



Gobierno
de Chile

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

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DE LIMARÍ

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

UTP HIDRICA CONSULTORES SPA Y RUBIO CARTES Y MEZA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA (UTP HIDRICA - ERIDANUS)

S.I.T. N° 463

Santiago, noviembre 2020

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Sr. Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Óscar Cristi Marfil

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Mauricio Lorca Miranda

Inspector Fiscal
Geógrafo, MSc., Sr. Paul Dourojeanni Schlotfeldt

Inspectora Fiscal Subrogante
Ingeniera Agrícola Sra. Pamela García Serrano

Inspector Fiscal Subrogante (S)
Ingeniero Civil Sr. Patricio Luengo Ávalos

UTP HIDRICA CONSULTORES SPA Y RUBIO CARTES Y MEZA INGENIEROS CONSULTORES
LTDA (UTP HIDRICA - ERIDANUS)

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Félix Pérez Soto

Profesionales Equipo Especialistas
Ingeniero Civil Rodrigo Meza L.
Ingeniero Civil José Castillo V.
Ingeniera Civil Maricel Gibbs R.
Antropóloga Francis Villagrán A.
Cartógrafo Salomón Vielma P.
Ingeniero Civil Rodrigo González A.
Ingeniero Civil Sergio Duarte M.

Profesionales Equipo Complementario
Ingeniero Civil Julio Faúndes S.
Ingeniera Agrónomo Irene Bernaus L.
Ingeniero Civil Mauricio Cartes V.
Ingeniero Constructor Juan Carlos Ravanales S.
Ingeniera Civil Camila Matta L.
Psicóloga Sigrid Huenchuñir M.
Ingeniero Ambiental Matías Faúndes S.
Ingeniero Civil Eduardo Rubio M.
Ingeniera Civil Rossana Escanilla M.
Ingeniero Civil Darío Vargas G.
Ingeniero Civil Pablo Vivero P.
Geógrafo Ignacio Aguirre B.
Analista en Computación Científica Félix Pérez M.

CONTENIDO

CONTENIDO	i
TABLAS	v
FIGURAS	x
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	5
2.1 DIMENSIÓN FÍSICA Y ECONÓMICA	5
2.1.1 Geomorfología	5
2.1.2 Geología	7
2.1.3 Suelos	9
2.1.4 Drenaje	9
2.1.5 División político-administrativa	10
2.1.6 Actividad económica	11
2.2 CLIMA	13
2.2.1 Caracterización climática	13
2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática	16
2.2.3 Escenarios de cambio climático	23
2.3 DIMENSIÓN AMBIENTAL	23
2.3.1 Unidades ecosistémicas	23
2.3.2 Glaciares	29
2.4 INFRAESTRUCTURA	29
2.4.1 Obras hidráulicas	29
2.4.2 Red hidrométrica	35
2.5 NUEVAS FUENTES EXISTENTES	37
2.5.1 Desalinización	37
2.6 GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA	37
2.6.1 Mapa de actores	37
2.6.2 Síntesis de reuniones PAC	53
2.6.3 Brechas de coordinación	57
2.6.4 Brechas de información	72
CAPÍTULO 3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA DIFERENTES USOS	77
3.1 USO HUMANO	77
3.1.1 Población actual y proyección demográfica	77

3.1.2	Agua potable urbana, actual y proyectada	79
3.1.3	Agua potable rural, actual y proyectada	80
3.1.4	Derechos de agua para uso humano	82
3.2	NECESIDADES MÍNIMAS AMBIENTALES	82
3.2.1	Consideración de sistemas protegidos	83
3.2.2	Derechos de agua para el medio ambiente: caudales ecológicos	84
3.3	DEMANDA AGRÍCOLA	84
3.3.1	Zonas de riego modeladas	85
3.4	DEMANDA MINERA	90
3.4.1	Demanda del sector minero	90
3.4.2	Derechos de agua para la minería	90
3.5	DEMANDA INDUSTRIAL	90
3.5.1	Demanda del sector industrial	90
3.5.2	Derechos de agua para la industria	91
3.6	OTRAS DEMANDAS	91
3.6.1	Demanda del sector pecuario	91
3.6.2	Demanda por generación eléctrica	92
3.6.3	Demanda por uso turístico	92
3.7	RESUMEN DE DEMANDAS	93
3.8	MERCADO DE AGUAS	98
3.8.1	Evolución histórica	98
3.8.2	Valor del agua por sector económico	99
CAPÍTULO 4 OFERTA HÍDRICA		103
4.1	AGUA SUPERFICIAL	103
4.1.1	Fuentes superficiales	103
4.1.2	Oferta en la fuente	113
4.1.3	Oferta en la fuente proyectada	113
4.1.4	Calidad actual	114
4.1.5	Fuentes de contaminación	124
4.1.6	Derechos concedidos	125
4.2	AGUA SUBTERRÁNEA	129
4.2.1	Fuentes subterráneas	129
4.2.2	Stock, recarga y niveles	136
4.2.3	Estadística de parámetros de calidad	138
4.2.4	Fuentes de contaminación	144
4.2.5	Derechos concedidos	149
4.3	GLACIARES	152
4.3.1	Glaciares	152
CAPÍTULO 5 BALANCE DE AGUA		155
5.1	MODELO DE SIMULACIÓN	155
5.1.1	Situación actual	155
5.1.2	Situación proyectada	163
5.2	BRECHAS	165

5.2.1	Resultados de Escenario Cambio Climático Seleccionado	165
5.2.2	Resultados Escenario 1: Caso Base	166
5.3	SUSTENTABILIDAD	173
5.3.1	Oferta Hídrica Sustentable Superficial Actual y Proyectada	173
5.3.2	Sustentabilidad de Sectores Acuíferos DGA	176
5.4	ESCENARIOS DE GESTIÓN ESPECÍFICOS	183
5.4.1	Escenario 2	184
5.4.2	Escenario 3	189
5.5	BRECHAS DE MODELACIÓN	191
CAPÍTULO 6	ACCIONES	193
6.1	OBRAS HIDRÁULICAS	195
6.1.1	Obras mayores	195
6.1.2	Obras medianas y menores	202
6.1.3	Tecnificación y revestimientos	222
6.2	MEDIDAS DE GESTIÓN	228
6.2.1	Gobernanza	228
6.2.2	Constitución de reservas	233
6.2.3	Sistemas de Información	235
6.2.4	Capital humano	249
6.2.5	Fortalecimiento y Formalización de las Organizaciones de Usuarios	252
6.2.6	Tecnologías habilitantes	260
6.3	NUEVAS FUENTES DE AGUA	265
6.3.1	Recarga de acuíferos	265
6.3.2	Desalinización	267
6.3.3	Uso aguas servidas tratadas	269
6.4	OTRAS MEDIDAS	271
6.4.1	Conocimiento e investigación sobre reúso de aguas tratadas	272
6.4.2	Conocimiento e investigación sobre origen de contaminantes	274
CAPÍTULO 7	CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS	277
7.1	SÍNTESIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	277
7.2	EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS	283
7.2.1	Evaluación Económica	283
7.2.2	Evaluación Social	286
7.2.3	Evaluación Ambiental	287
7.2.4	Priorización de las medidas según líneas de acción	288
7.3	VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA	291
7.3.1	Acciones según ejecutor o mandante DGA	291
7.3.2	Acciones ejecutadas por otras instituciones	292
7.3.3	Distribución de costos por actores	293
7.4	CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES	294
CAPÍTULO 8	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	297
8.1	HITOS DE REFERENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	297

8.1.1	Estructura del Plan de Gestión	297
8.1.2	Corto plazo	297
8.1.3	Mediano plazo	298
8.1.4	Largo plazo	299
8.2	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	300
8.2.1	Aspectos institucionales	300
8.2.2	Aspectos de cultura del agua	301
8.2.3	Aspectos de financiamiento	303
8.2.4	Aspectos normativos	305
8.2.5	Pasos en la implementación	306
8.3	ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN	310
8.3.1	Comunicación y difusión durante el desarrollo del estudio	310
8.3.2	Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores	310
8.4	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL PLAN	311
CAPÍTULO 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN		312
9.1	PLAN MONITOREO	312
9.1.1	Indicadores de evaluación de las iniciativas	313
9.1.2	Indicadores del PEGH	313
9.1.3	Seguimiento del PEGH	313
9.2	MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES	315

ANEXOS

ANEXO A	ABREVIACIONES
ANEXO B	REFERENCIAS
ANEXO C	GLOSARIO
ANEXO D	FIGURAS
ANEXO E	ANTECEDENTES RECOPIRADOS
ANEXO F	ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PLAN DE CUENCAS
ANEXO G	SIG
ANEXO H	MODELO HIDROLÓGICO
ANEXO I	DETALLE ACTIVIDADES PROCESO PARTICIPATIVO
ANEXO J	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA CUENCA Y SU DIAGNÓSTICO
ANEXO K	LISTADO Y EVALUACIÓN DE INICIATIVAS

TABLAS

Tabla 2.1-1	Superficie de la cuenca del río Limarí respecto a comunas	11
Tabla 2.1-2	Superficies de riego en la cuenca del río Limarí - Censo Agropecuario año 2007	12
Tabla 2.1-3	Servicios de generación de energía eléctrica en operación.....	13
Tabla 2.2-1	Estadísticos de precipitación anual para el periodo histórico y 4 MCGs ..	19
Tabla 2.2-2	Estadísticos de temperatura anual para el periodo histórico y 4 MCGs...	21
Tabla 2.2-3	Estadísticos de caudales anuales simulados para el periodo histórico y 4 MCGs	23
Tabla 2.3-1	Ecosistemas terrestres zonales de la cuenca del río Limarí	24
Tabla 2.3-2	Ecosistemas acuáticos continentales en la cuenca del río Limarí.....	24
Tabla 2.3-3	Flora acuática de la cuenca del río Limarí.....	25
Tabla 2.3-4	Fauna acuática de la cuenca del río Limarí	25
Tabla 2.3-5	Áreas de conservación de la cuenca del río Limarí.....	26
Tabla 2.4-1	Registro de embalses en la cuenca del río Limarí	29
Tabla 2.4-2	Registro de centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Limarí.....	29
Tabla 2.4-3	Registro de bocatomas en la cuenca del río Limarí	30
Tabla 2.4-4	Registro de canales en la cuenca del río Limarí.....	30
Tabla 2.4-5	Territorio operacional de concesionarias de agua potable urbana en la cuenca del río Limarí	31
Tabla 2.4-6	Registro de PTAS en la cuenca del río Limarí	31
Tabla 2.4-7	Sistemas APR en la cuenca del río Limarí.....	31
Tabla 2.4-8	Pozos de extracción en el acuífero de Limarí	32
Tabla 2.4-9	Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Limarí.....	35
Tabla 2.6-1	Actores convocados en la cuenca del río Limarí	42
Tabla 2.6-2	Problemas en torno al objetivo 1.1 del Plan de Acción	53
Tabla 2.6-3	Problemas en torno al objetivo 1.2 del Plan de Acción	54
Tabla 2.6-4	Problemas en torno al objetivo 1.3 del Plan de Acción	54
Tabla 2.6-5	Problemas en torno al objetivo 1.4 del Plan de Acción	55
Tabla 2.6-6	Problemas en torno al objetivo 2.1 del Plan de Acción	55
Tabla 2.6-7	Problemas en torno al objetivo 3.1 del Plan de Acción	56
Tabla 2.6-8	Problemas en torno al objetivo 4.2 del Plan de Acción	56
Tabla 2.6-9	Juntas de Vigilancia en la cuenca del río Limarí	57
Tabla 2.6-10	Asociaciones de Canalistas en la cuenca del río Limarí.....	58
Tabla 2.6-11	Comunidades de Agua en la cuenca del río Limarí.....	58
Tabla 2.6-12	DAA con características esenciales de perfeccionamiento faltantes	74
Tabla 2.6-13	Número de transacciones y sus características no indicadas según naturaleza del agua, años 2015-2019	74
Tabla 3.1-1	Densidad y población residente en la cuenca del río Limarí.....	77
Tabla 3.1-2	Demanda hídrica APU actual y futura	79
Tabla 3.1-3	Pérdidas por distribución en localidades abastecidas	80
Tabla 3.1-4	Población abastecida por sistema APR actual y futura.....	80
Tabla 3.1-5	Demanda hídrica APR actual y futura por comuna	81
Tabla 3.1-6	Demanda hídrica APR actual y futura por SHAC	81

