el mismo sentido de la brecha anterior, con respecto a la información necesaria para calibrar el modelo en régimen transiente, y con esto simular escenarios futuros, existe escasa data de variación niveles estáticos, con una distribución puntual y acotada en el área del modelo, además de un periodo de registro exiguo (4 años), además de estar afectado, en algunos casos, por el propio bombeo del punto de monitoreo o de pozos vecinos. Para mejorar la calidad y cantidad de estos datos, se hace necesario habilitar o construir pozos, exclusivamente de monitoreo de niveles estáticos, alejados de radios de influencia de otros pozos y con registro continuo, que permitan relacionar las variaciones de la superficie equipotencial con la estacionalidad de los cursos de agua superficial y la demanda de agua subterránea.

El poder abordar estas brechas mediante acciones concretas y específicas según se ha relatado, impactaría positivamente en la mejora de la herramienta de modelación de aguas subterráneas que ha sido construida en el marco del presente estudio.

## **Capítulo 6. Acciones**

### **6.1 Generalidades**

En este capítulo se identifican las potenciales iniciativas a incorporar en el Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la Cuenca del Río Imperial, como resultado de un diagnóstico previo y la evaluación de la cartera de iniciativas actualmente existente, resumiendo cada acción en una ficha resumen identificatoria.

El PEGH se estructurará en torno a 3 ejes, los que buscan dar cumplimiento con los objetivos del plan:

- Eje 1. Monitoreo del Recurso Hídrico.
- Eje 2. Gestión y Gobernanza del Agua.
- Eje 3. Conservación y Protección del Recurso y del Ecosistema Hídrico.

Las acciones se han agrupado según la siguiente temática:

- Obras hidráulicas (OH)
- Medidas de gestión (MG)
- Generación de información (GI)
- Nuevas fuentes de agua (NF)
- Gobernanza (G)

Un aspecto relevante que considerar a futuro es la ausencia en la formulación de los modelos de la componente calidad de agua, aspecto sustantivo para una adecuada formulación de un plan por lo que se debe ahondar en el análisis y propuesta de su integración en los modelos en base de la recopilación y análisis de información y conocimiento de esta variable en la cuenca.

### **6.2 Sobre acciones de Gobernanza**

No obstante, en este capítulo se formulan acciones concretas en base de las brechas detectadas en cada uno de los temas específicos analizados, en el desarrollo del estudio, en lo relacionado con la gobernanza necesaria para una real implementación de una gestión integrada de cuencas, se detectaron importantes y numerosas brechas que cruzan a todas las cuencas del país pero que además tienen también algún grado significancia específica en relación con la cuenca analizada, aun cuando en lo general corresponden a planteamientos generales como Nación y como sociedad. Es por eso que en este acápite se detallan dichas brechas a partir de las cuales se formulan acciones asociadas a esta componente.

Estas brechas, que son estructurales, impiden en definitiva esta gestión integrada que se promociona y divulga, por lo que con una adecuada propuesta de acciones se podría tender a una real y efectiva implementación de este proceso de manera efectiva y sustentable.

#### 6.2.1 Normativa sobre las aguas

Un aspecto importante que debería ser parte de la gestión de los recursos hídricos es el que el uso del agua debe hacerse de forma eficiente, particularmente la agricultura y otros usos intensivos del agua como la explotación de litio en salares, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua y de esta forma descomprimir la creciente demanda sobre este recurso. Enseguida, se debieran revisar las normativas sectoriales al respecto de manera de hacer operativa esta condición de eficiencia en el uso del agua por parte de todos los sectores interesados. En un esquema de gestión integrada, al ente regulador de las aguas debiera caberle un rol más importante y relevante que llevar a cabo la implementación de un mecanismo de mercado en un marco de gestión de un recurso del que dependen todas las actividades económicas y no económicas de una cuenca, considerando usos y aspectos prioritarios del agua en función de la vocación y característica de cada cuenca. En el Anexo J 1-1 se acompaña un análisis más detallado respecto a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

#### 6.2.2 Caudal ecológico mínimo y caudal ambiental

El tema del caudal ecológico mínimo de la DGA y el caudal ambiental del SEA en proyectos que se someten a evaluación lo que, en términos de efectividad, ameritan que se haga un análisis y se adopten los ajustes normativos y legales que correspondan.

En efecto, la DGA tiene dos instancias para evaluar caudal ecológico: una es a través del proceso de constitución de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, que corresponde a su competencia sectorial, denominado en la DGA como "caudal ecológico

mínimo”<sup>7</sup>; y su segunda competencia que es ambiental a través de la evaluación ambiental de proyectos en el marco del SEIA, denominado “caudal ambiental”<sup>8</sup>.

Los mecanismos para su determinación se encuentran estipulados a través de Decretos o guías, que en el caso del caudal ecológico mínimo corresponde aplicar el Decreto N°71 de fecha 30 de septiembre de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, caudal que se establece al momento de la constitución del derecho de aprovechamiento por parte de la DGA, y para el caso del caudal ambiental, su determinación se aborda por el Departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos (en adelante DCPRH) de la DGA, a través de su más actual Minuta Técnica: “Minuta DGA DCPRH N°267/2011” en donde se “Establecen los Criterios y Metodología para la determinación del caudal ecológico en el marco del SEIA”.

Esta brecha se evidencia por cuanto dentro de lo que se busca como gestión integrada del agua en una cuenca, se deben considerar los caudales ambientales de manera de preservar los tramos de río en donde dicho caudal es relevante.

Como se dijo, la DGA tiene dos instancias de evaluación de caudales ecológicos, uno a través del proceso de constituciones y traslados de DAA y otro a través de la evaluación ambiental de proyectos en el marco del SEIA

---

<sup>7</sup> Artículo 129 bis 1 de la Ley 20.017 de 2005, que modificó el Código de Aguas, señala que “al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas 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”.

<sup>8</sup> De manera concordante, el Reglamento del SEIA dispone en su artículo 18 letra i) que el Estudio de Impacto Ambiental deberá contener un Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y/o Compensación, que describirá y justificará las medidas que se adoptarán para eliminar, minimizar, reparar, restaurar o compensar los efectos ambientales adversos del proyecto o actividad. Para tal efecto, dicho Plan estará compuesto, cuando corresponda, por un plan de medidas de mitigación, un plan de medidas de reparación y un plan de medidas de compensación. Y es dentro de este concepto que la autoridad ambiental ha establecido la obligación de respetar caudales ambientales como prevención de que se produzcan efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad del agua y sobre la biota dulceacuícola.

En el SEIA la DGA participa con otros OAECA<sup>9</sup> en la evaluación del caudal ambiental de un Proyecto, no siendo vinculante para el SEA.

Respecto de lo establecido en el Artículo 129 bis 1 del Código de Aguas ya mencionado, agregado por la Ley 20.017, publicada en el Diario Oficial el 15 de junio de 2005, se tiene que ello significa que no todos los titulares de DAA de un cauce están obligados al caudal ecológico mínimo ya que los DAA constituidos de manera previa a la modificación de la norma no tienen dicha modalidad en su título y que corresponde a la gran mayoría de los derechos de agua superficial en las cuencas chilenas, por lo tanto, no están todos obligados a contribuir a la preservación de la naturaleza y protección del medio ambiente. Lo anterior por cuanto la gran cantidad de DAA constituidos de manera previa a dicha norma.

En consecuencia, y atendida esta asimetría en cuanto a la conservación de las aguas, se torna relevante la determinación de caudales ambientales en los proyectos que hacen ejercicio de los DAA y que son causal de ingreso al sistema de evaluación ambiental.

El carácter de definitivo del caudal ecológico que establece la DGA, además captura un monto de agua que no puede utilizarse en un Río o una cuenca en circunstancias que ambientalmente tal vez no se justifica en cantidad, temporalidad y espacialidad y que sólo se justifican en algunos tramos de un río según las condiciones de velocidad y morfología del río tales que generen las condiciones para preservar esos ecosistemas, lo que permitiría una gestión ambientalmente más coherente y sustentable sin comprometer por montos fijos todo un cauce superficial.

El caudal ecológico mínimo corresponde a una definición hidrológica que no considera determinar requerimientos biológicos, comunitarios o ecosistémicos para el curso de agua de que se trate y sus características hidráulicas de manera de determinar una relación adecuada entre el valor biológico y el caudal a preservar.

De lo señalado surge la reflexión de si se justifica fijar un caudal ecológico mínimo/caudal ambiental por parte de dos organismos del Estado, el que determina la DGA, establecido en la resolución que constituye el derecho de aprovechamiento de aguas, y el

---

<sup>9</sup> Organismos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA). Se encuentran estipulados en el Artículo 24 del D.S. N° 40, de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, Órganos que participan en la evaluación de impacto ambiental.

establecido en el proceso de evaluación ambiental que queda consignado en la respectiva RCA que aprueba el proyecto y que es regulado por la Ley 19.300 y su Reglamento.

Por lo anterior, bien vale analizar esta dualidad y proponer que se adopten los ajustes normativos y legales que correspondan, máxime que de la correcta interpretación legal de ambas normas, corresponde que un titular de un DAA con un caudal ecológico mínimo construya las obras que aseguren dicho cumplimiento, sin perjuicio que si también es titular de una RCA que estableció un caudal ambiental a su proyecto, debe construir las obras correspondientes e instalar los sistemas de control y verificación de dicha exigencia.

Se acompaña en Anexo J 1-4 un análisis con mayor detalle sobre este tema.

### 6.2.3 Enfoque y transversalización de género

Una brecha relevante detectada que no es sólo respecto del sector del agua es la relacionada con el enfoque y la transversalización de género, como una medida orientada a generar condiciones de igualdad y equidad para la ciudadanía, lo que lo que debiera llamar a la reflexión y posterior acción por parte del Estado a fin de subsanar estas desigualdades injustificables

En general se tiene una ausencia casi absoluta, con la excepción del INE que entrega data desagregada por género, de información desagregada en temas de agua que permita un análisis de género. Los escasos análisis que pudieron hacerse en el caso de este Plan Estratégico se basaron en separación manual de miles de datos lo que evidencia una brecha gigantesca que impide determinar los sectores a considerar e integrar en el ejercicio de la función pública de los organismos relacionados con la gestión del agua

La desagregación de información que se pudo hacer fue en el caso de las PACs y en el análisis del cobro de patente. No hubo tiempo de incluir nada más, atendido como se dijo, la enorme cantidad de datos a los cuales había que incorporar el campo género.

En el caso de las PACs, se evidencia un desbalance entre hombre y mujeres aun cuando los distintos gobiernos han impulsado su inclusión, La explicación eso es que no han sido suficientes o no ha habido una voluntad política verdadera para que ello ocurra. Lo mismo aconteció en las organizaciones de la sociedad civil y en el sector privado.

Para la adecuada gestión del agua se requiere primero información desagregada que permita diseñar políticas y estrategias orientadas a las personas a fin de que el acceso al agua y su uso productivo sea más eficiente y efectivo.

En el caso de la distinción entre hombres y mujeres hay una mirada ciega respecto de la información que permita lograr equidad e igualdad social, cultural, económica y ambiental. Las mujeres siguen marginadas a actividades de gestión del agua a nivel local y domiciliario sin permitirseles escalar a actividades de gestión de mayor alcance a nivel de las cuencas y acuíferos.

#### 6.2.4 Generación de capacidades y competencias

Otra brecha detectada es la falta de capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales que son necesarias de generar a fin de poder gestionar las aguas con un enfoque integrado.

Como una acción de mediano y largo plazo, aparece como necesario hacer un diagnóstico de las capacidades profesionales existentes en cada cuenca para que en función de ese análisis se generen las acciones necesarias para contar con profesionales suficientemente capacitados en todas las áreas que sean necesarias para la implementación efectiva de los Planes Estratégicos de la DGA. Acciones como promover en las instituciones de educación superior profesiones como las de hidromensor/a por ejemplo, o profesiones que permitan inscribirse como Inspectores/as Ambientales, por dar ejemplos simples, sería un gran avance en lo del monitoreo y medición de las aguas, al igual que otras especialidades que se detecten y sean necesarias de promover y generar.

#### 6.2.5 Actualización conjunta de la modelación cuando hay interacción entre sectores acuíferos

En el análisis del Plan se encuentra que el modelo base subterráneo del Imperial identifica y menciona un caudal subterráneo pasante desde la cuenca del río Toltén hacia la cuenca del río Imperial, esto ocurre en el sector bajo de la cuenca, al poniente de la localidad de Freire y se identifica con la piezometría regional. No obstante, ello, para una estimación razonable de la magnitud de este flujo no existe la información requerida para su cálculo. Para cubrir esta brecha se requiere calcular el caudal pasante, para lo cual es necesario: (1) mejorar el conocimiento de la piezometría local y determinar gradiente hidráulico, esto con monitoreo de niveles y, de ser necesario, construcción de piezómetros, (2) definir la sección de acuífero por donde fluye este caudal, para lo cual se debe realizar un perfil geofísico, perpendicular al flujo, y (3) realizar en los pozos del sector pruebas de bombeo para determinar la transmisividad o la permeabilidad media de la sección acuífera.