Tabla 3.2-1	Caudal de reserva para protección ambiental (m ³ /s) en “Río Limarí en Panamericana”	83
Tabla 3.2-2	Caudales ecológicos	84
Tabla 3.3-1	Áreas de riego totales cuenca Limarí según plataforma PROMUS	84
Tabla 3.3-2	Distribución de cultivos en zonas de riego aguas arriba de los embalses, en hectáreas	85
Tabla 3.3-3	Distribución de cultivos anuales en zonas de riego aguas abajo de los embalses (Limarí)	86
Tabla 3.3-4	Distribución de cultivos frutales en zonas de riego aguas abajo de los embalses (Limarí)	88
Tabla 3.4-1	Demanda hídrica minera actual y futura	90
Tabla 3.6-1	Demanda hídrica pecuaria actual y futura por sector	91
Tabla 3.6-2	Demanda hídrica pecuaria actual y futura por subcuenca	92
Tabla 3.6-3	Demanda hídrica eléctrica actual y futura	92
Tabla 3.7-1	Resumen de Demandas – Cuenca del río Limarí.....	94
Tabla 3.8-1	Transacciones según naturaleza del agua, años 1946-2019.....	98
Tabla 3.8-2	Aplicación incremental de criterios de depuración	100
Tabla 3.8-3	Transacciones depuradas	100
Tabla 3.8-4	Transacciones por unidad de mercado.....	101
Tabla 3.8-5	Resultados valor de aguas subterráneas.....	102
Tabla 3.8-6	Resultados Aguas Superficiales	102
Tabla 4.1-1	Regímenes y caudales promedio histórico en la cuenca del río Limarí..	104
Tabla 4.1-2	División administrativa de la cuenca del río Limarí	106
Tabla 4.1-3	Declaración de agotamiento – Cuenca del río Limarí.....	108
Tabla 4.1-4	Oferta en la fuente, periodo 1992 - 2019.....	113
Tabla 4.1-5	Oferta en la fuente, periodo 2023 - 2050.....	114
Tabla 4.1-6	Registro de estaciones de control de calidad de agua analizadas en la cuenca del río Limarí	115
Tabla 4.1-7	Fuentes de captación de agua superficial cuenca río Limarí	124
Tabla 4.1-8	Equivalencias entre l/s y acciones.....	125
Tabla 4.1-9	DAA otorgados y Caudal medio otorgado.....	126
Tabla 4.1-10	DAA y caudal otorgado según Tipo de Solicitud	126
Tabla 4.1-11	DAA otorgados según Tipo de DAA y Ejercicio del DAA	127
Tabla 4.1-12	Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados.....	127
Tabla 4.2-1	SHAC en el acuífero de Limarí.....	132
Tabla 4.2-2	Áreas de restricción y zonas de prohibición en el acuífero del río Limarí	135
Tabla 4.2-3	Nomenclatura usada para SHACs Limarí.....	136
Tabla 4.2-4	Entradas Promedio 1992-2019 Modelo Integrado.....	136
Tabla 4.2-5	Índice de Calidad por APR de acuífero Limarí (parámetros locales Fe y Mn), año 2016.....	141
Tabla 4.2-6	Índice de Calidad en seguimiento APR de acuífero Limarí (parámetros locales Fe y Mn), año 2017.....	143
Tabla 4.2-7	Fuentes de captación de agua subterránea cuenca río Limarí.....	143
Tabla 4.2-8	Depósitos de relave, según estado, en la cuenca del río Limarí	147
Tabla 4.2-9	DAA otorgados y Caudal otorgado	149
Tabla 4.2-10	DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud	149

Tabla 4.2-11	DAA y caudal otorgado según tipo de DAA y ejercicio del DAA	150
Tabla 4.2-12	Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados.....	150
Tabla 4.3-1	Tipología y número de glaciares en la cuenca del río Limarí.....	152
Tabla 4.3-2	Glaciares de mayor superficie en la cuenca del río Limarí.....	152
Tabla 5.1-1	Nomenclatura usada para SHACs Limarí.....	159
Tabla 5.1-2	Balance Hídrico por SHAC en Periodo 1992-2019, modelo integrado ...	160
Tabla 5.1-3	Escenarios de cambio climático modelados	163
Tabla 5.1-4	Descenso promedio entre 2019-2050 para E1 CC y E2 CC.....	164
Tabla 5.1-5	Descripción Escenario 1, Caso Base	165
Tabla 5.1-6	Características Básicas Modelo Integrado E1	165
Tabla 5.2-1	Variación en l/s entre el modelo integrado calibrado (1992-2019) y Escenario Cambio Climático, Entradas modelo 2023-2050.....	166
Tabla 5.2-2	Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2023-2050.....	169
Tabla 5.2-3	Variación en l/s entre el modelo integrado calibrado (1992-2019) y Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2023-2050.....	170
Tabla 5.3-1	Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Hurtado (m ³ /s)	173
Tabla 5.3-2	Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Grande (m ³ /s)	173
Tabla 5.3-3	Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Cogotí (m ³ /s)	173
Tabla 5.3-4	Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Limarí (m ³ /s)	173
Tabla 5.3-5	Caudales ecológicos para las cuencas analizadas	174
Tabla 5.3-6	Oferta hídrica del río Hurtado (m ³ /s).....	174
Tabla 5.3-7	Oferta hídrica del río Grande.....	174
Tabla 5.3-8	Oferta hídrica del río Cogotí.....	175
Tabla 5.3-9	Oferta Hídrica de Río Limarí.....	175
Tabla 5.3-10	Descripción modelo considerado para sustentabilidad sectores acuíferos ..	176
Tabla 5.3-11	Condicion Actual SHACs Limarí.....	176
Tabla 5.3-12	Criterio 1 Cuenca Río Limarí	177
Tabla 5.3-13	Criterio 2 Cuenca Río Limarí	178
Tabla 5.3-14	Criterio 3 Cuenca Río Limarí	179
Tabla 5.3-15	Criterio 4 Cuenca Río Limarí	179
Tabla 5.3-16	Criterio 5 – Aumento extracciones en SHAC Río Hurtado.....	180
Tabla 5.3-17	Criterio 5 – Aumento extracciones en SHAC Río Cogotí.....	181
Tabla 5.3-18	Criterio 5 – Aumento extracciones en Combarbalá	181
Tabla 5.3-19	Criterio 5 – Aumento extracciones en Limarí Desembocadura	182
Tabla 5.3-20	Resumen sustentabilidad acuífera Cuenca Río Limarí.....	182
Tabla 5.3-21	Volumen de Explotacion Sustentable SHAC Río Ponio	183
Tabla 5.3-22	Volumen de Explotacion Sustentable SHAC Río Ponio	183
Tabla 5.4-1	Resumen descriptivo de Escenario 2 y Escenario 3.....	184
Tabla 5.4-2	Escenario 2, Balance Hídrico Subterráneo 2019 – 2050	188
Tabla 5.4-3	Escenario 3, Balance Hídrico Subterráneo 2019 – 2050	191
Tabla 6.1-1	Características técnicas del embalse Valle Hermoso	199
Tabla 6.1-2	Acciones públicas en carretera asociadas a obras mayores.....	200

Tabla 6.1-3	Resumen de cantidad y estado de bocatomas	203
Tabla 6.1-4	Cantidad y porcentaje de tranques según clasificación de diagnóstico.	204
Tabla 6.1-5	Iniciativas de embalses y tranques de riego menores propuestas en el Plan de Riego	204
Tabla 6.1-6	Volumen de agua distribuido por camiones aljibes para diferentes localidades en zonas rurales	206
Tabla 6.1-7	Acciones públicas en cartera asociadas a tranques.....	209
Tabla 6.1-6	Acciones públicas en cartera asociadas a obras de abastecimiento de agua potable rural	210
Tabla 6.1-8	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema El Palqui	212
Tabla 6.1-9	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Sotaquí	212
Tabla 6.1-10	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Monte Patria.....	212
Tabla 6.1-11	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Ovalle	213
Tabla 6.1-12	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Punitaqui	213
Tabla 6.1-13	Ficha resumen Acción N°: OH-02	215
Tabla 6.1-14	Ficha resumen Acción N°: OH-03	217
Tabla 6.1-15	Ficha resumen Acción N°: OH-04	219
Tabla 6.1-16	Ficha resumen Acción N°: OH-05	221
Tabla 6.1-17	Estimación de la eficiencia de aplicación de riego, por comuna y cuenca	223
Tabla 6.1-18	Canales por subcuenca	223
Tabla 6.1-19	Iniciativas de tecnificación y/o revestimiento de canales propuestas en el Plan de Riego	224
Tabla 6.1-20	Acciones públicas en cartera asociadas a obras de riego	225
Tabla 6.1-21	Ficha resumen Acción N°: OH-01	227
Tabla 6.2-1	Iniciativas públicas en la cuenca de Limarí para mejoras en gobernanza	229
Tabla 6.2-2	Ficha resumen Acción N°: MG-06	232
Tabla 6.2-3	Volúmenes de disponible para DAA provisionales en los SHAC de la cuenca del río Limarí.....	234
Tabla 6.2-4	Resumen del grado de modernización de la Red DGA	238
Tabla 6.2-5	Resumen de mejoras propuestas de la Red Hidrométrica DGA	239
Tabla 6.2-6	Ficha resumen Acción N°: MG-01	242
Tabla 6.2-7	Ficha resumen Acción N°: MG-02	244
Tabla 6.2-8	Ficha resumen Acción N°: MG-03	246
Tabla 6.2-9	Ficha resumen Acción N°: MG-08	248
Tabla 6.2-10	Ficha resumen Acción N°: MG-05	251
Tabla 6.2-11	Iniciativas públicas en la cuenca de Limarí.....	253
Tabla 6.2-12	Ficha resumen Acción N°: MG-07	256
Tabla 6.2-13	Ficha resumen Acción N°: MG-09	259
Tabla 6.2-14	Estándares para los DAA subterráneas del MEE – SHAC de la provincia de Limarí	262
Tabla 6.2-15	Ficha resumen Acción N°: MG-04	264
Tabla 6.3-1	Proyecto planta desalinizadora, provincia de Limarí.....	267
Tabla 6.4-1	Ficha resumen Acción N°: OM-02	273
Tabla 6.4-2	Ficha resumen Acción N°: OM-01	276
Tabla 7.1-1	Síntesis de acciones asociadas a Obras Hidráulicas (OH).....	277

Tabla 7.1-2	Síntesis de acciones asociadas a Medidas de Gestión (MG)	280
Tabla 7.1-3	Síntesis de acciones asociadas a Otras Medidas (OM)	282
Tabla 7.1-4	Identificación de iniciativas y su origen principal	282
Tabla 7.2-1	Resumen de evaluación económica de iniciativas	283
Tabla 7.2-2	Resumen evaluación económica por tipología de acciones	285
Tabla 7.2-3	Tabla relacional de evaluación social de iniciativas	286
Tabla 7.2-4	Indicador de evaluación ambiental según iniciativas	288
Tabla 7.2-5	Resultado de priorización de iniciativas	290
Tabla 7.3-1	Iniciativas ejecutadas por DGA.....	292
Tabla 7.3-2	Iniciativas ejecutadas por otras instituciones.....	292
Tabla 7.3-3	Distribución de costos según ejecutor: VAC y CAE [UF]	293
Tabla 8.4-1	Distribución de costos según mandante DGA u otros	311
Tabla 9.1-1	Distribución de iniciativas del PEGH según tipo de acción y horizonte de implementación	312
Tabla 9.1-2	Seguimiento del PEGH Limarí.....	314