Se plantea esto para que en la actualización de la modelación de la cuenca se consideren las actividades señaladas.

### **6.3 Iniciativas**

El presente acápite tiene por objeto identificar las iniciativas o acciones que serán incorporadas en el Plan de Acción de la cuenca del río Imperial. Estas son el resultado del diagnóstico y la Participación Ciudadana previas. Se ha resumido cada acción en una ficha identificatoria (Anexo K1).

Las acciones buscan dar cumplimiento con los objetivos propuestos del PEGH, vistos en el numeral 1.5 del presente estudio, y en lo concreto las acciones buscan asegurar el abastecimiento de agua, tanto superficial como subterráneo, en cantidad y calidad considerando la demanda y las variaciones a la oferta asociadas a la adaptación al cambio climático.

Se han identificado 37 acciones, las que se presentan en la Tabla 6-1. Del total de acciones identificadas 24 fueron levantadas desde el diagnóstico, 5 de las PAC y 11 de las PAC y diagnóstico, en la Tabla 6-2 se presenta a modo resumen el origen de cada acción.

A partir de lo anteriormente indicado es que se observa la relevancia de las actividades PAC en visibilizar problemáticas de la cuenca que no fueron detectadas en el diagnóstico.

**Tabla 6-1. Acciones.**

NUM	ID	TIP O	EJ E	ORIGEN	ACCIÓN
1	OH1	OH	1	Diagnóstico	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.
2	OH2	OH	1	Diagnóstico	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico
3	OH3	OH	2	Diagnóstico	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.
4	OH4	OH	3	Diagnóstico	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.
5	OH5	OH	3	Diagnóstico	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología
6	OH6	OH	2	Diagnóstico	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.
7	OH7	OH	2	Diagnóstico	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.
8	MG1	MG	2	Diagnóstico	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.
9	MG2	MG	2	Diagnóstico	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.
10	MG3	MG	2	Diagnóstico/PAC	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.
11	MG4	MG	2	Diagnóstico	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Púa
12	MG5	MG	2	Diagnóstico	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial
13	MG6	MG	2	PAC	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.

**Tabla 6-1. Acciones.**

NUM	ID	TIPO	EJE	ORIGEN	ACCIÓN
14	MG7	MG	2	PAC	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.
15	MG8	MG	2	PAC	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.
16	MG9	MG	2	PAC	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.
17	MG10	MG	2	Diagnóstico	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.
18	MG11	MG	3	PAC	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.
19	MG12	MG	3	Diagnóstico/PAC	Programa para el desarrollo de material de difusión de las temáticas: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.
20	MG13	MG	1	Diagnóstico	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles
21	MG14	MG	2	Diagnóstico	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.
22	MG15	MG	1	Diagnóstico/PAC	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.
23	MG16	MG	2	Diagnóstico/PAC	Iniciativa de organización de mesa del agua a nivel de cuenca.
24	MG17	MG	3	Diagnóstico/PAC	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.

**Tabla 6-1. Acciones.**

NUM	ID	TIP O	EJ E	ORIGEN	ACCIÓN
25	MG1 8	MG	3	Diagnóstico/PAC	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.
26	MG1 9	MG	3	Diagnóstico/PAC	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.
27	MG2 0	MG	3	Diagnóstico/PAC	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.
28	GI1	GI	1	Diagnóstico	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.
29	GI2	GI	2	Diagnóstico	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.
30	GI3	GI	2	Diagnóstico	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.
31	GI4	GI	2	Diagnóstico	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.
32	NF1	NF	3	Diagnóstico	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.
33	NF2	NF	3	Diagnóstico/PAC	Programa de transferencia para la reutilización del agua residuales.

**Tabla 6-1. Acciones.**

NUM	ID	TIP O	EJ E	ORIGEN	ACCIÓN
34	G1	G	2	Diagnóstico/PAC	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.
35	G2	G	2	Diagnóstico/PAC	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.
36	G6	G	2	Diagnóstico	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua
37	G7	G	2	Diagnóstico	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales para gestionar las aguas con un enfoque integrado.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6-2. Origen de las acciones**

TIPO	ORIGEN			TOTAL
	DIAGNÓSTICO	PAC	PAC/DIAGNÓSTICO	
OH	7	-	-	7
MG	7	5	8	20
GI	4	-	-	4
NF	1	-	1	2
G	2	-	2	4
TOTAL	21	5	11	37

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo 7. Cartera de Iniciativas Propuestas**

En este capítulo se presenta la cartera de iniciativas para el PEGH de la cuenca del río Imperial, con la evaluación económica, social y ambiental, así como la priorización, valorización y cronograma propuesto para la implementación.

### **7.1 Síntesis de la selección de alternativas**

La priorización de las iniciativas, en base a las acciones que componen el PEGH se ha definido en base a: el diagnóstico de la cuenca; los aportes del proceso de PAC; y la opinión experta del equipo consultor.

Con el fin de priorizar las acciones se ha elaborado una evaluación que contempla las componentes económica, ambiental y social.

En el Anexo K2 se presenta la matriz en la cual se categorizan las acciones según ámbito e indica los objetivos del plan que cumple cada una.

### **7.2 Evaluación de las medidas**

#### **7.2.1 Evaluación económica**

Las acciones seleccionadas, corresponden a medidas habilitantes, como estudios y programas y también estructurales como infraestructura hidráulica o hidrométrica, que son necesarias para la gestión de los recursos hídricos.

No obstante, es importante resaltar que, para este tipo de acciones no es siempre posible atribuir beneficios directos o externalidades evaluables, a pesar de que sí contribuyen a obtener información de base o generen capacidades necesarias para los objetivos del Plan de Gestión y su impacto. Por ello, y para tener un indicador económico comparable entre las acciones, la evaluación económica se centra en el enfoque costo eficiencia, utilizando como indicador el valor actual de costos (VAC) y el costo anual equivalente (CAE).

Es importante considerar que la estimación de costos es una aproximación general, basada en referencias de licitaciones, gasto público y/o público-privado. La inversión exacta se debe determinar una vez que se definan los alcances específicos de cada iniciativa, y cuando se desarrollen los estudios de factibilidad y/o detalles correspondientes, lo que permitirá identificar los elementos de costos reales requeridos para la inversión. Las estimaciones acá presentadas son una aproximación referencial que permiten tener un primer acercamiento al costo del Plan. A modo de síntesis, en la Tabla 7-1 se entrega el

VAC y CAE de cada acción, las cuales son ordenadas de mayor a menor costo anual equivalente.

**Tabla 7-1. Resumen de evaluación económica de iniciativas.**

ID	Acción	VAC Mill (\$)	CAE Mill (\$)
OH3	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.	\$1.481	(\$284.37)
MG4	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Pua	\$1.281	(\$245.95)
MG5	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial	\$1.124	(\$215.85)
G6	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua	\$447	(\$85.85)
MG20	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.	\$432	(\$82.97)
MG16	Iniciativa de organización de mesa del agua a nivel de cuenca.	\$427	(\$82.01)
OH5	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología	\$329	(\$63.18)
MG1	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.	\$324	(\$62.31)
MG17	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.	\$304	\$ 58,3
G7	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales que son necesarias de generar a fin de poder gestionar las aguas con un enfoque integrado.	\$240	\$ 46,15
OH6	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.	\$238	\$ 45,79

**Tabla 7-1. Resumen de evaluación económica de iniciativas.**

ID	Acción	VAC Mill (\$)	CAE Mill (\$)
MG10	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.	\$234	\$ 44,86
GI1	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.	\$212	\$ 40,69
GI3	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.	\$206	\$ 39,54
MG2	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.	\$185	\$ 35,61
OH7	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.	\$183	\$ 35,23
GI4	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.	\$173	\$ 33,32
GI2	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.	\$160	\$ 30,76
MG8	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.	\$157	\$ 30,24
MG7	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.	\$152	\$ 29,2
OH4	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.	\$144	\$ 27,58
MG19	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.	\$122	\$ 23,38

**Tabla 7-1. Resumen de evaluación económica de iniciativas.**

ID	Acción	VAC Mill (\$)	CAE Mill (\$)
G1	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.	\$120	\$ 23,07
OH1	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.	\$114	\$ 21,81
MG9	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.	\$107	\$ 20,62
MG13	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles	\$107	\$ 20,5
MG18	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.	\$102	\$ 19,54
MG14	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.	\$100	\$ 19,27
NF1	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.	\$67	\$ 12,81
NF2	Programa de transferencia para la reutilización del agua residuales.	\$67	\$ 12,81
MG3	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.	\$63	\$ 12,18

**Tabla 7-1. Resumen de evaluación económica de iniciativas.**

ID	Acción	VAC Mill (\$)	CAE Mill (\$)
MG11	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.	\$60	\$ 11,54
OH2	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico	\$50	\$ 9,62
MG6	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.	\$39	\$ 7,57
G2	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.	\$23	\$ 4,49
MG12	Programa para el desarrollo de material de difusión de la temática: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.	\$20	\$ 3,79
MG15	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.	\$6	\$ 1,22

Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva del VAC y CAE, las alternativas de solución evaluada que presentan el menor valor son las más convenientes, desde el punto de vista técnico económico, estas se refieren a la necesidad de implementar programas de fiscalización de la DGA, como también el diagnóstico de la disponibilidad hídrica para reservar derechos para usos extractivos y/o caducar los que están sin uso.

Desde la perspectiva de los costos de las iniciativas, las acciones con mayor costo representan una mayor inversión anual. Para la cuenca del Río Imperial estas acciones tienen que ver con levantamiento de información y estudios para desarrollar infraestructura hidráulica, como es el caso del Embalse Cautín y los canales de regadío Vertientes Pua y Canal Imperial, medidas habilitantes para hacer uso del agua para fines agrícolas principalmente.

A continuación, en la Tabla 7-2 se presentan los resultados agregados según línea de acción, donde se puede apreciar las acciones con el menor valor del VAC y CAE, y las que tienen los mayores costos totales evaluados a través de estos indicadores técnicos económicos.

**Tabla 7-2. Resumen evaluación económica por tipología de acciones.**

Tipología	VAC (Millones de \$)	CAE (Millones de \$)
G	830	159,6
OH	2.538,5	487,6
MG	5.346,4	1.026,9
GI	751,3	144,3
NF	133,4	25,6

Fuente: Elaboración propia.

Las alternativas de solución evaluadas, que son más convenientes, desde la perspectiva de los costos, son las que presentan menor valor actual de costos VAC, donde se destacan las Nuevas Fuentes (NF) y la Generación de Información (GI). Estos grupos de acciones, en su mayoría estudios y levantamiento de información, permite generar alternativas de acceso al recurso hídrico, como también levantamiento de información primaria relevante, especialmente en lo referido a las aguas subterráneas.

Respecto a los mayores costos, se identifican las acciones de Medidas de Gestión (MG), se asocia a una mayor cantidad de acciones en ámbitos de Medidas de Gestión en la cuenca. Las 8 iniciativas, vinculadas a las Obras Hidráulicas, son las segundas con mayor costo, cuestión común en la infraestructura hidráulica.

### 7.2.2 Evaluación social

La presente evaluación social de las acciones o cartera de iniciativas elaboradas para el PEGH de la cuenca del río Imperial, tiene como base la síntesis del proceso de participación ciudadana que incluye el "Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Imperial" (Ayala et al., 2001) junto con los resultados de las actividades PAC del presente PEGH expuestos en el capítulo 2.6 Gobernanza (para más detalle ver Anexo I: Participación Ciudadana (PAC)).

La metodología consistió en vincular cada una de las acciones de la cartera del PEGH con uno de los temas relevantes identificados en los discursos de los actores que participaron en los diversos procesos PAC; tal como se expone en el capítulo 4 del Anexo I: Participación Ciudadana (PAC). Cada acción fue puntuada de acuerdo a la cantidad de veces en que la temática relacionada fue mencionada directamente por los actores PAC, dicho valor se sumó al valor ponderado (en un 20%) del ámbito general en que se inscribió dicha acción. Se denominó Valor Subcategoría al tema aludido directamente y Ponderación Categoría al entorno en que se encuentra inserto.

En tal sentido, el índice refleja las principales preocupaciones identificadas en los discursos de los actores de la cuenca del río Imperial. Es decir: i) la necesidad de construir obras hidráulicas (46 menciones), ii) cuidado del medio ambiente (44 menciones) y iii) problemas de gobernanza (22 menciones).