FIGURAS

Figura 2.1-1	Mapa de elevaciones y unidades geomorfológicas de la cuenca del río Limarí6
Figura 2.1-2	Mapa geológico de la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)8
Figura 2.1-3	Diagrama unifilar cauces principales 10
Figura 2.2-1	Clasificación climática de la cuenca del río Limarí (escala 1:1.500.000). 14
Figura 2.2-2	Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas Paloma Embalse (4540006-9), Cogotí Embalse (4535001-0), Hurtado (4502005-3) y Las Ramadas (4511003-6)..... 15
Figura 2.2-3	Resumen de eventos más importantes, período: 1965-2018 16
Figura 2.2-4	Variación de eventos (comunales) más importantes en el tiempo, período 1965-2018..... 17
Figura 2.2-5	Precipitación anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra)18
Figura 2.2-6	Gráficos de caja para los valores anuales de precipitación para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico..... 18
Figura 2.2-7	Distribución espacial de la precipitación en el periodo histórico (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho) 19
Figura 2.2-8	Temperatura media anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra) 20
Figura 2.2-9	Temperatura media anual para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico..... 20
Figura 2.2-10	Distribución espacial de la temperatura en el periodo histórico (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho) 21
Figura 2.2-11	Caudal medio anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra)22
Figura 2.2-12	Gráficos de caja para los valores anuales de caudales para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico..... 22
Figura 2.2-13	Distribución espacial de la escorrentía en el periodo histórico (izquierda) y las proyecciones de los 4 MCGs (derecha). 23
Figura 2.3-1	Ecosistemas y áreas de conservación de la cuenca del río Limarí..... 28
Figura 2.4-1	Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (riego y generación eléctrica) en la cuenca del río Limarí..... 33
Figura 2.4-2	Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (agua potable) en la cuenca del río Limarí 34
Figura 2.4-3	Red hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí 36
Figura 2.6-1	Representación gráfica de actores en el territorio 39

Figura 2.6-2	Diagrama relación Interés/Influencia actores relevantes en la cuenca del río Limarí.....	40
Figura 2.6-3	Número de canales espacializados (SIIR) vinculados a Asociaciones de Canalistas (AC) en la cuenca del río Limarí	65
Figura 2.6-4	Número de canales espacializados (SIIR) asociados a Comunidades de Agua (CA) en la cuenca del río Limarí	66
Figura 3.1-1	Proyección de la tasa de crecimiento poblacional en la región de Coquimbo, periodo 2018-2050	78
Figura 3.1-2	Población proyectada para la cuenca del río Limarí, periodo 2018 – 2050.	78
Figura 3.1-3	Serie en el tiempo de derechos para uso humano	82
Figura 3.2-1	Caudal de reserva para protección ambiental (m ³ /s) en “Río Limarí en Panamericana”	83
Figura 3.3-1	Zonas de riego modeladas.....	89
Figura 3.4-1	Serie en el tiempo de derechos para uso minero.....	90
Figura 3.5-1	Serie en el tiempo de derechos para uso industrial	91
Figura 3.7-1	Distribución de demandas principales según uso.....	95
Figura 3.7-2	Distribución de las demandas consuntivas (año 2019) de la cuenca del río Limarí	96
Figura 3.7-3	Distribución de las demandas consuntivas (año 2030) de la cuenca del río Limarí	97
Figura 3.7-4	Distribución de las demandas consuntivas (año 2050) de la cuenca del río Limarí	97
Figura 3.8-1	Distribución anual del número de DAA transados, periodo 1946-2019... ..	99
Figura 4.1-1	Hidrografía de la cuenca del río Limarí	105
Figura 4.1-2	Cuenca y subcuencas del río Limarí	107
Figura 4.1-3	Zonas con diferentes grados de restricción al uso de agua en la cuenca del río Limarí.....	110
Figura 4.1-4	Distribución temporal y espacial de los decretos de escasez hídrica (2008-2020) en la cuenca del río Limarí	111
Figura 4.1-5	Decretos de escasez históricos por comuna, periodo 2008-2020	112
Figura 4.1-6	Estaciones de calidad empleadas en la caracterización de la calidad de las aguas de la cuenca río Limarí.....	118
Figura 4.1-7	Gráfico de Cajas – As Total (mg/l)	120
Figura 4.1-8	Gráfico de Cajas – Cl ⁻ (mg/l)	121
Figura 4.1-9	Gráfico de Cajas – SO ₄ ²⁻ (mg/l).....	122
Figura 4.1-10	Gráfico de Cajas – pH.....	123
Figura 4.1-11	Gráfico de Cajas – CE (µS/cm).....	123
Figura 4.1-12	Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)	124
Figura 4.1-13	Ubicación geográfica de los puntos de captación asociados a los DAA superficiales en la cuenca del río Limarí.....	128
Figura 4.2-1	Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)	129
Figura 4.2-2	Leyenda de Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)	130
Figura 4.2-3	SHAC de la cuenca del río Limarí.....	133
Figura 4.2-4	Curvas Equipotenciales Modelo Integrado marzo 2019.....	137
Figura 4.2-5	Gráfico de Cajas – CE (µS/cm).....	140

Figura 4.2-6	Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)	140
Figura 4.2-7	Estado de la calidad de agua en la Red Hidrométrica DGA y pozos APR145	
Figura 4.2-8	Depósitos de relaves en la cuenca del río Limarí	148
Figura 4.2-9	Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la cuenca del río Limarí	151
Figura 4.3-1	Glaciares en la cuenca río Limarí	154
Figura 5.1-1	Calibración embalse Cogotí 2001-2019	157
Figura 5.1-2	Calibración embalse La Paloma 2001-2019	157
Figura 5.1-3	Calibración embalse Recoleta 2001-2019.....	158
Figura 5.1-4	Curvas Equipotenciales Modelo Integrado marzo 2019.....	162
Figura 5.2-1	Componentes Balance Hídrico Superficial en Limarí.....	167
Figura 5.2-2	Extracciones y aportes intermedios cuenca Limarí.....	167
Figura 5.2-3	Brechas demanda superficial periodo 2019-2050	168
Figura 5.2-4	Componentes de Balance Hídrico Subterráneo Cuenca Limarí – Escenario 1	171
Figura 5.2-5	Variación del volumen en el tiempo embalsado en Cuenca Limarí.....	172
Figura 5.4-1	Implementación esquemática de aporte desde desaladora en WEAP ...	185
Figura 5.4-2	Demanda potable no cubierta anual en nodo AP_LIM01 – Comparación de escenario base y escenario desaladora	186
Figura 5.4-3	Comparación extracciones superficiales agrícolas aguas abajo de desaladora Escenario 1 y Escenario 2.....	187
Figura 5.4-4	Demanda agrícola no cubierta aguas abajo de desaladora.....	187
Figura 5.4-5	Nivel calculado en batería de pozos SISS – Escenarios 1 y 2	189
Figura 5.4-6	Demanda agrícola no cubierta para toda la cuenca de Limarí – Escenarios 1 y 3.....	190
Figura 5.4-7	Aporte superficial a sectores de riego para escenarios 1 y 3 – Cuenca del río Limarí.....	190
Figura 6.0-1	Diagrama de medidas analizadas	194
Figura 6.1-1	Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse La Paloma	196
Figura 6.1-2	Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Cogotí	197
Figura 6.1-3	Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Recoleta ..	198
Figura 6.1-4	Área de estudio del Plan de Manejo de Cauces de la cuenca del río Limarí	208
Figura 6.1-5	Área de estudio de los Planes de Manejo de Cauce en los ríos Limarí y Hurtado.....	211
Figura 7.1-1	Iniciativas asociadas a Obras Hidráulicas.....	279
Figura 7.2-1	VAC [UF] totales según línea de acción	285
Figura 7.2-2	CAE [UF] totales según línea de acción.....	285
Figura 7.2-3	Esquema de priorización de iniciativas	289
Figura 7.3-1	Distribución de VAC [UF] según institución	293
Figura 7.3-2	CAE [UF] según institución	294
Figura 7.4-1	Hoja de ruta del Plan de Acción.....	295
Figura 7.4-2	Hoja de ruta del Plan de Acción (continuación)	296
Figura 8.1-1	Distribución de iniciativas a corto plazo	298
Figura 8.1-2	Distribución de iniciativas a mediano plazo	299
Figura 8.1-3	Distribución de iniciativas a largo plazo	299
Figura 8.2-1	Esquema simplificado de los pasos de implementación de PEGH	308

Figura 8.2-2 Modelo de gobernanza del PEGH Limarí..... 309

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCIÓN

La DGA como organismo del Estado de Chile encargado de promover la gestión y la administración del recurso hídrico, dentro de un marco de sustentabilidad, prevalencia del interés público y eficiencia en la asignación del recurso hídrico, se enfrenta al desafío que supone planificar el desarrollo de dicho recurso para las diversas demandas del país, el cual se encuentra en un escenario de escasez hídrica.

Un enfoque de cuenca como unidad de análisis, planificación y gestión es a menudo necesario para evitar el riesgo de un incremento de las externalidades negativas por un inadecuado manejo del agua (BMI, 2011). Asimismo, el cambio climático tiene y tendrá implicaciones sobre la disponibilidad del recurso hídrico, con inundaciones y sequías como fenómenos extremos frente a los cuales se deben proyectar medidas de intervención.

En Chile, igual que en muchas otras partes del mundo, los problemas relativos al recurso hídrico son complejos y cada vez con mayor repercusión debido a los múltiples objetivos a satisfacer y los efectos del cambio climático sobre los ciclos hidrológicos. Una muestra de esta realidad se refleja en el ranking global de estrés hídrico, donde el Instituto Mundial de Recursos (WRI, *World Resources Institute*), en su última actualización, situó a Chile en el lugar 18°, encabezando el grupo de países que presentan un alto riesgo de sufrir dicho fenómeno (WRI, 2019).

A pesar de que la DGA promovió el desarrollo de algunos instrumentos orientativos con fines de planificación hidrológica, los planes de cuenca, identificados como “planes directores” o “planes maestros”, en ocasiones a escala regional, no tienen carácter normativo y no han alcanzado el éxito esperado. Entre las razones de ello, la propia DGA vislumbra determinadas causas, como: a) un erróneo diseño del modelo de gobernanza; b) pérdida de interés en la aplicación del plan por parte de los usuarios, por falta de representatividad en sus reales necesidades, y c) falencia de información sobre la disponibilidad hídrica y de modelos hidrogeológicos que dificultan una correcta toma de decisiones.

En dichos planes, se enfatizó en la realización de un diagnóstico de la cuenca o región en aspectos hidrológicos, de infraestructura hidráulica y organizacional, para posteriormente formular iniciativas estructurales o no estructurales que solventaran las brechas identificadas. Paralelamente, desde otras instituciones públicas, y en ocasiones entidades privadas, también se han elaborado planificaciones sobre el recurso hídrico, atendiendo a los requerimientos específicos de los interesados a nivel local o sectorial.

Aún y así, no siempre se han alcanzado los objetivos que presentaban las iniciativas formuladas, dado el mapa cambiante de demandas de agua entre los diferentes actores y de disponibilidad de agua en el tiempo (sequías, inundaciones, etc.), derivando todo ello en una gestión ineficiente.

A su vez, la disociación histórica entre la gestión del agua superficial y subterránea en el país ha generado tensiones entre usuarios, especialmente en momentos críticos. Si bien se ha avanzado en integrar estos aspectos, el concepto de manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas en las propuestas de acciones en los instrumentos de planificación no ha sido relevante hasta estos últimos años, y esencialmente focalizado en cuencas del norte de Chile.

En este entorno de incertidumbre hidrológica, caracterizado por la escasez del recurso, una forma de evaluar y diseñar estrategias de planificación y gestión que resuelvan los problemas existentes consiste en la utilización de sistemas de soportes a la decisión (DSS por sus siglas en inglés, *Decision Support System*), mediante la aplicación de modelos de simulación, los cuales constituyen un excelente ejercicio de comprensión de la realidad. En los últimos tiempos se ha ido contando con determinados modelos de simulación hidrológica, pero sin disponer de ellos de forma generalizada en las principales cuencas del país, y no siempre considerando una integración de los modelos superficiales y subterráneos.

En este contexto, la DGA está promoviendo la elaboración de “Planes Estratégicos de Gestión Hídrica” (PEGH) en diferentes cuencas del país. Las novedades respecto a los instrumentos de planificación abordados anteriormente apuntan a subsanar los problemas identificados en anteriores estudios, principalmente por la incorporación de modelos hidrológicos superficiales-subterráneos. Esta contribución pone en valor la relación entre aguas superficiales y subterráneas, permitiendo además actualizaciones en el tiempo, aportando escenarios de enorme valía a los tomadores de decisión.

Consecuentemente a lo expuesto anteriormente, los PEGH debieran enfocarse en los lineamientos expuestos seguidamente, según lo establecido en las Bases Técnicas y la propia visión del Consultor sobre las brechas existentes en la materia:

- Los PEGH no pueden seguir con la conceptualización clásica de respuesta a problemas aislados mediante iniciativas puntuales y desvinculadas entre ellas, puesto que el recurso hídrico debe concebirse a nivel de cuenca y con una visión integrada de las aguas (superficial/subterránea), coherente y sustentable a largo plazo.
- En la medida de lo técnicamente posible, los PEGH deben apoyarse en la simulación de las acciones o iniciativas de mayor impacto que puedan representarse en un escenario de modelación hidrológica; las herramientas de modelación pueden aportar claridad sobre los resultados de la implantación de determinadas iniciativas de gestión, considerando los efectos del cambio climático.
- Los PEGH deben incluir participación de los diferentes actores de la institucionalidad vinculada con el agua, tanto públicos como privados. El éxito de las acciones establecidas en los planes reside tanto en su carácter técnico y económico como en su aceptación e implicación a escala social. Por tanto, sería beneficiosa la participación de los usuarios en la concretización de las ideas de gestión y tener conocimiento de la trascendencia de cada acción definida.

El resultado esperado para el PEGH en la cuenca de Limarí consiste en un portafolio de acciones a diferentes plazos (corto, mediano, largo) para la Dirección General de Aguas y de utilidad para los actores involucrados en dichas cuencas, considerando también en su formulación el apoyo brindado por el modelo hidrológico superficial – subterráneo y los escenarios de gestión analizados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general es proponer un plan estratégico para la cuenca del río Limarí, con la finalidad de conocer oferta y demanda actual de agua, establecer balance hídrico y sus proyecciones a los años 2030 y 2050, diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico, y proponer una cartera de acciones de DGA y de terceros público-privados, las cuales permitan suplir la demanda de agua y adaptación al cambio climático, con un portafolio de acciones que aseguren su abastecimiento en cantidad y calidad.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se enumeran y definen a continuación:

- **Objetivo 1:** Conocer el estado actual de la cuenca de Limarí en cuanto a oferta, demanda, balance 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 nieves.
- **Objetivo 2:** Actualizar el modelo superficial-subterráneo integrado WEAP-MODFLOW existente (1964-2014) de la cuenca del río Limarí.
- **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 del río Limarí (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares), analizando el estado de funcionamiento, la antigüedad y la 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, para incrementar cualitativamente la inversión requerida en infraestructura.

CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

En el presente capítulo se describen las principales características de la cuenca del río Limarí, 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

El objetivo del presente acápite es tener una visión general de la cuenca del río Limarí en términos geográficos, analizando aspectos relativos a su geomorfología y geología, suelos, drenaje, división político-administrativa y principales actividades económicas.

2.1.1 Geomorfología

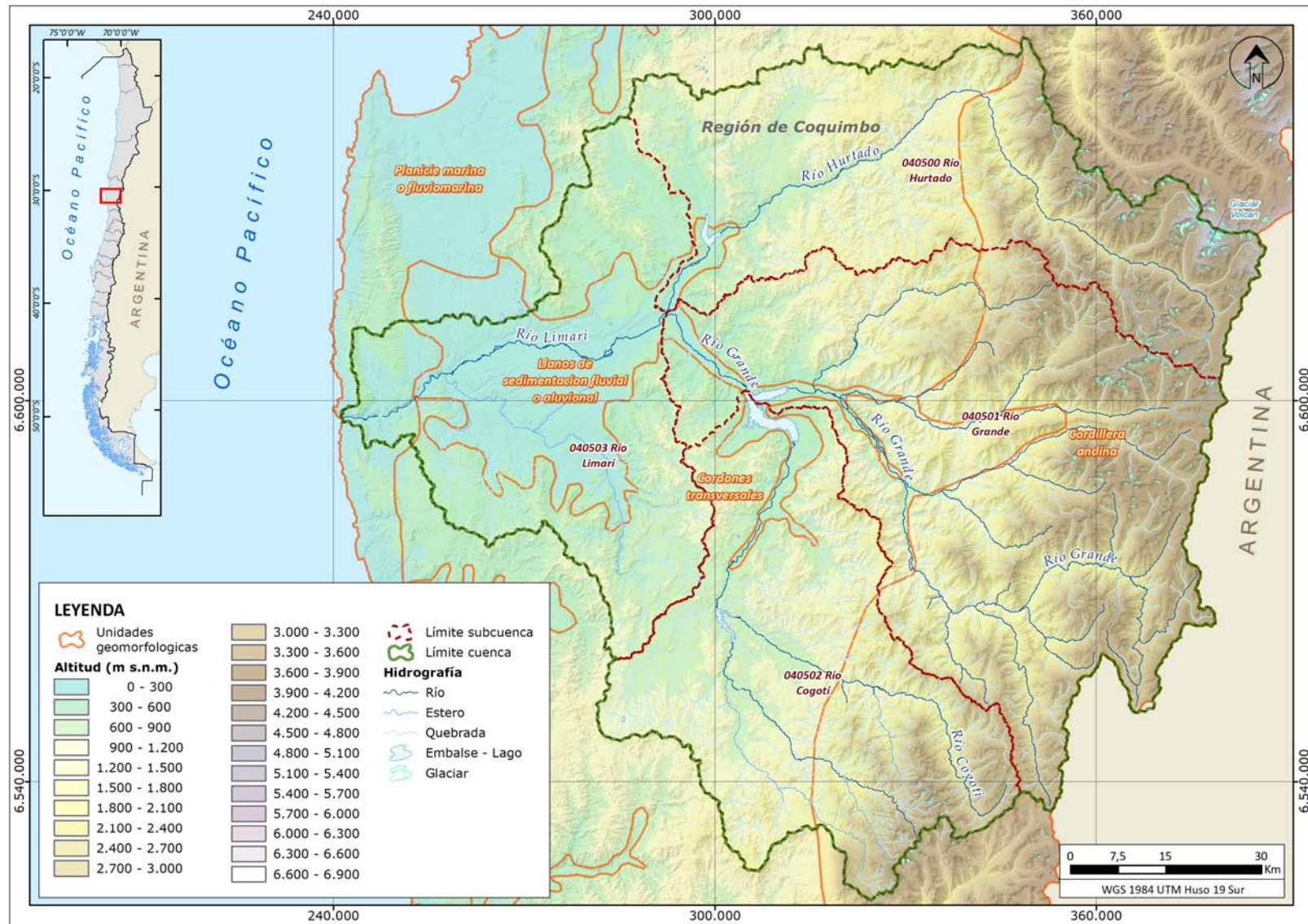
El valle transversal del río Limarí se localiza en el centro de la región de Coquimbo. La cuenca del río Limarí se encuentra dentro de la segunda agrupación regional de las Planicies Litorales y Cuencas del Sistema Montañoso Andino – Costero (DGA, 2004). En la Fuente: Elaboración propia basado en UFRO (2020) y METI-NASA (2019).

Figura 2.1-1 se muestra la distribución de sus elevaciones y unidades geomorfológicas.

La longitud del río Limarí, desde Peñones al mar, es de 64 km, de los cuales los primeros 43 km transcurren en una caja amplia de 2 o más kilómetros de ancho donde desarrolla numerosos meandros, flanqueado por extensas planicies fluviales. Hacia la Cordillera de los Andes se va encajonando, presentando laderas con pendientes muy abruptas como producto del trabajo erosivo de la acción glaciaria y del agua (DGA, 2004).

Dentro de la unidad de las Sierras Transversales del Tronco Maestro Andino, se encuentran los afluentes de este valle, siendo los principales los ríos Hurtado y Grande (DGA, 2004):

- El río Hurtado, que fluye desde el nororiente, se encuentra regulado por el Embalse Recoleta en su curso medio, y a pocos kilómetros de la unión de éste con el río Grande forma el río Limarí, en las cercanías de la ciudad de Ovalle.
- El río Grande recibe la afluencia de numerosos cauces menores; el río Mostazal, prolongación oriental de éste, orienta su cauce en eje E-W. Al norte del río Mostazal se desplaza en el mismo eje la cordillera Doña Rosa, con alturas superiores a los 4.000 m s.n.m. Más al sur, los pequeños afluentes que bajan de la cordillera troncal hacia el río Grande orientan cordones de alturas en el sentido E-W (cerros de Las Vegas Negras, divisoria entre los ríos Colorado y Tulahuencillo). El afluente meridional del río Grande es el río Guatulame, en donde el macizo cordillerano se restringe a su menor ancho, donde desaparecen los cordones transversales altos bien constituidos que se presentaban en la región al interior de Ovalle.



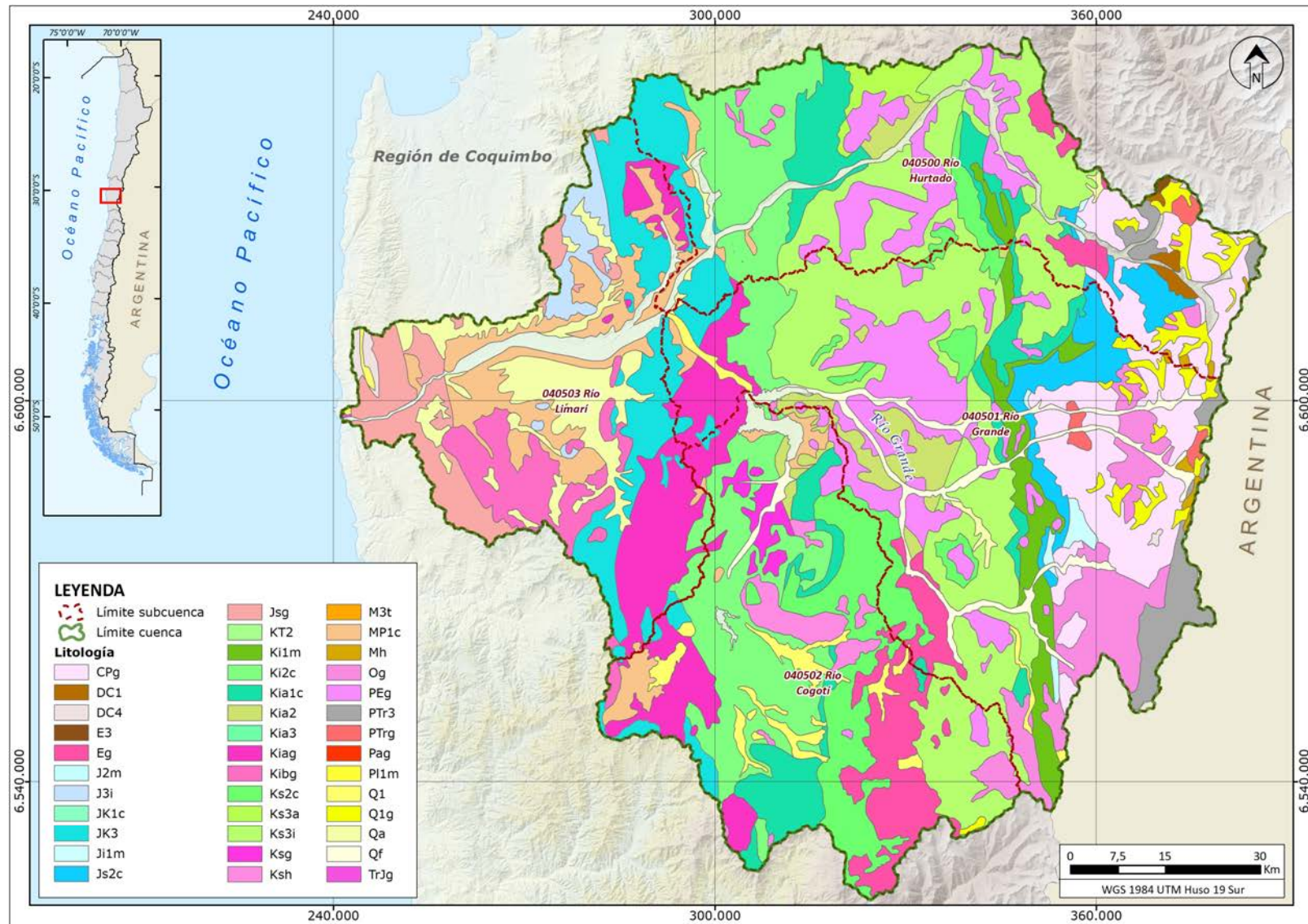
Fuente: Elaboración propia basado en UFRO (2020) y METI-NASA (2019).