Tal como lo indica la Figura 2-34, los discursos de los diferentes actores analizados señalan que no hay suficientes sistemas de almacenamiento (embalses u otros) destinados a acumular agua lluvia para el verano. En particular en la zona norte de la cuenca, es decir las comunas de Victoria, Lautaro y Traiguén, ya que son suelos poco profundos, que requieren obras de riego que den solución al problema social existente en la zona. El agua subterránea aparece como una alternativa hasta que se haga un embalse u otros sistemas de almacenamiento. Por otro lado, también aparece como importante sensibilizar a la población sobre la relevancia del agua en el cuidado del Medio Ambiente. Al respecto, los actores manifestaron la necesidad de fijar los deslindes de los ríos y lagos en terrenos de bienes nacionales de uso público, la necesidad de elaborar un catastro de humedales y la construcción de estructuras para la conservación de suelos y la protección de las riberas. Asimismo, diversos actores vinculados a comunidades indígenas propusieron la recuperación de suelos mediante un gran proyecto de forestación de la cuenca, comenzando por plantar una franja de 40 metros de bosque nativo en ambos lados de los cursos de agua para la recarga de los acuíferos. Por otro lado, los actores públicos destacaron la importancia de regular los cauces naturales, para evitar la contaminación, las extracciones e intervenciones ilegales, así como también, proteger y conservar los ecosistemas hídricos pues son los que resguardan el desarrollo productivo. Por su lado, los actores de la sociedad civil llamaron a respetar el caudal ecológico y a recuperar playas y parques aledaños a los cursos de agua para la recreación de la población, y denuncian la extracción indiscriminada de áridos en los ríos y la destrucción de humedales en los ríos.

El cruce de estas temáticas con las acciones contempladas en el PEGH permitió clasificarlas dentro de un ranking o índice social, el que se presenta a continuación.

**Tabla 7-3. Evaluación Social de Acciones o Iniciativas en la cuenca del río Imperial.**

ID	HORIZONTE	CATEGORÍA y SUBCATEGORÍA	PONDERACIÓN CATEGORÍA (20%)	VALOR SUB-CATEGORÍA	ÍNDICE SOCIAL
MG4	Mediano	Obras 47 (Riego 15)	9,2	15	24,2
MG5	Mediano	Obras 47 (Riego 15)	9,2	15	24,2
OH3	Largo	Obras 47 (Embalse 14)	9,2	13	22,2
OH6	Largo	Obras 47 (Embalse 14)	9,2	13	22,2
OH7	Mediano	Obras 47 (Embalse 14)	9,2	13	22,2
MG14	Mediano	Medio Ambiente 45 (Cuidado de Ecosistemas 13)	8,8	13	21,8
MG19	Mediano	Medio Ambiente 45 (Cuidado de Ecosistemas 13)	8,8	13	21,8
MG20	Corto	Medio Ambiente 45 (Cuidado de Ecosistemas 13)	8,8	13	21,8
NF1	Mediano	Medio Ambiente 45 (Cuidado de Ecosistemas 13)	8,8	13	21,8
MG3	Mediano	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4

**Tabla 7-3. Evaluación Social de Acciones o Iniciativas en la cuenca del río Imperial.**

ID	HORIZONTE	CATEGORÍA y SUBCATEGORÍA	PONDERACIÓN CATEGORÍA (20%)	VALOR SUB-CATEGORÍA	ÍNDICE SOCIAL
MG7	Corto	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
MG15	Corto	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
MG16	Largo	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
MG18	Corto	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
G2	Mediano	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
G6	Mediano	Gobernanza 22 (Institucional 11)	4,4	11	15,4
MG10	Corto	Medio Ambiente 45 (Educación 4)	8,8	4	12,8
MG12	Mediano	Medio Ambiente 45 (Educación 4)	8,8	4	12,8
MG17	Mediano	Medio Ambiente 45 (Educación 4)	8,8	4	12,8
NF2	Mediano	Medio Ambiente 45 (Educación 4)	8,8	4	12,8

**Tabla 7-3. Evaluación Social de Acciones o Iniciativas en la cuenca del río Imperial.**

ID	HORIZONTE	CATEGORÍA y SUBCATEGORÍA	PONDERACIÓN CATEGORÍA (20%)	VALOR SUB-CATEGORÍA	ÍNDICE SOCIAL
G7	Mediano	Medio Ambiente 45 (Educación 4)	8,8	4	12,8
OH1	Corto	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	4,4	7	11,4
OH2	Mediano	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	4,4	7	11,4
OH4	Corto	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	4,4	7	11,4
OH5	Mediano	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	4,4	7	11,4
MG1	Mediano	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	9,2	2	11,2
MG2	Mediano	Obras 47 (Red Monitoreo 2)	9,2	2	11,2
MG6	Mediano	Gobernanza 22 (Local 7)	9,2	2	11,2
MG8	Corto	Gobernanza 22 (Local 7)	9,2	2	11,2
MG9	Corto	Gobernanza 22 (Local 7)	9,2	2	11,2
MG13	Largo	Gobernanza 22 (Local 7)	9,2	2	11,2
G1	Mediano	DAA 20 (Gestión 6)	4	6	10
G4	Mediano	DAA 20 (Gestión 6)	1,8	6	7,8

**Tabla 7-3. Evaluación Social de Acciones o Iniciativas en la cuenca del río Imperial.**

ID	HORIZONTE	CATEGORÍA y SUBCATEGORÍA	PONDERACIÓN CATEGORÍA (20%)	VALOR SUB-CATEGORÍA	ÍNDICE SOCIAL
GI1	Mediano	Balance Hídrico 9 (Aguas Subterráneas 6)	1,8	6	7,8
GI2	Mediano	Balance Hídrico 9 (Aguas Subterráneas 6)	1,8	6	7,8
GI3	Mediano	Balance Hídrico 9 (Aguas Subterráneas 6)	1,8	6	7,8
GI4	Corto	Balance Hídrico 9 (Aguas Subterráneas 6)	4,4	1	5,4
MG11	Mediano	Balance Hídrico 9 (Oferta y Demanda 3)	1,8	3	4,8

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones con mayor puntaje o índice social (24,2 puntos) son las acciones relacionadas con obras de riego en los sectores de Vertiente - Pua (MG4) y Temuco - Imperial (MG5), seguidas de las obras de acumulación (22,2 puntos) como la del embalse en el río Cautín (OH3) y los diagnósticos para identificar nuevas obras de acumulación que permitan tanto la regulación estacional (OH6) como la regulación corta del agua (OH7).

Un segundo grupo de iniciativas con alto puntaje son aquellas vinculadas al medio ambiente (21,8 puntos), tales como la creación de un comité de expertos capaz de formular normas de calidad de agua específicas para los diferentes sectores de la cuenca (MG14), la implementación de un programa de transferencia tecnológica para la restauración ambiental (MG19), el apoyo a iniciativas privadas de conservación y protección del agua

(MG20) y el estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común (NF1).

Finalmente, un tercer grupo priorizado por el índice social (15,4 puntos) son la capacitación de los profesionales de la DGA Regional (MG3), la actualización del Catastro de Usuarios y de OUs (MG7), la contratación de fiscalizadores con atribuciones sancionatorias (MG15), la implementación de un organismo único de gestión hídrica a nivel de cuenca (MG16), el plan de fiscalización ampliado (MG18), los cambios normativos que fomenten el uso eficiente del agua (G2) y la incorporación transversal de la equidad de género en la gestión hídrica (G6).

Nos parece importante relevar que los resultados del índice de Evaluación Social son concordantes con los resultados de la Encuesta On-Line. En tal sentido, respecto a las obras hidráulicas requeridas para la protección del medio ambiente y la sustentabilidad de la cuenca, la principal opción seleccionada en la Encuesta On-Line fue la "Construcción de obras de acumulación de aguas como embalses, tranques, humedales artificiales, etc.". Sobre la forma de abordar "la actual escasez de agua para cubrir los requerimientos básicos, como agua potable, agricultura y ganadería familiar o de subsistencia", los encuestados escogieron mayoritariamente la alternativa "Construir obras como pozos profundos, embalses, mejorar las redes de agua potable existentes, mejorar canales de riego, infiltrar napas subterráneas, etc."

Con respecto al cuidado del medio ambiente, las acciones más relevantes y urgentes de ejecutar, según la Encuesta On-Line, fueron "Redefinir y resguardar, en concordancia con criterios locales, el caudal ecológico y/o ambiental requerido para mantener los cuerpos de agua en cantidad y calidad para la preservación del ecosistema", junto con "Identificar, proteger y conservar ecosistemas hídricos como humedales, cauces naturales y territorios con alto valor ancestral" y "Programas de educación ambiental y transferencia tecnológica a organizaciones locales para la protección, mantención y recuperación de ecosistemas vulnerables".

Sobre la calidad de las aguas, la principal acción identificada por los encuestados fue "Aumentar la fiscalización a las fuentes contaminantes. Mayor dotación de personal y con más atribuciones para monitorear, sancionar y exigir cumplimiento de manera inmediata a las empresas infractoras".

Finalmente, según la Encuesta On-Line, la mejor forma de gestionar la cuenca considerando los distintos intereses sería "A través de organizaciones territoriales, públicas,

sociales y/o privadas que tomen en consideración las problemáticas locales”, evidenciando el fuerte interés por una gobernanza con participación local vinculante (para más detalle ver Anexo I: Participación Ciudadana (PAC)).

### 7.2.3 Evaluación ambiental

Como se mencionó anteriormente la cartera de acciones propuesta corresponden a medidas no estructurales, estudios y diagnósticos para levantamiento de información, mejoras en infraestructura, modernización y validación de información oficial e iniciativas de gobernanza que son necesarias para la gestión eficiente de los recursos hídricos. Así mismo se debe resaltar el hecho que este tipo de acciones tienen un carácter general, por ello, y para tener un indicador ambiental entre las acciones, la evaluación ambiental descarta priorizar en función del ingreso de las medidas al SEA ya que son tipologías no listadas en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40). La evaluación ambiental se centra en el enfoque cualitativo, y la puntuación otorgada a cada iniciativa se basa el criterio experto del equipo consultor.

Para la evaluación ambiental se han definido dos indicadores de evaluación: Categoría del Impacto en la protección y conservación de los recursos y Escala del Impacto. Ambos criterios son evaluados en mesa de trabajo con el equipo, consensuando que estos indicadores son representativos para una aproximación válida para evaluación ambiental, teniendo en consideración lo general de las medidas y el carácter de impacto positivo de cada una de ellas.

Para el análisis cualitativo de la Categoría del Impacto en la protección y conservación de los recursos naturales, se considera la siguiente clasificación: neutro (0), bajo (1), medio (2) o alto (3). Se asigna un mayor puntaje si se estima una mayor incidencia directa (positiva) en recursos naturales. Por su parte el indicador basado en la Escala del Impacto tiene relación si la medida o acción propuesta es a nivel Local (3), Regional (2) o Nacional (1), asignado mayor puntuación a las medidas cuyos efectos son locales, es decir a nivel de cuenca o subcuenca. Como se explica en la Tabla 7-4.

**Tabla 7-4. Escala de evaluación cualitativa para Evaluación Ambiental**

CATEGORÍA IMPACTO	Descripción	Puntaje
Impacto Neutro	Acciones o medidas con impacto indirecto en los recursos naturales	0
Impacto Bajo	Programas de monitoreo, estudios, acciones destinadas a recabar información de los recursos naturales en la cuenca	1
Impacto Medio	Proyectos, catastros, obras de mejora para uso eficiente, regulación, fiscalización y/o gestión de los recursos naturales de la cuenca	2
Impacto Alto	Proyectos, programas y medidas con incidencia directa en mantención, recuperación y resguardo de recursos naturales (calidad de aguas, ecosistemas, etc.)	3

ESCALA IMPACTO	Descripción	Puntaje
Local	Medida o acción con injerencia Local a nivel de cuenca o subcuenca involucra recursos y voluntades locales	3
Regional	Medida o acción con injerencia Regional involucra recursos y voluntades de organismos regionales	2
Nacional	Medida o acción con injerencia Nacional involucra recursos y voluntades a nivel de gobierno	1

Fuente: Elaboración Propia.

El puntaje ambiental asociado a cada iniciativa, por indicador o criterio ordenado de mayor a menor se visualiza en la Tabla 7-5. Luego en la priorización de iniciativas se pondera el valor obtenido asignando un peso porcentual normalizado de la variable ambiental tal como se realiza a las evaluaciones social y económica.