Figura 2.1-1 Mapa de elevaciones y unidades geomorfológicas de la cuenca del río Limarí

2.1.2 Geología

En la Figura 2.1-2 se muestran las diferentes formaciones geológicas presentes en la cuenca del río Limarí. Al respecto de la geología de superficie en los cauces, cabe señalar que éstos se encuentran sobre formaciones geológicas constituidas por depósitos no consolidados y rellenos de depósitos fluviales; gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Los alrededores de los cauces presentan una amplia variedad de formaciones geológicas (DGA-CI, 2004):

- Zona central de la cuenca del río Limarí: Rocas JK3 de tipo volcánicas del Jurásico Superior - Cretácico Inferior. Secuencias volcánicas, lavas, basálticas a riolíticas, domos brechas y aglomerados andesíticos a dacíticos con intercalaciones clásticas continentales y marinas.
- Parte Alta río Hurtado y Quebrada Flamenco: Rocas PEg de tipo intrusivas del Paleoceno - Eoceno. Monzodioritas de piroxeno y biotita, granodioritas y monzodioritas de hornblenda y biotita, dioritas, grabos y pórfidos riolíticos y dacíticos.
- Subcuenca de río Grande Alto y Medio: Rocas Kiag de tipo intrusivas del Cretácico Inferior Alto - Cretácico Superior Bajo. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzodioritas de hornblenda y biotita.
- Subcuenca del río Guatulame: Rocas Kibg de tipo intrusivas del Cretácico Inferior Bajo. Monzodioritas y dioritas de piroxeno, hornblenda y biotita, granodioritas y tonalitas.
- Quebrada Chacacos y sector río Ponio: Rocas Ki2c de tipo volcanosedimentarias del Cretácico Inferior - Cretácico Superior. Secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas: brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, conglomerados de areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil.



Fuente: Elaboración propia basado en SERNAGEOMIN (2003).

Figura 2.1-2 Mapa geológico de la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)

2.1.3 Suelos

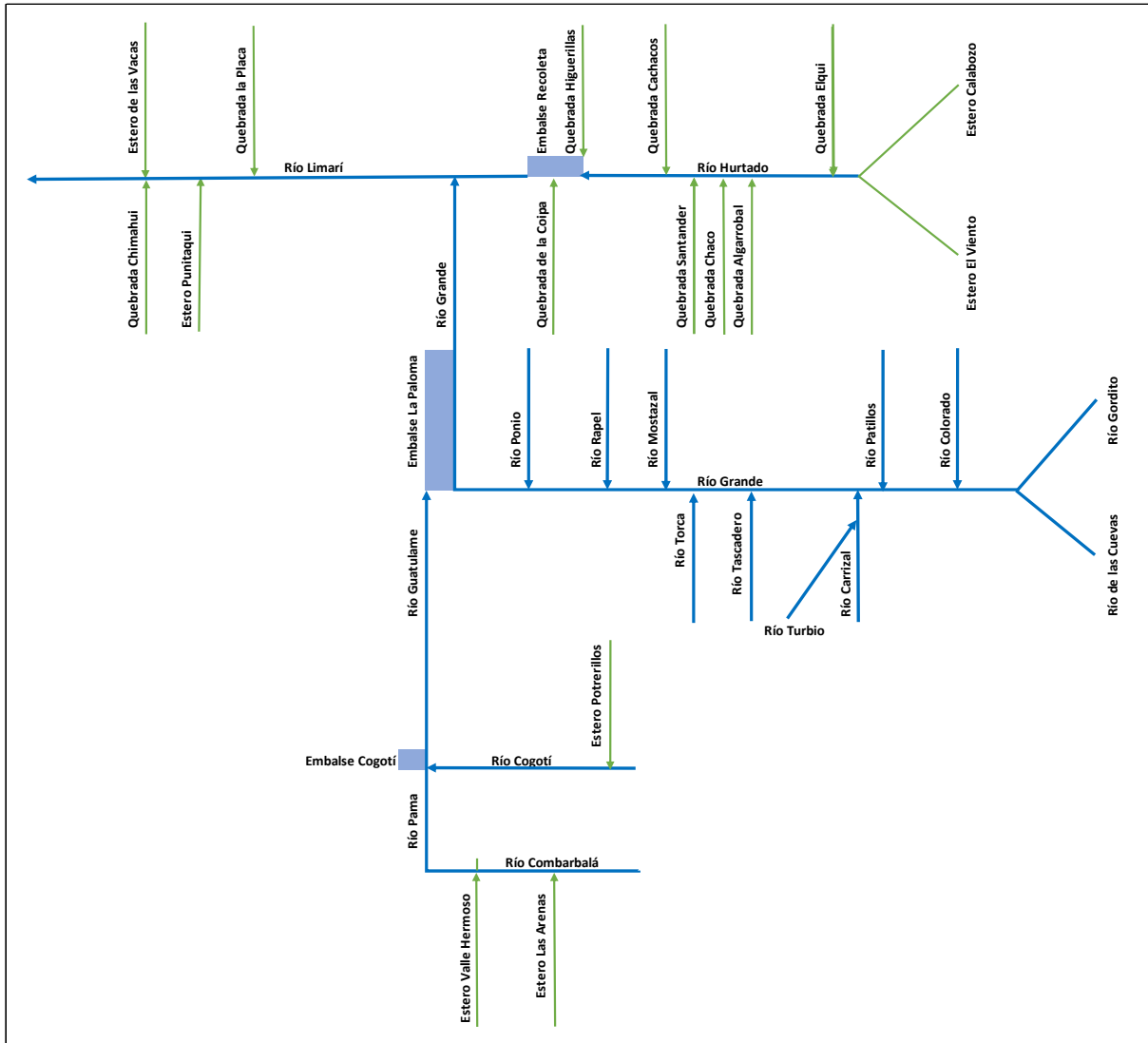
En la parte central de la provincia del Limarí predominan los suelos pardocalcálicos de pH neutro o ligeramente alcalino. En el fondo de los valles y sus terrazas aledañas se desarrollan suelos donde la salinidad no tiene carácter restrictivo, representando un buen potencial desde el punto de vista agrícola. Predominan los limos y los sedimentos recientes en contraposición a los suelos de las terrazas superiores, más arcillosos (DGA, 2004).

Aquellos suelos formados a partir de los depósitos antiguos de las terrazas altas, han alcanzado un mayor grado de evolución y sus características presentan una gran diversidad espacial. Sin embargo, tienen como característica general un alto contenido de arcilla, lo que les hace aparecer como densos y por lo tanto con limitaciones para su manejo. Pueden ser definidos en general como moderadamente profundos. Su fertilidad natural varía de baja a media y presentan problemas para la penetración de las raíces, por la presencia de lentes de arcilla y de un *hardpan* calcáreo. La misma textura fina impone condiciones de drenaje interno deficiente en la mayoría de los casos (DGA, 2004).

Los suelos que se han formado en las terrazas más bajas y en la caja del río Limarí, son poco evolucionados, de reducida profundidad y presentan limitaciones para el cultivo a causa de su baja fertilidad natural, siendo el nitrógeno el elemento crítico (DGA, 2004).

2.1.4 Drenaje

El río Limarí se forma por la unión de los ríos Grande y Hurtado, juntándose aproximadamente 4 km aguas arriba de la ciudad de Ovalle, a 260 m s.n.m. A partir de la confluencia de ambos toma el nombre de río Limarí, el cual desemboca en el mar después de recorrer alrededor de 60 km. En la Figura 2.1-3 se presenta un diagrama unifilar de los principales cauces de la cuenca. En el acápite 4.1.1.1 se recopila mayor detalle de la hidrología superficial de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1-3 Diagrama unifilar cauces principales

2.1.5 División político-administrativa

La cuenca del río Limarí se extiende a través de la provincia de Limarí, abarcando completa o parcialmente las comunas de Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, Punitaqui y Río Hurtado. La Tabla 2.1-1 muestra la superficie total de las mencionadas comunas, así como el porcentaje de la comuna en relación a la extensión de la cuenca.

Tabla 2.1-1 Superficie de la cuenca del río Limarí respecto a comunas

Cuenca	Provincia	Comuna	Superficie comuna (km ²)	Porcentaje superficie comuna en cuenca (%)
Río Limarí	Limarí	Combarbalá	2.296	100%
		Monte Patria	4.211	100%
		Ovalle	3.546	63%
		Punitaqui	1.092	43%
		Río Hurtado	2.204	100%

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019).

2.1.6 Actividad económica

2.1.6.1 Valor de la producción regional¹

El Producto Interno Bruto (PIB) de la Región de Coquimbo consignado por el Banco Central de Chile (BC, 2019) al año 2017, corresponde a \$5.025 mil millones de pesos, representando el 2,79% a nivel nacional. En términos sectoriales se destaca la actividad minera (25%), seguida por servicios personales (13%) y servicios financieros-empresariales (10%). Respecto al sector agropecuario-silvícola, este alcanza un 7,9% de participación. En último lugar se encuentra el sector pesquero, el cual corresponde al 0,3% del PIB regional. En el Anexo J.1.1 se encuentran las gráficas de distribución del PIB por actividad económica y del registro del PIB regional total y regional sectorial.

2.1.6.2 Empleo regional por sector económico

Respecto al número de personas empleadas por rama de actividad económica, se obtiene que, entre los años 2013-2018, la mayor cantidad de trabajos se encuentra en la actividad de comercio, representando un 19% del total de personas ocupadas; le sigue las actividades agropecuario-silvícola con un 13% de empleabilidad (INE, 2019b). La fuerza de trabajo asociada a la actividad minería y a la industria manufacturera, alcanza un promedio de 10% y 7% correspondientemente (INE, 2019b). En el Anexo J.1.1 se encuentra la tabla con el número de trabajadores ocupados por rama de actividad, entre los años 2013-2018 y el registro trimestral de ocupación según actividad.

2.1.6.3 Principales actividades económicas en la cuenca

A continuación, se presenta una descripción de las actividades económicas de importancia para la gestión hídrica de la cuenca.

i. Actividad minera

Según la información minera contenida en la base de datos "Faenas de Chile" en la plataforma web Minería Abierta (MINMINERIA, 2019), en la cuenca del río Limarí existen 324 faenas mineras, consistentes de minas a rajo abierto, minas subterráneas

¹ La información relativa a producción, desde fuentes oficiales, es a nivel regional (PIB, del Banco Central de Chile). No se dispone de este índice desagregado a nivel provincia. Debido a esto, no es posible aplicar un porcentaje ponderado a la cuenca, ya que los valores no son homogéneos en toda la región.

y plantas procesadoras (molienda, chancado, concentración y lixiviación). De acuerdo a la información presentada por el Consejo Minero (CONMIN, 2019), el 81% de la demanda de agua en la minería se encuentra en los procesos de concentración e hidrometalurgia; en la cuenca estudiada se identificaron 15 plantas que desarrollan estos procesos. El registro completo de las instalaciones (minas y plantas) presentes en la cuenca del río Limarí se encuentra en el Anexo J.1.2.