**Tabla 7-5. Evaluación Ambiental de Acciones o Iniciativas**

ID	CATEGORÍA IMPACTO	ESCALA IMPACTO	PUNTUACIÓN
MG13	3	3	3
MG18	3	3	3
MG19	3	3	3
MG20	3	3	3
NF2	3	3	3
OH2	2	3	2.5
OH5	2	3	2.5
MG4	2	3	2.5
MG5	2	3	2.5
MG10	2	3	2.5
NF1	2	3	2.5
OH1	1	3	2
OH3	1	3	2
OH4	1	3	2
OH6	1	3	2
OH7	1	3	2
MG2	3	1	2
MG11	1	3	2
MG14	3	1	2
MG15	3	1	2
GI1	1	3	2

**Tabla 7-5. Evaluación Ambiental de Acciones o Iniciativas**

ID	CATEGORÍA IMPACTO	ESCALA IMPACTO	PUNTUACIÓN
GI2	1	3	2
GI3	1	3	2
GI4	1	3	2
MG6	0	3	1.5
MG7	0	3	1.5
MG8	0	3	1.5
MG9	0	3	1.5
MG12	0	3	1.5
MG16	0	3	1.5
MG17	0	3	1.5
G2	2	1	1.5
G7	2	1	1.5
MG1	1	1	1
MG3	0	2	1
G1	0	1	0.5
G6	0	1	0.5

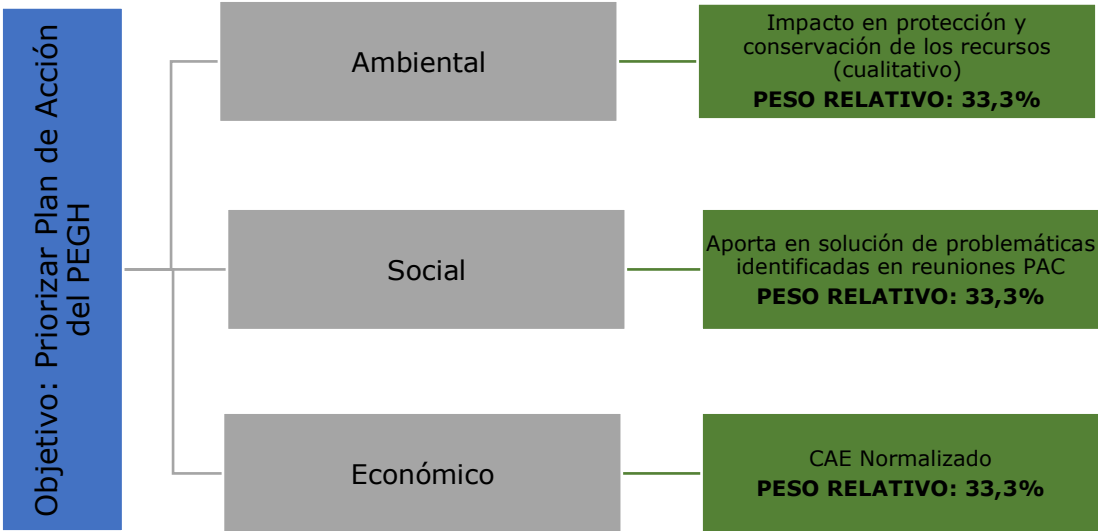
Fuente: Elaboración Propia.

#### 7.2.4 Priorización de las medidas según línea de acción

Dentro del conjunto de líneas de acción estratégicas y las iniciativas que las componen, se ha definido una planificación para su implementación, priorizando aquellas que requieren una especial atención por tratar temas que constituyen la base en la que se apoyarán otras acciones. Para ello se ha procedido a priorizar las acciones atendiendo a una secuencia estratégica de planificación, que a su vez se fundamenta en el diagnóstico realizado en la primera parte del Plan y en las entrevistas con actores relevantes.

El objetivo de la priorización es planificar la ejecución del PEGH en el horizonte previsto como corto, mediano y largo plazo. El Plan se ha definido en 10 años; no obstante, hay acciones contempladas en éste que podrían exceder dicho periodo, y que se consideran estratégicas por cuanto vienen a resolver problemas relevantes en términos de gestión hídrica. Es importante mencionar que la priorización se basa en un análisis de experto de cada componente, las cuales han sido normalizadas de los índices de cada componente y posteriormente se le ha dado el mismo peso a cada componente. Revisar el Anexo K2 donde se presenta la matriz de acciones priorizada y los cálculos realizados en la normalización de los índices económico, social y ambiental.

Para efectos del presente ejercicio y en base a la opinión experta del equipo consultor se ha seguido el esquema de la Figura 7-1.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7-1 Esquema de priorización de iniciativas**

Las puntuaciones asignadas y el resultado de priorización se presentan en la Tabla 7-6 organizadas de mayor a menor prioridad. Aquellas iniciativas con mayor puntaje son las que resultan prioritarias, lo que permite tener un orden referencial para orientar los esfuerzos requeridos para el Plan. Finalmente, en la Figura 7-2 se presenta un diagrama que sintetiza la priorización del plan de acción para la cuenca, según su prioridad y plazo de ejecución.

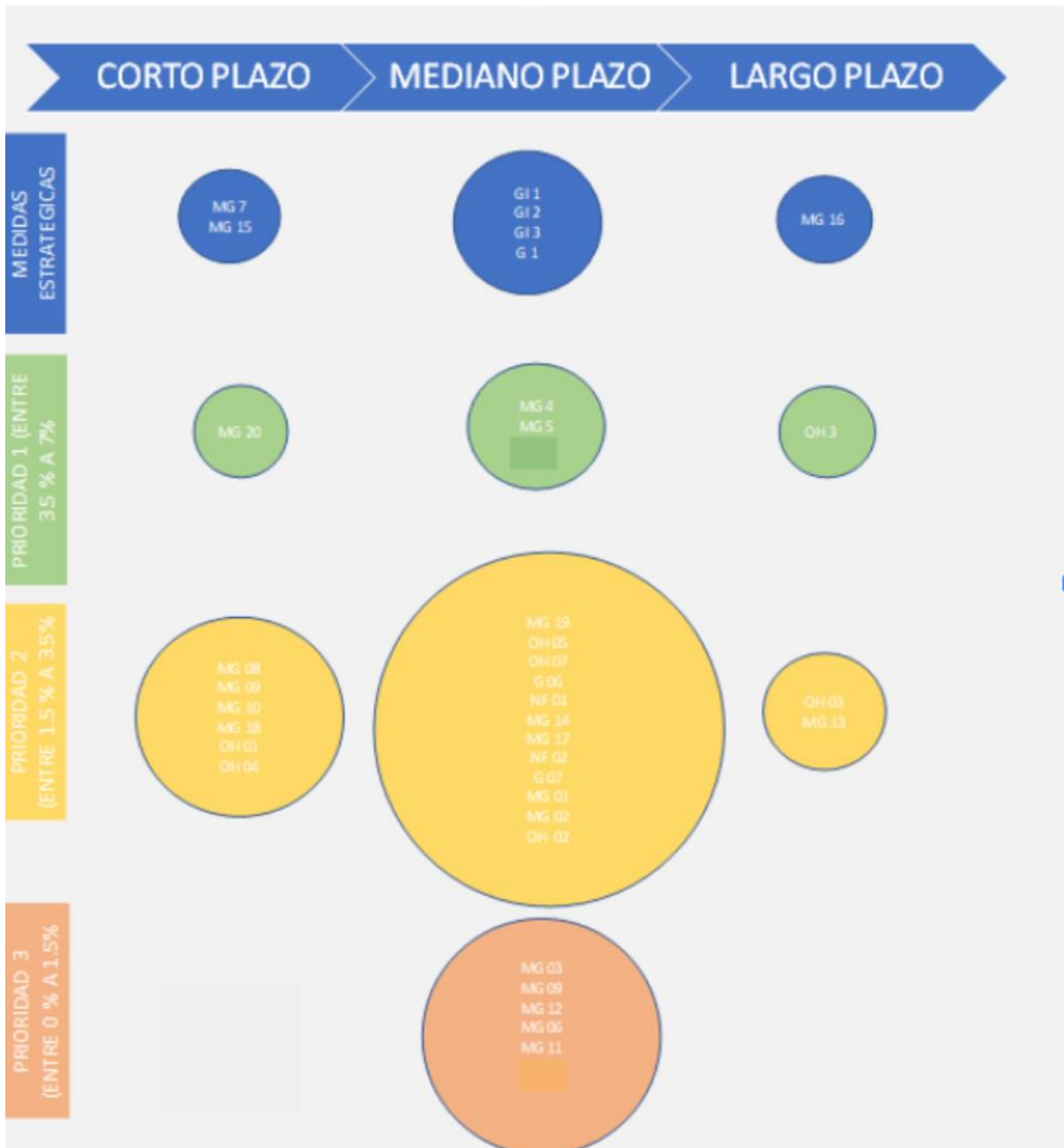
**Tabla 7-6 Resultado de priorización de iniciativas.**

<b>ID</b>	<b>TIPO</b>	<b>EJE</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
MG7	MG	2	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.	1,98%
MG15	MG	1	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.	1,72%
GI1	GI	1	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.	1,95%
GI3	GI	2	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.	1,93%
GI2	GI	2	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.	1,78%
G1	G	2	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.	1,16%
MG16	MG	2	Iniciativa de organización de mesa del agua a nivel de cuenca.	2,87%
OH3	OH	2	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.	6,88%
MG4	MG	2	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Pua	6,55%
MG5	MG	2	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial	6,04%
MG20	MG	3	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.	3,87%
MG19	MG	3	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.	2,86%
OH6	OH	2	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.	2,85%

ID	TIPO	EJE	ACCIÓN	PUNTAJE
OH5	OH	3	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología	2,73%
OH7	OH	2	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.	2,68%
G6	G	2	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua	2,53%
MG10	MG	2	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.	2,51%
NF1	NF	3	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.	2,48%
MG18	MG	3	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.	2,43%
MG14	MG	2	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.	2,38%
MG17	MG	3	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.	2,33%
MG13	MG	1	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles	2,22%
NF2	NF	3	Programa de transferencia para la reutilización del agua residuales.	2,17%
G7	G	2	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales para gestionar las aguas con un enfoque integrado.	2,12%
MG1	MG	2	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.	2,1%
MG2	MG	2	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.	2,06%
OH4	OH	3	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.	1,92%

<b>ID</b>	<b>TIPO</b>	<b>EJE</b>	<b>ACCIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
GI4	GI	2	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.	1,82%
OH1	OH	1	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.	1,82%
OH2	OH	1	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico	1,82%
MG8	MG	2	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.	1,77%
MG9	MG	2	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.	1,61%
G2	G	2	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.	1,57%
MG3	MG	2	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.	1,49%
MG12	MG	3	Programa para el desarrollo de material de difusión de las temáticas: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.	1,41%
MG6	MG	2	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.	1,39%
MG11	MG	3	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.	1,29%

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7-2. Síntesis priorización del Plan de Acción.**

### 7.3 Valorización Económica del plan de gestión

Las medidas contempladas en el presente Plan ascienden a un valor actual de costos de 9.600 Mill (\$), donde todas las acciones están evaluadas a un máximo de 10 años. El

costo anual equivalente CAE total asciende a 1.844 Mill (\$), con las mismas consideraciones de horizonte de evaluación indicadas.

La implementación de las iniciativas consideradas en el presente PEGH dependen principalmente de la inversión fiscal, por lo que toma especial relevancia la estrategia de financiamiento que permita implementar el Plan con éxito. Para ello, se debe tomar en consideración la posibilidad de que las iniciativas se acojan a subsidios y herramientas de política existente, o en su defecto se deberán definir programas específicos acorde a lo planteado en cada medida.

A continuación, las acciones que debe asumir el mandante, y los distintos responsables institucionales, quien deberá asegurar la implementación de la iniciativa a través de la coordinación de distintos actores, asignando presupuesto público, y/o gestionando los fondos y/o programas relacionados.

#### 7.3.1 Acciones ejecutadas por DGA

Para tener una estimación, de lo que significa implementar el Plan de gestión de forma institucional, se realiza una valoración de las acciones propuestas para la DGA, donde se estima un monto de \$3.550 Mill-. Para la realización de 23 acciones.

A continuación, en la Tabla 7-7, se muestran las iniciativas institucionales y sus costos asociados, el desglose de los costos de cada iniciativa y la descripción se encuentra en el Anexo K1.

**Tabla 7-7. Resumen costos iniciativas DGA.**

ID	Acciones DGA	Monto (Millones de \$)
OH1	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.	114
OH2	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico	50
OH4	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.	144
OH5	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología	329
MG1	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.	324
MG2	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.	185
MG3	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.	63
MG7	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.	152
MG8	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.	157
MG9	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.	107
MG11	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.	60
MG13	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles	107

**Tabla 7-7. Resumen costos iniciativas DGA.**

ID	Acciones DGA	Monto (Millones de \$)
MG15	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.	6
MG18	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.	102
MG19	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.	122
GI1	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.	212
GI2	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.	160
GI3	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.	206
GI4	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.	173
NF2	Programa de transferencia para la reutilización del agua residual.	67
G2	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.	23
G6	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua.	447
G7	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales que son necesarias de generar a fin de poder gestionar las aguas con un enfoque integrado.	240
	<b>Total DGA</b>	<b>3.550</b>

Fuente: Elaboración propia.

De las acciones presentadas existe una mayoría, que se encuentra dentro del financiamiento sectorial, sin embargo, otras acciones, se debiesen gestionar recursos extra sectoriales a través de convenios.

Los valores de las iniciativas y el indicador técnico económico CAE, permitió realizar la priorización de las iniciativas desde la perspectiva económica como se muestra en la sección 7.2.4.

### 7.3.2 Acciones ejecutadas por otras instituciones

Respecto a la valorización de las acciones, que corresponden a otras instituciones vinculadas a los recursos hídricos, se estimó un monto de \$6.050 millones para la realización de 14 acciones.

A continuación, en la Tabla 7-8, se muestran las iniciativas institucionales y sus costos asociados, el desglose de los costos de cada iniciativa y la descripción se encuentra en el Anexo K1.

**Tabla 7-8. Resumen de costos de acciones no ejecutadas por DGA.**

ID	Acciones	Ejecutor	Monto (Millones de \$)
OH3	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.	DOH/CNR	1.481
OH6	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.	DOH/CNR	238
OH7	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.	DOH/CNR	183
MG4	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Púa	DOH/CNR	1.281
MG5	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial	DOH/CNR	1.124
MG6	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.	GORE	39
MG10	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.	CORFO/INIA	234
MG12	Programa para el desarrollo de material de difusión de la temática: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.	GORE	20
MG14	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.	MMA	100
MG16	Iniciativa de organización de mesa del agua a nivel de cuenca.	GORE	427

**Tabla 7-8. Resumen de costos de acciones no ejecutadas por DGA.**

ID	Acciones	Ejecutor	Monto (Millones de \$)
MG17	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.	GORE	304
MG20	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.	Congreso Nacional / CORFO	432
NF1	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.	DOH	67
G1	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.	Congreso Nacional	120
	Total		6.714

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones, propuestas para las otras instituciones vinculadas a los recursos hídricos, debiesen vincularse a los planes y recursos sectoriales para su financiamiento.

Se visualiza que existe una participación relevante de la inversión por parte del GORE, LA DOH y la CNR, cuestión que debiese presentarse como convenios con la DGA y las otras instituciones con acciones propuestas.

### 7.3.3 Distribución de costos por actores

En función de los resultados de la evaluación económica y la responsabilidad en la ejecución de las iniciativas, se resume a continuación el VAC y CAE total por institución. Se presentan los resultados en la Tabla 7-9.

**Tabla 7-9. Distribución de costos por actores.**

Institución/es	VAC (Mill. \$)	CAE (Mill. \$)
Congreso Nacional	120	23,07
CORFO/INIA	234	44,86
DGA	1677	326,98
DGA/DOH/CNR	152	29,2
DGA/MMA	144	27,58
DGA/SERNAGEOMIN	173	33,32
DGA/SMA	224	42,91
DOH	67	12,81
DOH/CNR	4307	827,2
Congreso Nacional / CORFO	432	85,85
GORE	790	170,94
MOP/DGA	956	106,35
SISS/DGA	67	12,81
DGA/CNR	157	30,24

Fuente: Elaboración propia.

#### **7.4 Cronograma de las soluciones**

En este acápite se presenta el cronograma de las iniciativas, Tabla 7-10, considerando el horizonte de implementación.

**Tabla 7-10. Cronograma de soluciones**

ID	ACCIÓN	HORIZONTE		
		CORTO	MEDIANO	LARGO
OH1	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.			
OH4	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.			
MG7	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.			
MG8	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.			
MG9	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.			
MG10	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.			
MG15	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.			
MG18	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.			
MG20	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.			
GI4	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.			
OH2	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico			
OH5	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología			

**Tabla 7-10. Cronograma de soluciones**

ID	ACCIÓN	HORIZONTE		
		CORTO	MEDIANO	LARGO
OH7	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.			
MG1	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.			
MG2	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.			
MG3	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.			
MG4	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Púa			
MG5	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial			
MG6	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.			
MG11	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.			
MG12	Programa para el desarrollo de material de difusión de las temáticas: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.			
MG14	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.			
MG17	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.			
MG19	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.			

**Tabla 7-10. Cronograma de soluciones**

ID	ACCIÓN	HORIZONTE		
		CORTO	MEDIANO	LARGO
GI1	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.			
GI2	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.			
GI3	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.			
NF1	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.			
NF2	Programa de transferencia para la reutilización del agua residual.			
G1	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.			

**Tabla 7-10. Cronograma de soluciones**

ID	ACCIÓN	HORIZONTE		
		CORTO	MEDIANO	LARGO
G2	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.			
G6	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua			
G7	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales que son necesarias de generar a fin de poder gestionar las aguas con un enfoque integrado.			
OH3	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.			
OH6	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.			
MG13	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles			
MG16	Iniciativa de organización de mesa del agua a nivel de cuenca.			

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo 8. Implementación del plan**

En el presente capítulo se presentan los principales hitos identificados en la implementación del Plan de Acción, atendiendo a su horizonte (corto, mediano o largo plazo). Seguidamente, se exponen algunas directrices a considerar para el éxito del Plan de Acción, tanto en lo relativo a la estrategia de su implementación como difusión. Finalmente, se incluye un resumen con la identificación de las fuentes de financiación previstas.

### **8.1 Hitos de referencia en la implementación del plan**

A continuación, se presenta a modo resumen la estructura del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la Cuenca del río Imperial (PEGH) y los principales hitos, considerando la variable temporal para las iniciativas asociadas al Plan de Acciones.

#### **8.1.1 Estructura del plan de gestión**

Según lo señalado en el numeral 6.3 del presente estudio, el PEGH se estructura en torno a 3 ejes, y sus acciones se agrupan en 5 tipos. Estas acciones se han ajustan a tres horizontes de acción.

- Horizonte de corto plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo entre 0 a 5 años de implementado el PEGH.
- Horizonte de mediano plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo en plazo mayor a 5 años hasta 10 años de implementado el PEGH.
- Horizonte de largo plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo a más de 10 años de implementado el PEGH.

A continuación, en la Tabla 8-1 se presenta a modo de resumen, las 37 acciones agrupadas por tipo de acción, eje al cual dan cumplimiento y horizonte de ejecución.

**Tabla 8-1. Acciones por eje y horizonte**

Tipo	Corto				Mediano				Largo			Total general
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Total	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Total	Eje 1	Eje 2	Total	
G	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	-	4
GI	-	1	-	1	1	2	-	3	-	-	-	4
MG	1	4	2	7	-	7	4	11	1	1	2	20
NF	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	2
OH	1	-	1	2	1	1	1	3	-	2	2	7
Total general	2	5	3	10	2	14	7	23	1	3	4	37

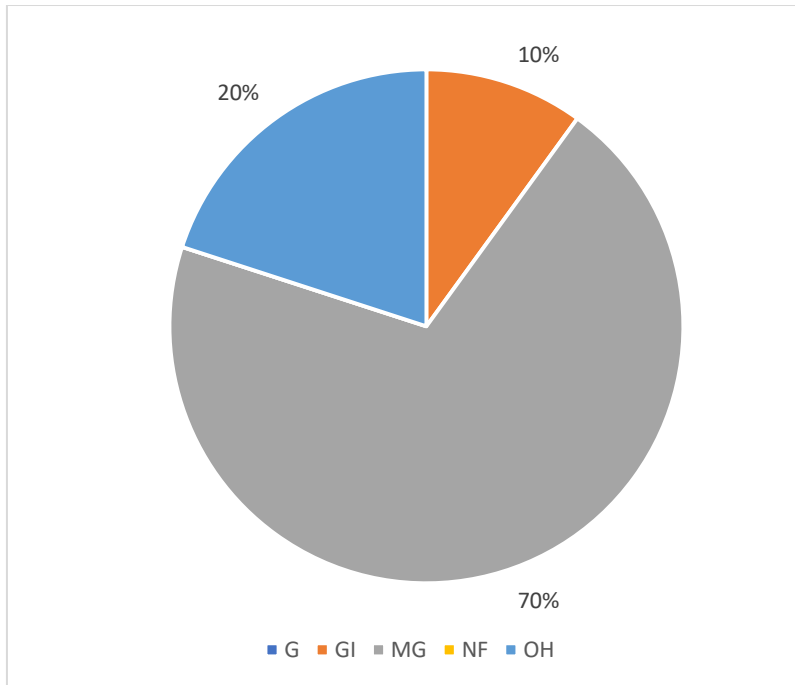
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 8-1, se observa que el 62,5% de las acciones se deberán implementar a mediano plazo, mientras que el 27,0% se implementará a corto plazo y tan solo el 10,8% se contempla para largo plazo.

El 54,1% de las acciones corresponden a Medidas de Gestión, el 10,8% corresponde a medidas de Gobernanza, el 18,9% corresponde a Obras Hidráulicas, el 10,8% corresponde a Generación de Información y el 5,4% corresponde a Nuevas Fuentes.

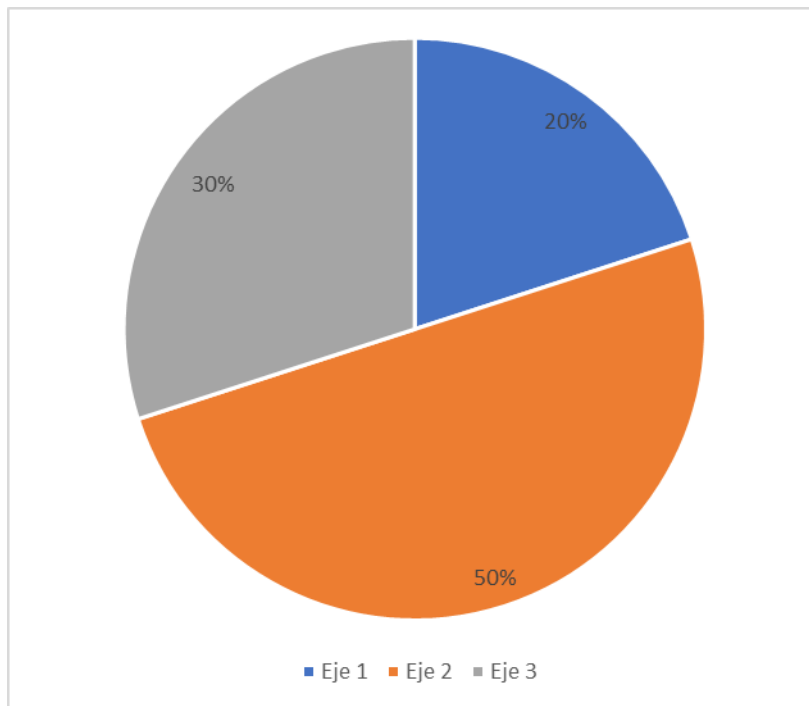
### 8.1.2 Corto plazo

Se cuenta con 10 acciones de corto plazo del PEGH, que incluyen 7 Medidas de Gestión, 2 Obras Hidráulicas y 1 Generación de Información. Con estas acciones se abarcan los 3 ejes que definidos. En la Figura 8-1 y Figura 8-2 se observa cómo se componen las 10 acciones de corto plazo según el tipo de acción y el eje sobre el cual están estructuradas. En la Tabla 8-2 se observa los nombres de las acciones a corto plazo.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8-1. Composición de acciones a corto plazo por tipo**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8-2. Composición de acciones a corto plazo por eje.**

**Tabla 8-2. Acciones a corto plazo.**

ID	ACCIÓN
OH1	Diagnóstico actualizado Red Caudales y Precipitaciones.
OH4	Diagnóstico red de calidad en la Cuenca. Representatividad espacial, cantidad y calidad de información. Técnicas y tecnología de monitoreo.
MG7	Estudio de Catastro de Usuarios y Organizaciones de Usuarios.
MG8	Programa de Fortalecimiento de la OUA del canal Imperial.
MG9	Viabilidad para la conformación de la OUA en Vertientes-Púa.
MG10	Elaboración de programas de transferencia y apoyo al uso eficiente de agua al riego.
MG15	Programa de incorporación de nuevo personal fiscalizador, dotándolos con atribuciones sancionatorias.
MG18	Diseño e implementación de un plan de fiscalización ampliado. Plan de cooperación entre servicios con objetivos afines.
MG20	Iniciativa de incentivos económicos a medidas e inversiones privadas orientadas a la conservación y protección de recursos hídricos.
GI4	Estudios de catastro de pozos y niveles, geofísica para mejoramiento de modelos de aguas subterráneas. Densificación de datos en modelos.