Entre los minerales metálicos explotados se encuentra Cu, Mo, Fe y Au, y de las rocas y minerales no metálicos está presente la producción de arcillas y rocas ornamentales. Entre los yacimientos cupríferos se destaca la minera Altos de Punitaqui, con una producción de 7.000 toneladas métricas en el año 2017. Otras empresas cupríferas presentes en la zona son Minera Cruz y empresa Nacional de Minería (ENAMI). Entre las empresas no cupríferas se encuentran la Compañía Minera APC Chile, con plantas de producción de Fe; HMC GOLD S.C.M, con plantas de concentración de Au; y Mina Las Turquesas, con producción de arcillas.

De acuerdo a la información entregada por INE (2019a), la minería fue el principal sector exportador de la región, con un monto de 282,0 MMUS\$ en el mes de septiembre del año 2019, representando el 84,9% de la exportación total de la zona.

ii. Actividad agrícola

Se presenta en la Tabla 2.1-2 la superficie de riego censada (INE, 2007)² para diferentes tipos de cultivos, por subcuenca. Se observa que la principal producción agrícola en la cuenca corresponde al cultivo de frutales, representando un 54% de la producción regional al año 2007.

Tabla 2.1-2 Superficies de riego en la cuenca del río Limarí - Censo Agropecuario año 2007

Cód. Subc.	Nombre Subcuenca	Superficie por cultivos [Ha] ³					Total
		CER	FOP	HOR	VIÑ	FRU	
0450	Río Hurtado	65,30	782,78	97,73	660,49	731,79	2.338,10
0451	Río Grande Alto (hasta arriba junta Río Rapel)	32,71	207,72	22,57	615,20	1.458,75	2.336,95
0452	R. Grande Medio (arriba Junta R. Rapel y R. Guatulame o Muro Emb. Paloma)	24,60	97,50	109,04	572,18	1.772,76	2.576,08

² Cabe remarcar la brecha existente en cuanto a información agropecuaria actualizada por la inexistencia de un censo actualizado, superando en más de 10 años el período desde el último realizado (año 2007).

³ Grupos de cultivos según lo siguiente: CER (Cereales, Legumbres, Tubérculos y Cultivos Industriales; y Forrajeras Anuales); FOP (Forrajeras Permanentes); HOR (Hortalizas, Flores y Semilleros); VIÑ (Viñas y Parronales); y FRU (Frutales).

Cód. Subc.	Nombre Subcuenca	Superficie por cultivos [Ha] ³					Total
		CER	FOP	HOR	VIÑ	FRU	
0453	R. Guatulame (Muro Embalse Paloma)	63,91	240,05	251,61	96,53	5.863,58	6.515,68
0454	Río Grande Bajo (entre Embalse Paloma y Río Hurtado)	10,89	91,37	103,88	375,45	936,12	1.517,72
0455	Río Limarí	1.526,86	1.654,59	2.655,51	5.640,73	8.113,70	19.591,39
Total	Cuenca río Limarí	1.724,28	3.074,01	3.240,35	7.960,58	18.876,69	34.875,91

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2007).

De acuerdo a las estadísticas entregadas por INE (2019a), la producción silvoagropecuaria para exportación solo alcanza el 11,9% de participación a nivel regional, lo cual también se ve reflejado en el aporte de esta actividad al PIB regional, como se muestra en la Tabla 2.1-2. Sin embargo, de acuerdo al estudio “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2017a), la demanda hídrica para riego del sector agrícola al año 2015 representó el 95% de la demanda consuntiva en la cuenca (Anexo J.1.3), razón por la cual es considerado en el presente análisis.

iii. Actividad servicios: generación hidroeléctrica

En la Tabla 2.1-3 se muestran las instalaciones utilizadas para generación eléctrica en la cuenca del río Limarí y que, a su vez, son consideradas de importancia para la gestión de recursos hídricos. En el Anexo J.1.4 se detalla información sobre éstas.

Tabla 2.1-3 Servicios de generación de energía eléctrica en operación

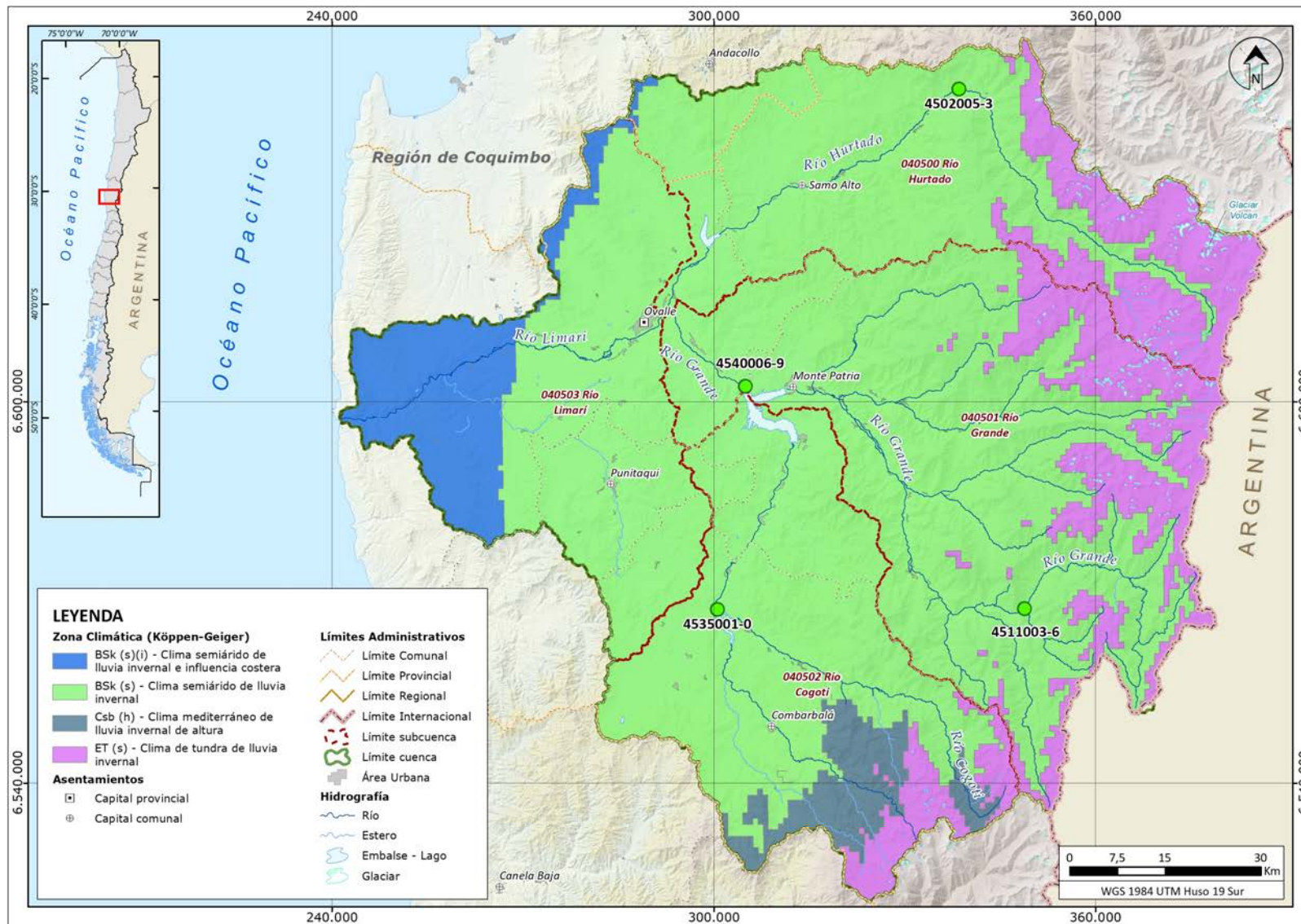
Subc.	Tipo de generación	Nombre	Propiedad	Potencia (MW)	Tipo de instalación	Año operación
Río Grande	Hidroeléctrica	La Paloma	Hidropaloma S.A.	4,6	De Pasada	2010
Río Grande	Hidroeléctrica	Los Molles	Endesa	18	De Pasada	1952
Río Grande	Termoeléctrica	Monte Patria	Elektragen	9	Termoeléctrica	2007
Río Limarí	Termoeléctrica	Punitaqui	Elektragen	9	Termoeléctrica	2007

Fuente: Elaboración propia basada en MINMINERIA (2019).

2.2 CLIMA

2.2.1 Caracterización climática

Según la clasificación de Köppen-Geisger, en la cuenca del río Limarí se presentan varios climas, según lo representado en la Figura 2.2-1.



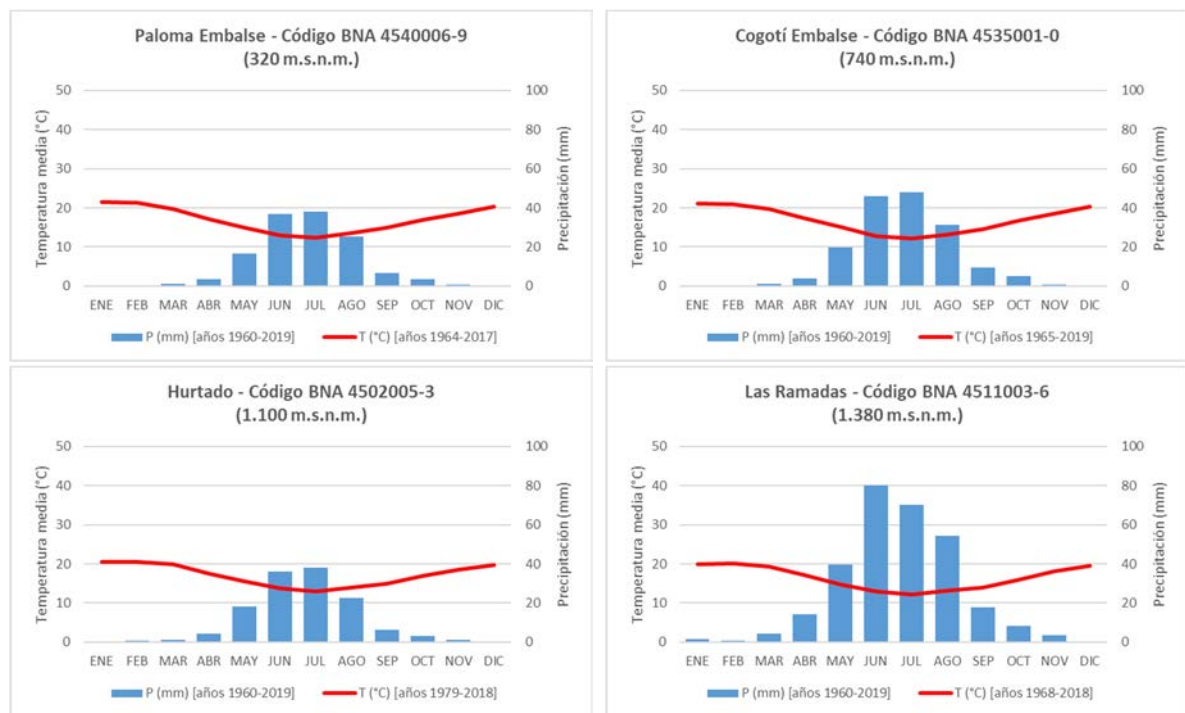
Fuente: Elaboración propia basada en UCH (2016).

Figura 2.2-1 Clasificación climática de la cuenca del río Limarí (escala 1:1.500.000)

Los climas identificados, en sentido W-E, corresponden a:

- En el sector occidental de la cuenca y su desembocadura, se presenta un clima de tipo BSk (s) (i), correspondiente a clima seco semiárido de lluvia invernal e influencia costera. Se caracteriza por ser un clima frío y seco, con precipitaciones escasas y temperatura media anual inferior a 18°C, presentando una débil oscilación térmica anual.
- BSk (s): Clima seco semiárido de lluvia invernal. Abarca la mayor extensión de la cuenca en su parte media y media-alta en los valles. Se caracteriza por ser un clima frío y seco, con precipitaciones escasas y temperatura media anual inferior a 18°C.
- En las partes más altas de la cuenca, se presenta un clima frío de tundra de lluvia invernal (ET (s)), con algunos sectores en el SE de la subcuenca del río Guatulame de tipo Csb (h) (clima templado cálido de lluvia invernal de altura).