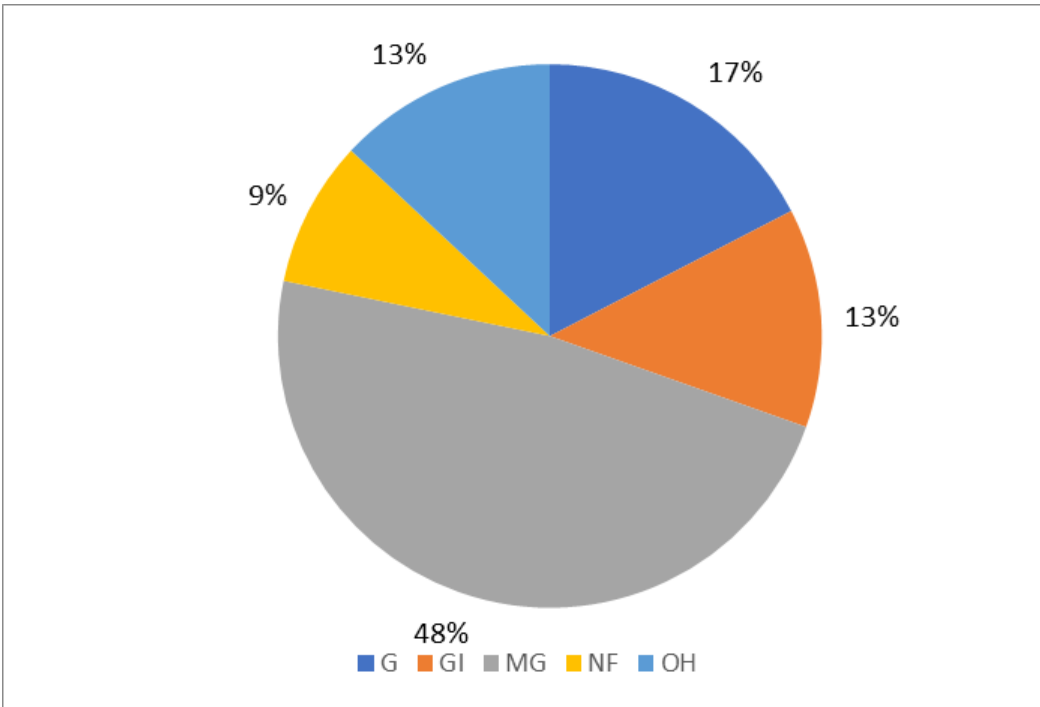
Fuente: Elaboración propia.

Como hito de referencia, destacamos la iniciativa de MG7, esta acción se considera relevante en el sentido de que el plan busca gestionar de forma adecuada los recursos hídricos de la cuenca, y para esto conocer detalladamente los usuarios de la cuenca y sus interacciones con la cuenca y los otros usuarios se consideran por parte del consultor como el punto de partida para el desarrollo del resto de las acciones, por tanto esta información permitirá orientar espacialmente de mejor forma el resto de las acciones.

De igual forma, se considera relevante la acción MG15, ya que a partir de esta se busca contribuir a reforzar la seguridad hídrica, evitando acciones de usurpación de agua, que se han dado en otras cuencas del país, que presentan un estrés hídrico mayor al de la cuenca del Río Imperial.

### 8.1.3 Mediano plazo

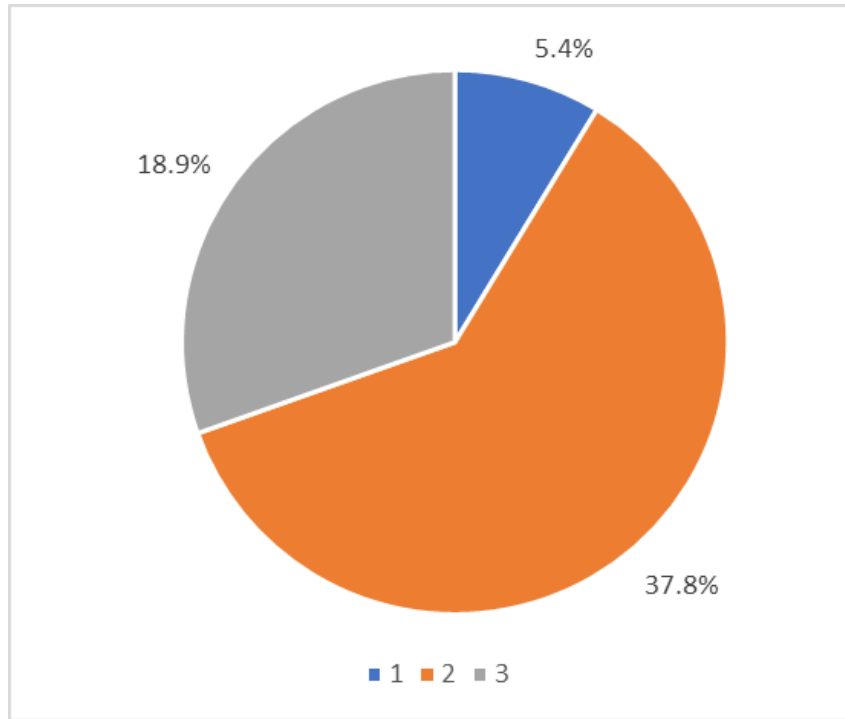
Se cuenta con 23 acciones de mediano plazo del PEGH, que incluyen 11 Medidas de Gestión, 4 de Gobernanza, 3 de Generación de Información, 3 de Obras Hidráulicas y 2 de Nuevas Fuentes, siendo el horizonte que presenta la mayor cantidad de acciones, equivalente al 62,2% del total de acciones. Estas acciones abarcan los 3 ejes definidos. En la Figura 8-3 y Figura 8-4 se observa cómo se componen las 25 acciones de mediano plazo según el tipo de acción y el eje sobre el cual están estructuradas. En la Tabla 8-3 se observa los nombres de las acciones a mediano plazo.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8-3. Composición de acciones a mediano plazo por tipo**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 8-4. Composición de acciones a mediano plazo por eje.**

**Tabla 8-3. Acciones a mediano plazo.**

ID	ACCIÓN
OH2	Diseño y construcción de estaciones fluviométricas y meteorológicas en base a Diagnóstico
OH5	Mejoramiento, reapertura o implementación de nuevos puntos de control de medición de calidad de agua en base al diagnóstico de la cuenca. Incorporación de tecnología
OH7	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Corta.
MG1	Levantamiento, digitalización y sistematización de datos e información general asociada a recursos hídricos.
MG2	Implementación de sistema digital de acceso a la información de recursos hídricos.
MG3	Programa de identificación de brechas de capacitación y herramientas informáticas en DGA Regional.
MG4	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Vertiente - Pua
MG5	Factibilidad y diseño de Sistema de regadío Temuco - Imperial
MG6	Iniciativa de organización público-privada sobre los recursos hídricos de la cuenca.
MG11	Diagnóstico para determinar los recursos hídricos disponibles con el fin de determinar reservas extractivas y derechos de aprovechamiento susceptibles a caducidad.
MG12	Programa para el desarrollo de material de difusión de las temáticas: recursos hídricos, cambio climático y responsabilidad social y ambiental.
MG14	Iniciativa de creación de comité de expertos asesores para el conocimiento de la realidad local de la cuenca, con el objetivo de formular normas de calidad específicas para los diferentes sectores de la cuenca.
MG17	Iniciativas de educación hídrica. Cambio climático, sustentabilidad, responsabilidad. Tipo Seminarios.
MG19	Diagnóstico de problemas ambientales y programa de transferencia tecnológica para la remediación ambiental.
GI1	Programa para la ejecución de pruebas de bombeo para actualizar el conocimiento de los parámetros acuíferos de la cuenca.
GI2	Estudios hidrogeológicos en zona poniente cuenca. Sector Carahue y Curacautín.

**Tabla 8-3. Acciones a mediano plazo.**

ID	ACCIÓN
GI3	Estudio Geofísico en la desembocadura con el fin de determinar la geometría acuífera y demás parámetros hidrogeológicos. Análisis de cuña salina.
NF1	Estudio de recarga de acuíferos en sectores hidrogeológicos de interés común.
NF2	Programa de transferencia para la reutilización del agua residual.
G1	Modificación del marco normativo que regula las aguas en Chile: rango constitucional de las aguas como bien nacional de uso público y del derecho humano al agua y saneamiento; restablecimiento de prioridades de usos, priorizando el consumo humano, preservación de la naturales y riego; modificación del mecanismo de constitución de derechos, por concesiones administrativas sujetas a caducidad y prioridad de usos.
G2	Estudio del uso eficiente del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua.
G6	Transversalización de género en el diseño de políticas y estrategias para la gestión del agua
G7	Generación de capacidades: Capacitación y/o formación en materias técnicas, normativas y legales para gestionar las aguas con un enfoque integrado.

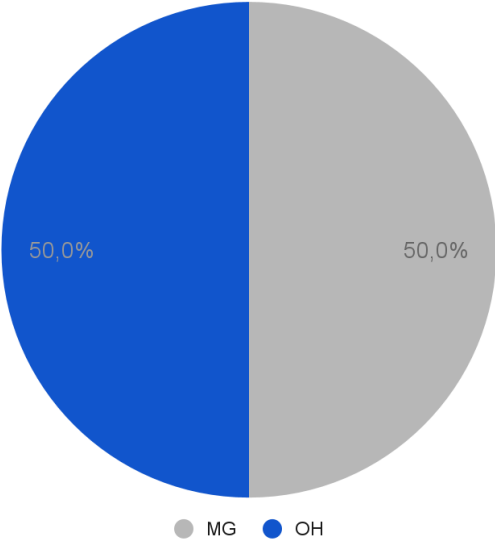
Fuente: Elaboración propia.

Como hito inicial de referencia, destacamos las acciones GI1, GI2 y GI3, las buscan generar nueva información para actualizar y mejorar el modelo hidrogeológico de la cuenca del Río Imperial. Entendiendo que estas acciones permitirán contar con un mejor conocimiento de la cantidad de recursos hídricos subterráneos de la cuenca y los parámetros para poder contar con una gestión sustentable de estos recursos.

De igual forma, se considera relevante la acción G1 que busca generar las definiciones adecuadas para poder contar con las nociones bases para generar políticas adecuadas para cada cuenca según su orientación.

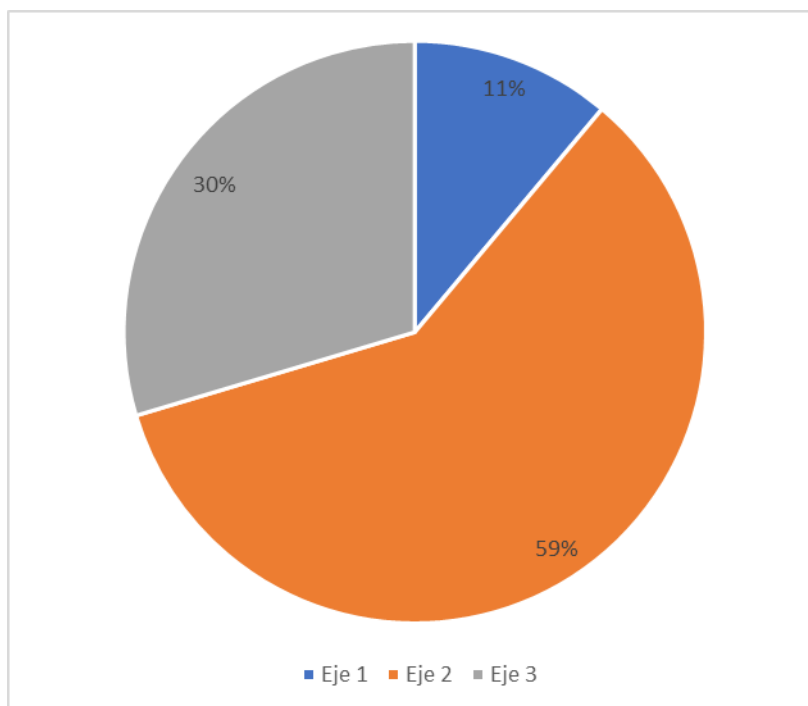
#### 8.1.4 Largo plazo

Se cuenta con 4 acciones de largo plazo del PEGH, que incluyen 2 Medidas de Gestión y 2 de Obras Hidráulicas. Estas acciones abarcan los ejes de 1 y 2. En la Figura 8-5 y Figura 8-6 se observa cómo se componen las 4 acciones de largo plazo según el tipo de acción y el eje sobre el cual están estructuradas. En la Tabla 8-4 se observa los nombres de las acciones a largo plazo.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8-5. Composición de acciones a largo plazo por tipo**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8-6. Composición de acciones a largo plazo por eje.**

**Tabla 8-4. Acciones a largo plazo.**

ID	ACCIÓN
OH3	Diagnóstico para construcción embalse en río Cautín.
OH6	Diagnóstico para la construcción de obra de regulación (Embalse). Regulación Estacional.
MG13	Programas para dotar de recursos, capacitación y tecnología para el control y monitoreo de aguas superficiales y subterráneas a las comunidades y organizaciones civiles
MG16	Iniciativa de organización de mesa UNICA del agua en la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

Como hito inicial de referencia, destacamos la acción MG16, ya que contempla la implementación de una organización con facultades directoras para el manejo de las políticas y vocaciones sobre la gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

## **8.2 Estrategia de implementación**

Las iniciativas corresponden a las acciones, una vez se han definidos en forma clara los alcances, estimado el presupuesto, definido el horizonte de acción y determinada en quien recae la responsabilidad de ejecutarla.

En función de lo anterior es que para implementar el plan se han determinado los posibles ejecutores de estos:

- Inversión Pública.
- Dirección General de Aguas.
- Dirección de Obras Hidráulicas.
- Comisión Nacional de Riego.
- Fondo Nacional de Desarrollo Regional.
- Inversión privada.
- Regantes.
- Empresas Sanitarias.
- Empresas Generadoras de Electricidad.

El éxito de la ejecución del Plan se encuentra asociado a diversos aspectos, lo que se indican a continuación.

### **8.2.1 Aspectos institucionales**

Es de especial relevancia contar con la institucionalidad adecuada para poder ejecutar el PEGH Imperial.

Para lo anterior se ha considerado las siguientes consideraciones:

- Infraestructura hidráulica. Existe una institucionalidad pública para el desarrollo de obras de acumulación mayores, las cuales se ejecutan de acuerdo a las estratégicas institucionales ministeriales, sus objetivos de gestión, indicadores de desempeño, cronograma de gastos y nivel de ejecución presupuestaria; la toma de decisiones con respecto al gasto público en materias de gestión hídrica (subsidios, fondos concursables, FNDR, entre otros), será en base a los lineamientos presentados anteriormente. Cabe señalar que el desarrollo de este tipo de institucionalidad pública se trabaja principalmente a nivel central, con herramientas a nivel cuenca

limitadas o no existentes. Así mismo existe una institucionalidad pública para el desarrollo de mejora sobre canales. No obstante, dependiendo de la envergadura de la infraestructura a mejorar, para su aplicación será necesario un acuerdo entre los potenciales beneficiarios, en el caso de obras colectivas o; en el caso de obras particulares, serán iniciativas que podrán desarrollar los propietarios sin limitaciones institucionales.

- Apoyo para la eficiencia de riego a nivel predial. Existe una institucionalidad pública para el apoyo a este tipo de iniciativas, cuyas herramientas de ejecución se gestionan principalmente nivel central, con apoyo técnico a nivel regional o provincial, con limitadas o nula existencia de evaluación a escala cuenca. Sin embargo, pueden tratarse también de iniciativas que pueden ser aplicadas por los propietarios interesados, sin limitaciones institucionales.

Recarga artificial de acuíferos. En general se trata de actividades que debieran ser coordinadas y evaluadas a nivel de SHAC y/o cuenca. Este tipo de acción queda condicionada al actuar de privados, quienes, a través de instancias de relación con entidades públicas o convenios público-privados, pueden acceder a ejecutar este tipo de acciones, por lo que la realización de estas medidas dependerá de las capacidades técnicas-organizacionales de cada grupo de actores interesados.

### 8.2.2 Aspectos de Cultura del Agua

A continuación, se identifican algunas condicionantes culturales para la implementación de ciertas iniciativas:

- Vocación de la cuenca. La cuenca del río Imperial es rica en recursos naturales, silvicultura, ganadería, granja y con una incipiente actividad turística. A pesar de esto se encuentra inserta en la región más pobre de Chile, con altas tasas de pobreza y desigualdad. En este sentido, la economía del territorio depende de forma principal de la agricultura y la silvicultura, que corresponden a los sectores primarios.
- Otro aspecto particular de esta cuenca corresponde a la población indígena presente en el territorio, quienes cuentan con su propia cosmovisión sobre las aguas superficiales y subterráneas.

- Implementación de infraestructura hidráulica de conducción. Los proyectos de encauzamiento pueden causar un potencial rechazo de la comunidad, en tanto que existe una cultura arraigada relativa a la visualización del recurso hídrico circulante por la red de canales. Así mismo, el revestimiento de canales de tierra a mejoramientos con hormigón o geomembrana puede generar conflictos por su afectación a usuarios de aguas subterráneas, en mayor o menor medida según el conocimiento técnico, especialmente hidrogeológico, que tengan los actores involucrados.
- Apoyo para la eficiencia de riego a nivel predial y a pequeña escala. En el caso de agricultores y especialmente de pequeños campesinos (INDAP), las costumbres y los hábitos de riego dificultan la evolución hacia riegos con frecuencias y dosis más eficientes.
- Recarga artificial de acuíferos. En el diseño de proyectos de recarga en ocasiones se presentan limitaciones asociadas a la falta de información relativa a las características hidrogeológicas de los acuíferos, causando reticencias entre actores involucrados por la afectación sobre sus DAA.

### 8.2.3 Aspectos de Financiamiento

El financiamiento es, en general, un aspecto limitante en el desarrollo de iniciativas públicas. Las condicionantes financieras incluyen, por ejemplo, restricciones de financiamiento que podrían impedir la implementación de una o varias iniciativas en el año programado, aunque tenga evaluaciones económica, social y ambiental favorable.

### 8.2.4 Aspectos Normativos

Los aspectos normativos relevantes del PEGH guardan relación con las disposiciones existentes en las leyes y normativa vigente que pueden tanto facilitar y favorecer ciertas iniciativas como limitar y/o impedir otras. Actualmente, existen políticas y estrategias intersectoriales que promueven la coherencia entre políticas de agua ("Código de Aguas") y áreas clave como, por ejemplo, medio ambiente (Ley 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente), salud (Decreto 735 Reglamento de los Servicios de Agua Destinados al Consumo Humano), agricultura (Ley 18.450 Normas Para el Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje), planificación territorial (Decreto 458 Ley General de Construcciones y Urbanización), entre otros.

En este sentido, se debe reconocer el rango constitucional de las aguas como bienes nacionales de uso público a fin de que sea posible su adecuada regulación mediante leyes específicas correspondientes y que intégre los acuerdos internacionales sobre los derechos humanos especialmente el derecho humano al agua, como un derecho inalienable equivalente al derecho a la vida.

Igualmente se diera considerar aspectos como restablecerse las prioridades de uso cambiar o ampliar la opción de constituir derechos de aprovechamiento de aguas a un mecanismo como concesiones de carácter administrativo de un bien nacional de uso público otorgadas a particulares, esencialmente temporales, sujetas a caducidad si no se usan, y sujetas a limitación en consideraciones a prioridades como conservación de la naturaleza y acceso al agua de las personas y la naturaleza.

También debiera analizarse, como se indica en el punto 6.2.2 Caudal ecológico mínimo y caudal ambiental, la dualidad entre ambas normas legales y proponer que se adopten los ajustes normativos y legales que correspondan, máxime que de la correcta interpretación legal de ambas normas, corresponde que un titular de un DAA con un caudal ecológico mínimo construya las obras que aseguren dicho cumplimiento, sin perjuicio que si también es titular de una RCA que estableció un caudal ambiental a su proyecto, debe construir las obras correspondientes e instalar los sistemas de control y verificación de dicha exigencia

Se deben generar normativas, políticas y acciones respecto del uso eficiente del agua, como un recurso cada vez más escaso, debe hacerse de forma eficiente, particularmente la agricultura y otros usos intensivos del agua, que permita y promueva la adopción de tecnologías que reduzcan los requerimientos de agua y de esta forma descomprimir la creciente demanda sobre este recurso.

#### 8.2.5 Pasos en la Implementación

La implementación del Plan de Acción dependerá de diversos factores, entre ellos:

- Identificación de responsabilidades institucionales.
- Financiamiento disponible.
- Externalidades positivas o negativas propias de cada medida.

Por lo anterior, se debe definir una institución coordinadora transversal del conjunto de las medidas propuestas. Dado que el PEGH está promovido por la DGA, esta entidad es la responsable de su herramienta de planificación, y dentro de este servicio, se sugiere que

sea la Dirección Regional de Aguas (DGA), hasta que se implemente la acción MG16, según lo indicado en el numeral 8.1.4.

### **8.3 Estrategia de comunicación**

#### **8.3.1 Comunicación y difusión durante el desarrollo del estudio**

La estrategia de comunicación del PEGH considera la difusión y discusión de este con actores del ámbito público, privado y de la sociedad civil. Se realizaron diversos tipos de actividades participativas, tales como, reuniones virtuales, comunicación vía e-mail, conversaciones telefónicas, mensajería WhatsApp y encuesta on-line. Los principales actores que participaron de estas actividades durante el desarrollo del presente estudios fueron:

1) Actores Públicos: aquellos dependientes del Gobierno y/o el Estado de Chile.

- MOP - DGA, SISS, DOH, UGAT y PAC, Región de La Araucanía (reunión virtual, comunicación telefónica y mensajes vía e-mail).
- MINAGRI - CNR e INDAP, Región de La Araucanía (reunión virtual, comunicación vía e-mail y encuesta on-line).
- MDSF - CONADI Cholchol, Región de La Araucanía (comunicación telefónica)
- Municipalidades: Los Sauces - Nueva Imperial - Vilcún, Región de La Araucanía (encuesta on-line).

2) Actores Privados: En esta categoría se incluyeron aquellos actores vinculados a la transformación de los recursos naturales en productos esenciales, a gran y mediana escala en la cuenca del río Imperial.

- Agrícola: SOFO - Sociedad de Fomento Agrícola de Temuco (reunión virtual).
- Sanitaria: ESSAR (encuesta on-line).

3) Actores de la Sociedad Civil: Se consideran a las organizaciones productivas de baja escala, a las OUAs -aunque algunos de sus miembros puedan operar a mayor escala productiva-, así como también, los Comité de Agua Potable Rural (APR), las Comunidades Indígenas y sus autoridades formales (directivas), ancestrales (lonko) y/o espirituales (machi), las Juntas de Vecinos, las Agrupaciones Medioambientales y Colectivos. Así como también, a las Universidades, Centros de Estudios, Colegios Profesionales, ONG, Consultoras y/o Expertos.

- Organizaciones de Usuarios de Agua: Junta de Vigilancia del Río Cautín, Canal Chufquén, Canal Imperial, Canal Perquenco, Canal Pillanlelbún, Canal Quepe Norte, Canal Quepe Sur, Comunidad de Aguas Codinhue y Comunidad de Aguas Canal Itineto (reuniones virtuales y encuesta on-line).
- Comunidades Indígenas: Sector de Ancapulli - Cholchol, Sector de Rucapaingui Chico - Cholchol, Sector Curaco Trañitrañi - Cholchol, Comunidad Manuel Huenchunao - Cholchol y Comunidad Leufuman - Nueva Imperial (comunicación telefónica y comunicación vía e-mail).
- Organizaciones Territoriales, Culturales, Medio Ambientales y/o Académicas: Movimiento Cautín Libre - Lautaro, Yaku ingeniería - Temuco, Universidad Austral - Temuco (mensajería WhatsApp y encuesta on-line).

Es importante destacar que todas estas actividades tuvieron el doble objetivo de (i) comunicar y difundir los alcances del PEGH y, al mismo tiempo, (ii) recopilar la opinión y la visión de conjunto de los distintos actores involucrados, directa o indirectamente, en la gestión hídrica de la cuenca del río Imperial. Para más detalles ver "Anexo I: Participación Ciudadana (PAC)".

### 8.3.2 Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores

La estrategia comunicacional del PEGH tiene como público objetivo al conjunto de actores del territorio relacionados directa o indirectamente con la gestión hídrica de la cuenca. Se pueden agrupar en cinco (5) categorías según sus grados de influencia e interés.

- Influencia Alta - Interés Alto (actores prioridad 1): En este segmento se encuentran el servicio público MOP-DGA Nivel Nacional, y las OUAs destacando aquellas con liderazgos fuertes tanto en la zona norte de la cuenca, Canal Chufquén y la JdV del Cautín, como en la zona sur, Canal Quepe Norte y Sur. También están en esta categoría las comunidades indígenas, en la cuenca existen 1.423 comunidades.
- Influencia Alta - Interés Bajo (actores prioridad 2): Aquí se ubican los servicios públicos MOP-DGA, DOH y SISS, Región de La Araucanía.
- Influencia Media - Interés Alto (actores prioridad 3): En esta categoría encontramos a los servicios públicos de MINAGRI-CNR e INDAP, de la Región de La Araucanía. Además de los actores del sector productivo vinculados a la producción agrícola, donde destaca la SOFO - Sociedad

de Fomento Agrícola de Temuco. También caen en esta categoría los actores de la sociedad civil vinculados a los Comités de Agua Potable Rural (APR); en la cuenca existen 168 APR.