En la Figura 2.2-2 se presentan los climogramas de las estaciones meteorológicas de Paloma Embalse, Cogotí Embalse, Hurtado y Las Ramadas, ubicadas en diferentes puntos de la cuenca del río Limarí (Figura 2.2-1).



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2019a).

Figura 2.2-2 Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas Paloma Embalse (4540006-9), Cogotí Embalse (4535001-0), Hurtado (4502005-3) y Las Ramadas (4511003-6)

Por ejemplo, la temperatura media anual en el Embalse Paloma es de 17,1°C, con máxima de 27,5°C y mínima de 6,1°C, y una precipitación anual de 136 mm. Por otro lado, en Las Ramadas, en la parte alta de la cuenca, la temperatura media anual es de 16,5°C, con máxima de 29,9°C y mínima de -0,2°C, y una precipitación anual de 277 mm (CR2, 2020).

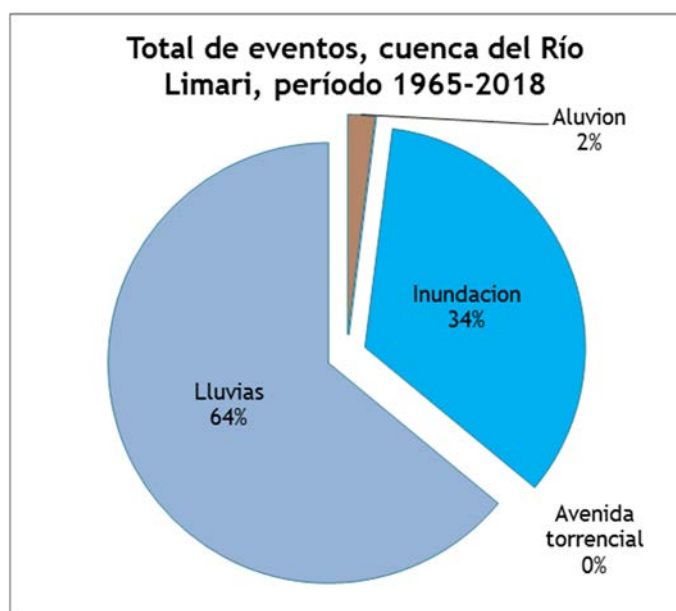
2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Consiste en realizar una selección de eventos a evaluar, estableciendo la resolución de los insumos a utilizar y el período de análisis. El detalle de la metodología se expone en el Anexo F, en el acápite 3.4.5.

Cabe destacar que el análisis se enfoca en los eventos lluvias, aluviones, inundaciones y avenidas torrenciales. Eventos extremos asociados a sequía son abordados directamente en el acápite 5.2 de Brechas a través del análisis de las forzantes utilizadas y caudales observados/simulados.

2.2.2.1 Resultados del análisis de eventos

Se identificó un total de 50 eventos diferentes, en el periodo 1965-2018. En la Figura 2.2-3 un resumen por tipo de eventos, siendo los asociados a lluvias los más comunes con un 64% del total, seguido por las inundaciones con un 34%. Los asociados a aluviones y avenidas torrenciales son menos frecuentes con 2% y 0%, respectivamente.



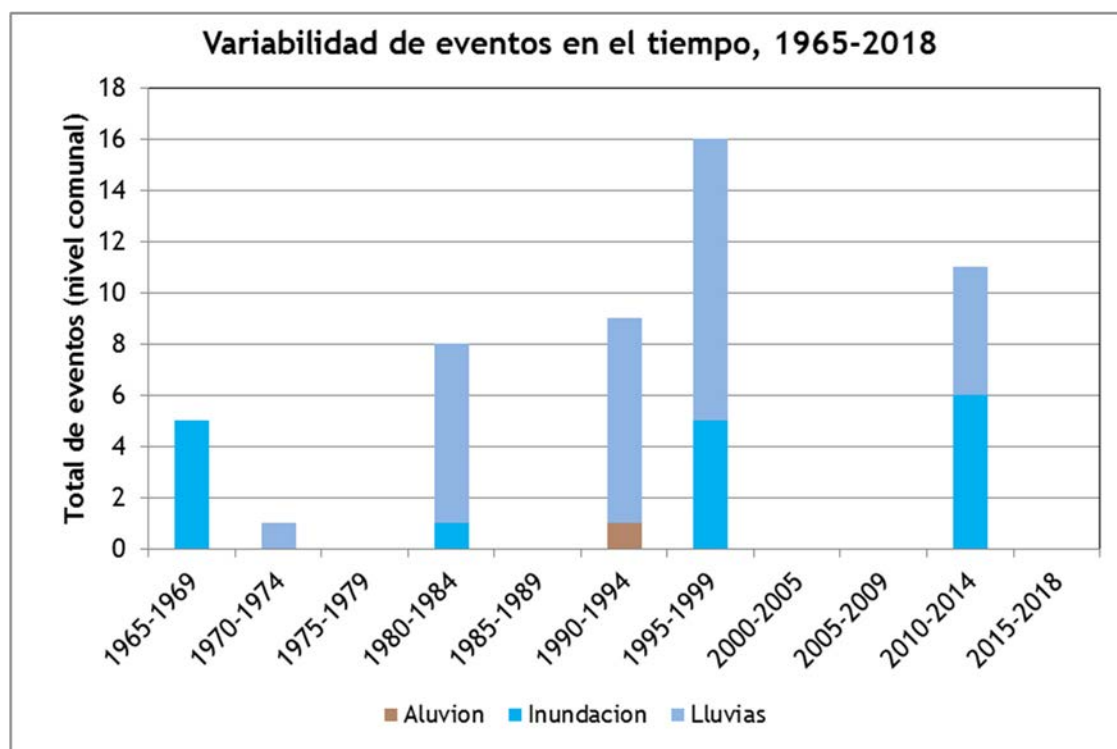
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-3 Resumen de eventos más importantes, período: 1965-2018

En la Figura 2.2-4 se muestra la variabilidad temporal, según lustros, en el que se aprecia una importante variabilidad de los eventos registrados, siendo el período 1995-1999 aquel con mayor número de eventos, seguido del período 2010-2014.

De los resultados, se destaca que el número de eventos no ha aumentado sostenidamente en el tiempo, lo cual difiere con lo esperado de acuerdo a la bibliografía (Cubasch, U *et al.*, 2001; Karl and Trenberth, 2003). Esta diferencia se debe a que los eventos analizados resultan ser muchas veces del tipo secundario, vale decir, fueron se generados de un evento primario, el cual pudo haber sido un evento climatológico que puede ocurrir con mayor frecuencia y no necesariamente implicaría un aumento en la frecuencia de eventos secundarios.

Que en un período de 4 o 5 años no existan registros se explica porque no hubo personas afectadas, de acuerdo a la revisión de prensa, a pesar de que sí ocurrieron eventos del tipo analizado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-4 Variación de eventos (comunales) más importantes en el tiempo, período 1965-2018

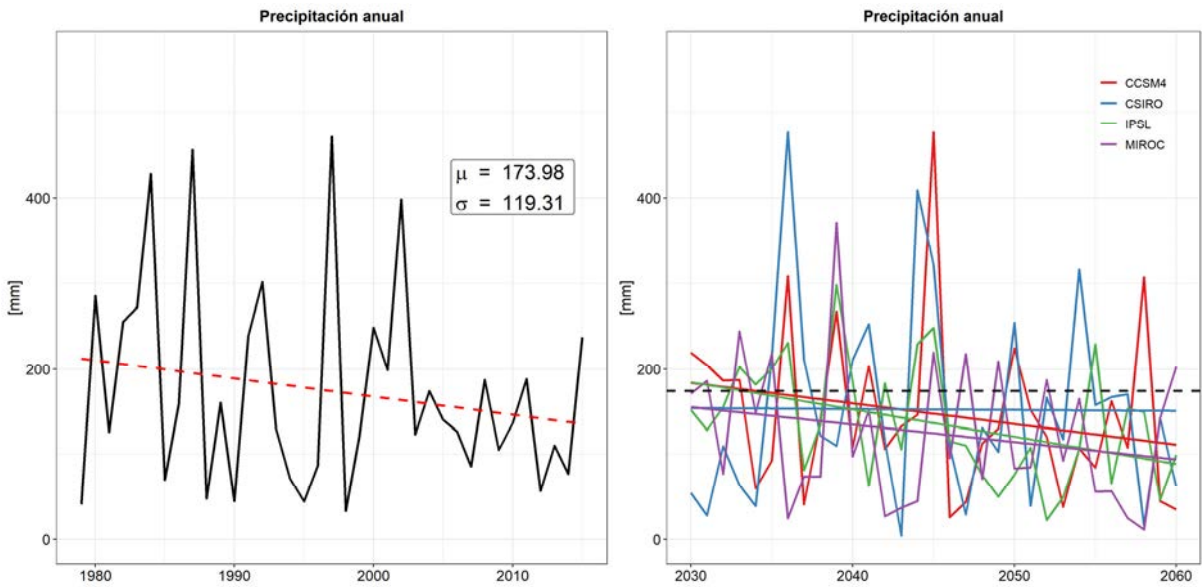
2.2.2.2 Variabilidad climática

A continuación, se presentan los resultados del análisis de variabilidad para las tres variables hidrometeorológicas. La metodología de análisis de variabilidad climática de precipitación, temperatura y caudales se expone en el Anexo F (acápite 3.4.5).

i. Precipitación

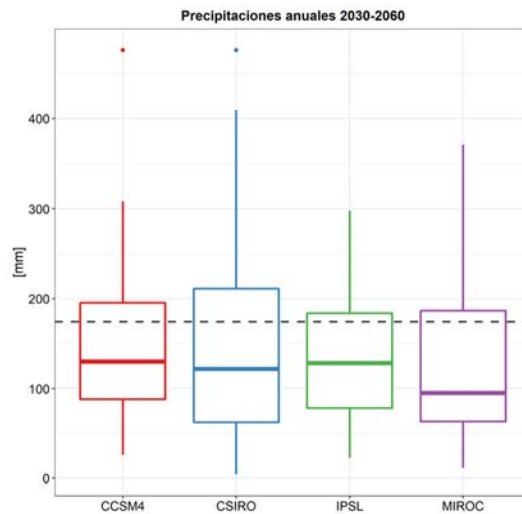
Según lo presentado en la Figura 2.2-5, la Figura 2.2-6, la Figura 2.2-7 y la Tabla 2.2-1 se aprecia que el periodo histórico presenta una tendencia estadísticamente significativa a la disminución de las precipitaciones. Si bien los cuatro MCGs presentan también tendencias a la disminución, solo son estadísticamente significativas para los

casos de CCSM4 y CSIRO. En promedio, los MCGs proyectan una disminución de 12 mm en la precipitación promedio anual para el periodo futuro, siendo MIROC el modelo más pesimista (disminución de 22 mm).



Fuente: Elaboración propia.