- Influencia Media - Interés Medio (actores prioridad 4): En esta categoría encontramos a los servicios públicos de la CONADI y el MMA. También se encuentran en esta categoría las organizaciones de la sociedad civil, como el Movimiento Cautín Libre, y el mundo académico, donde destaca el Observatorio Ciudadano.
- Influencia Media - Interés Bajo (actores prioridad 5): Aparecen en esta sección los Municipios. Además, se encuentran la mayoría de los actores productivos de los rubros forestal, hidroeléctricas, pisciculturas, minería y sanitarias.

A continuación, en la Tabla 8-5 se presenta una propuesta de estrategia comunicacional a considerar para las fases posteriores del PEGH, orientados a los distintos tipos de actores relevantes.

**Tabla 8-5. Estrategia de comunicación según tipo de Actores y Nivel de Participación.**

Actor según Prioridad	Nivel de Participación	Metodología / Mecanismo / Herramienta	Objetivo / Contenido
Actores Prioridad 1	Cogestión	Talleres, reuniones, seminarios, asesorías técnicas y asesorías legales, además de la Consulta Indígena a las comunidades	Promover el proceso de empoderamiento y de participación en la gobernanza de la cuenca. En particular, se abordarán los aspectos relativos a la gobernanza del Plan Estratégico, es decir, la estructura, los roles, las responsabilidades y las atribuciones derivadas del instrumento.
Actores Prioridad 2	Cogestión	Talleres, reuniones, seminarios, asesorías técnicas y asesorías legales	Promover el proceso de empoderamiento y de participación en la gobernanza de la cuenca. En particular, se abordarán los aspectos relativos a la gobernanza del Plan Estratégico, es decir, la estructura, los roles, las responsabilidades y las atribuciones derivadas del instrumento.
Actores Prioridad 3	Consultivo	Talleres, reuniones, mesas técnicas, Consultas ciudadanas, diálogos participativos virtuales y/o presenciales, visitas y recorridos en terreno.	Generar espacios de interacción comunicativa en un marco de búsqueda de acuerdos, identificación de problemáticas y planes de acción colaborativos. Aportando una mirada amplia respecto de la gestión de los recursos hídricos.
Actores Prioridad 4	Consultivo	Talleres, reuniones, mesas técnicas, Consultas ciudadanas, diálogos participativos virtuales y/o presenciales, visitas y recorridos en terreno.	Generar espacios de interacción comunicativa en un marco de búsqueda de acuerdos, identificación de problemáticas y planes de acción colaborativos. Aportando una mirada amplia respecto de la gestión de los recursos hídricos.

**Tabla 8-5. Estrategia de comunicación según tipo de Actores y Nivel de Participación.**

Actor según Prioridad	Nivel de Participación	Metodología / Mecanismo / Herramienta	Objetivo / Contenido
Actores Prioridad 5	Informativo	Generar una página web institucional, con información disponible sobre PEGH, sus objetivos y los avances de sus iniciativas o acciones para que los distintos tipos de actores puedan hacer seguimiento, consultas o aportes	Informar sobre los contenidos del PEGH del río Imperial, sus principales acciones, plazos y presupuestos. Fomentar la participación de estos actores en la gobernanza de la cuenca a través de canales de información pública que permitan visibilizar la gestión de los recursos hídricos.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que la priorización de los actores indicada en la tabla anterior, y sus respectivas estrategias o niveles de participación, corresponden a la etapa de instalación del PEGH, ya que se estima que, una vez instalado un organismo único de gestión hídrica a nivel de cuenca, ésta debe contar con la participación de todos los actores a nivel de cogestión.

La propuesta de comunicación y difusión considera la creación de una página web abierta a la comunidad con información disponible sobre el PEGH, sus objetivos y los avances de sus iniciativas o acciones. Adicionalmente, consideramos relevante que esta plataforma incluya información técnica sobre los recursos hídricos de la cuenca (ej. caudal de los ríos y niveles de aguas subterráneas). Cabe señalar, que el 98% de los encuestados consideró relevante contar con esta información la que debe ser gestionada y administrada por la DGA a través de un sitio web oficial de acceso público y validado por la autoridad. Para lo que se recomienda que exista una persona con conocimiento íntegro del PEGH que esté encargada de actualizar la información y resolver dudas o consultas de terceros sobre el avance de las medidas.

#### **8.4 Identificación de fuente de financiamiento del Plan**

Las instituciones públicas y privadas implicadas en el financiamiento de las iniciativas del PEGH se han descrito en el acápite 0. En la Tabla 8-6 se presenta un resumen de los costos del Plan de Acción, según sea el mandante DGA u otras instituciones.

**Tabla 8-6. Distribución de costos según mandante DGA u otros**

Mandante	COSTO [Millones de \$]
DGA	3.550
Otras instituciones	6.050
Total	9.600

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo 9. Monitoreo y Evaluación del Plan**

En este capítulo se detalla el Plan de Monitoreo del PEGH del Río Imperial, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados.

### **9.1 Plan de monitoreo**

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH tiene por objetivo establecer el seguimiento y la eficacia de su implementación, determinando los indicadores que permitan trazar el grado de cumplimiento de las iniciativas y de los objetivos del PEGH. Adicionalmente, se especifican los mecanismos para la actualización y/o el rediseño del PEGH, como instrumento de planificación a mediano y/o largo plazo.

La cartera de acciones del PEGH considera 42 iniciativas que corresponden a propuestas, las cuales según lo establecido en el numeral 8.1, fueron establecidas en 3 horizontes de tiempo para sus evaluaciones y acciones correctivas.

El PM centrará como índice de cumplimiento, la implementación de las iniciativas propuestas. Esto supone un esfuerzo de coordinación entre los diferentes servicios públicos, entendiendo que el recurso hídrico corresponde a una preocupación transversal y el uso y la gestión de estos recursos recae, directa e indirectamente, sobre múltiples actores del territorio.

El PM se centrará, en primer término, en dar seguimiento anual a los indicadores establecidos para los primeros 5 años, que corresponde al horizonte de corto plazo definido en el numeral 8.1.1. Para los períodos subsiguientes, es decir, los horizontes de mediano y largo plazo, el PM evaluará, actualizará y reestructurará las acciones, según lo establecido en el numeral 9.2.

Cabe señalar, que en el PM, las acciones no deben ser inamovibles, sino que año a año deberá evaluarse su vigencia y aplicabilidad en función de institucionalidad regente y aquella que se encuentre en discusión. El PEGH debe inclusive considerar la implementación de nuevas acciones que se encuentren asociadas a la implementación de nuevas normativas y las restricciones sobre los territorios y recursos naturales, como por ejemplo la futura Ley Marco de Cambio Climático.

Según lo indicado en el numeral 8.2.5, para el horizonte de corto plazo, la coordinación del PEGH corresponderá a la DGA regional, en la medida de que la gobernanza así lo indique. Por otro lado, el monitoreo se propone sea desde la DGA Nivel Central, quien

deberá monitorear la totalidad de los PEGH a nivel nacional. Sin embargo, el PEGH debe tender a organizar un Organismo rector para la gestión de la cuenca.

A continuación, se presentan los indicadores y seguimiento propuestos para el Plan de Monitoreo.

#### 9.1.1 Indicadores de la evaluación de las iniciativas

En cada una de las iniciativas identificadas en el PEGH se han identificado uno o varios indicadores de evaluación de las acciones, con el objetivo de analizar de forma particular y general los resultados obtenidos con su implantación respecto el objetivo esperado y su problemática original. Estos indicadores se presentan en el Anexo K4.

#### 9.1.2 Indicadores del PEGH

En el establecimiento de indicadores del PM, se han considerado experiencias anteriores en planificación hídrica; específicamente, se ha tomado como referencia principal el último instrumento de características similares promovido por la DGA.

De esta forma se consideran los siguientes indicadores, que se detallan en el Anexo K2:

- Indicadores Generales: PIC, PICa, PIF y PIFa.
- Indicadores Específicos. Porcentaje de avance de la implementación de las 2 iniciativas propuestas de gobernanza que poseen efecto directo y estratégico en el éxito de ejecución de otras iniciativas de diferentes tipologías (OH, MG, G, NF y/u GI) y del instrumento en su conjunto, siendo éstas: i) MG7 y ii) MG16. Lo anterior se refuerza con el hecho de que la participación de los potenciales beneficiarios en cada medida del PEGH refuerza el éxito de estas, y que las instancias generadas en un marco de buenas prácticas derivadas del servicio de facilitación son necesarias para dicho objetivo

En el numeral 9.1.3 se detalla el seguimiento del PEGH Imperial con los indicadores presentados anteriormente, así como el Plan de Acción.

#### 9.1.3 Seguimiento del PEGH

El seguimiento del PEGH Imperial se expone en la Tabla 9-1, detallando los indicadores generales y específicos, los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido.

**Tabla 9-1. Seguimiento PEGH.**

TIPO DE INDICADOR	INDICADOR DE SEGUIMIENTO	UMBRAL
General	PIC	Umbral PIC 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+4
General	PICa	Umbral PICa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
General	PIF	Umbral PIF 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar al año i hasta i+4
General	PIFa	Umbral PIFa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación el año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
Específico	% de avance por iniciativa	Iniciativa MG07 100% año i
Específico	% de avance por iniciativa	Iniciativa MG16 50% año i+4. Implementando las bases para esta iniciativa que es de largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

Según lo establecido en el numeral 0, se presenta seguidamente el Plan de Acción a considerar en el supuesto que no se hayan cumplido con los umbrales fijados en la Tabla 9-1, teniendo en cuenta que el PM se divide en dos períodos, los primeros 4 años y el año 5:

- Primer período (año  $i$  hasta  $i+4$ ): El objetivo del Plan de Acción en este período consiste en reprogramar o replanificar las iniciativas que se encuentren atrasadas para el año siguiente al originalmente programado. Su valor corresponderá al número de iniciativas mínimas programadas para un determinado año (PIC, 80% anual) más las iniciativas retrasadas acumuladas.
- Segundo período (año  $i+5$ ): El objetivo del Plan de Acción en este período es analizar si el PEGH ha cumplido en un 100% con su planificación. En caso negativo, el PM entregará el número de iniciativas que no fueron ejecutadas, información que será una variable de entrada en la evaluación, actualización y rediseño del PEGH, a través de los mecanismos para el análisis y toma de decisiones (numeral 9.2).

## **9.2 Mecanismos para el Análisis y Toma de Decisiones**

Según lo indicado anteriormente, el PEGH necesariamente tiene una componente dinámica, la cual puede llegar inclusive a la eliminación de acciones de manera posterior, considerando que algunas iniciativas relativas a los recursos hídricos, las cuales van de la mano con las variaciones asociadas a diferentes variables, como la gobernanza, las normativas y sus modificaciones o al cambio climático, afectando directamente la oferta hídrica, así como también los cambios asociados a las demandas de agua sobre la cuenca. Por lo anterior, es que se hace necesario que el PEGH debe ser evaluado con el fin de determinar si la planificación ha sido llevada a cabo en tiempo, contenido y oportunidad, considerando para esto las iniciativas que se deben incorporar en el corto plazo (5 años), así como también evaluar los siguientes horizontes y si es necesario efectuar las adaptaciones que correspondan según lo que se ha señalado.

El mecanismo de análisis y toma de decisiones expone en primer lugar, la metodología a considerar, y luego cómo debe ejecutarse la etapa de reformulación del PEGH.

En relación al análisis del PEGH para su reformulación, se debe considerar los siguientes aspectos:

1. Actualización del diagnóstico en la cuenca del río Imperial en materia de recursos hídricos considerando al menos los siguientes aspectos:
  - i. Brechas entre oferta y demanda.
  - vii. Brechas en infraestructura.
  - viii. Situación de gobernanza en la cuenca.
  - ix. Estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca.
  - x. Actualización de la cartera actual de acciones, tanto a nivel público como privado.
  - xi. Actualización del modelo hidrológico superficial y subterráneo con la nueva data disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.
  - xii. Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.
  - xiii. Evaluación del resultado del Plan de Monitoreo el año i+4, mediante la cuantificación de las iniciativas no comenzadas/finalizadas del PEGH.

En base a lo anterior, la DGA o el organismo rector de los recursos hídricos que corresponda a la fecha de implementación, deberá establecer la forma de abordar la reformulación del PEGH, ya sea a través de medios propios o con apoyo externo al servicio responsable, estableciendo:

- Revisión y/o actualización de los ejes y objetivos específicos del PEGH.
- Revisión y/o actualización de las iniciativas ya iniciadas, e incorporación de nuevas acciones, a corto/mediano/largo plazo.
- Si corresponde, actualización del Plan de Monitoreo asociado al PEGH.