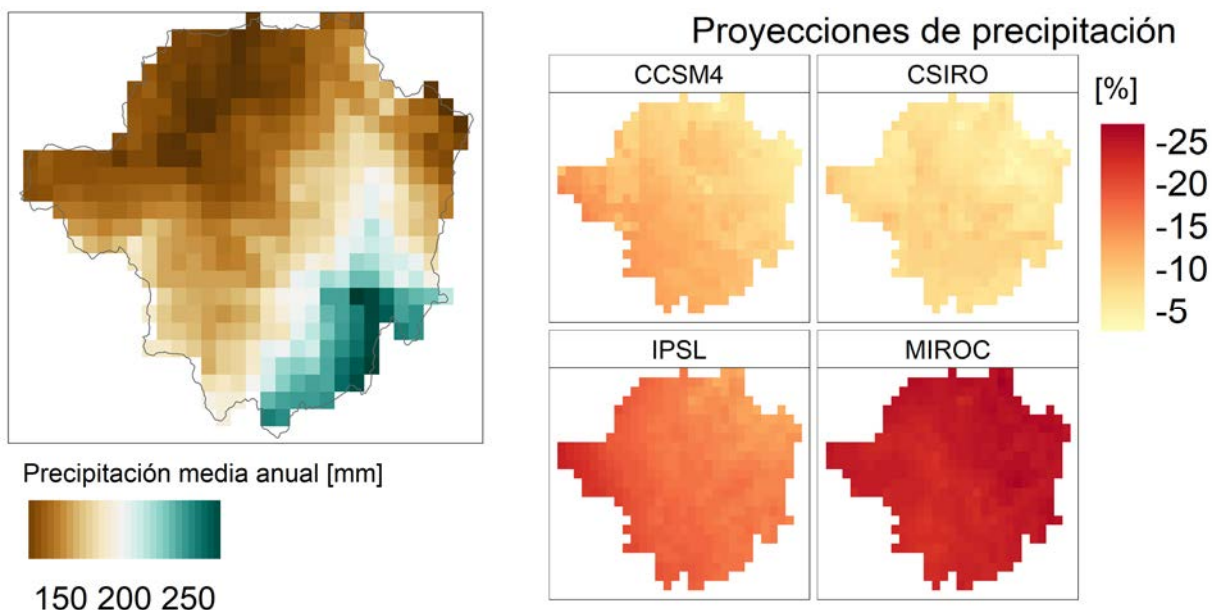
Figura 2.2-5 Precipitación anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-6 Gráficos de caja para los valores anuales de precipitación para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico

La resolución espacial empleada en la Figura 2.2-7 es de 5 x 5 km/píxel, donde se observa que la disminución de precipitaciones proyectadas es más bien homogénea para la cuenca del Río Limarí.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-7 Distribución espacial de la precipitación en el periodo histórico (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho)

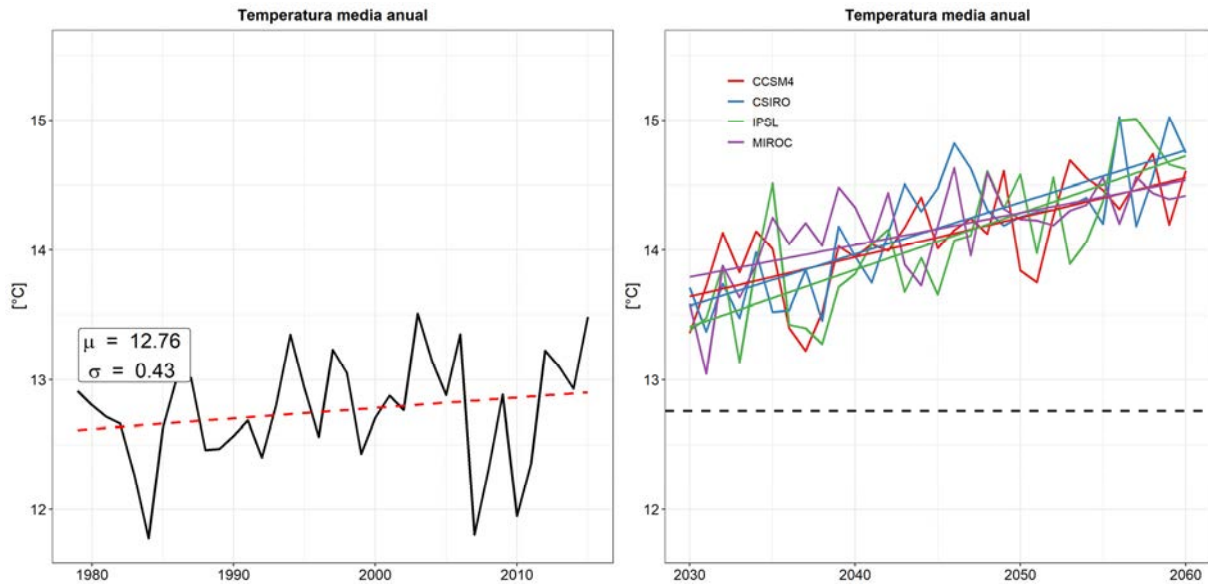
Tabla 2.2-1 Estadísticos de precipitación anual para el periodo histórico y 4 MCGs

Modelo/Periodo	Promedio (mm)	Desviación estándar (mm)	Coefficiente de variación (-)	Tau (-)	p valor (-)
Histórico	174	119	0,69	-0,09	0,46
CCSM4	166	136	0,81	-0,09	0,25
CSIRO	170	124	0,73	-0,07	0,33
IPSL	159	81	0,51	-0,21	< 0,01
MIROC	152	89	0,59	-0,25	< 0,01

Fuente: Elaboración propia.

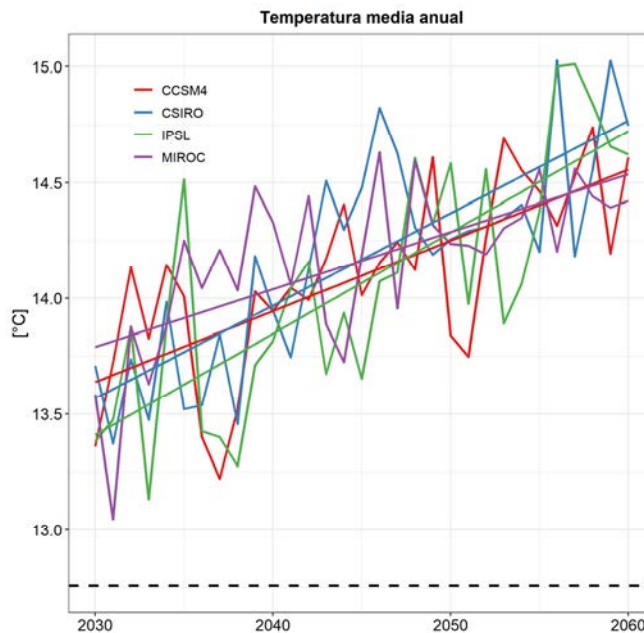
ii. Temperatura

En la Figura 2.2-8, la Figura 2.2-9, y la Figura 2.2-10 se muestran los resultados gráficos. El periodo histórico presenta una tendencia estadísticamente significativa en el aumento de temperaturas. Los cuatro MCGs proyectan tendencias similares entre sí, sin embargo, ninguna de ellas es estadísticamente significativa (ver Tabla 2.2-2). En promedio, las proyecciones estiman un aumento de 0,55 °C a escala de cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-8 Temperatura media anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra)

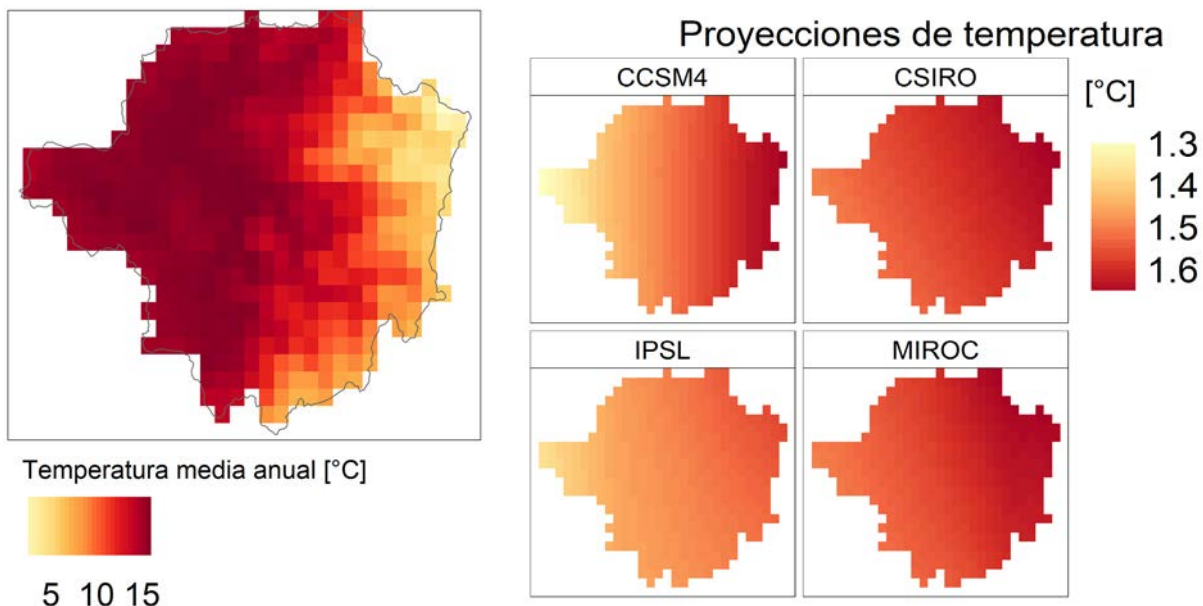


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-9 Temperatura media anual para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico.

Se observa, además, que los MCGs proyectan un aumento mayor en sectores de mayor elevación, llegando a aumentos de 1,6 °C en el sector este de la cuenca. Las

desviaciones estándar obtenidas para los MCGs son cercanas al doble de la desviación obtenida para el periodo histórico, indicando aumentos en la variabilidad interanual de la temperatura (Ver Figura 2.2-10).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-10 Distribución espacial de la temperatura en el periodo histórico (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho)

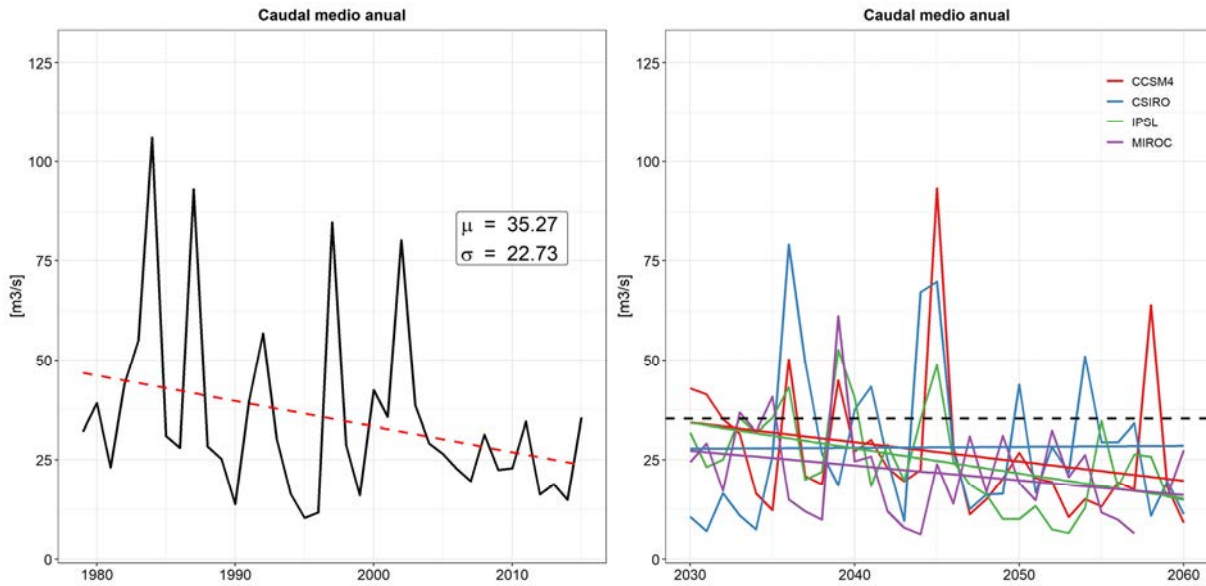
Tabla 2.2-2 Estadísticos de temperatura anual para el periodo histórico y 4 MCGs

Modelo/Periodo	Promedio (°C)	Desviación estándar (°C)	Coefficiente de variación (-)	Tau (-)	p valor (-)
Histórico	12,76	0,43	0,03	0,17	0,14
CCSM4	13,32	0,82	0,06	0,75	< 0,01
CSIRO	13,33	0,81	0,06	0,74	< 0,01
IPSL	13,25	0,85	0,06	0,76	< 0,01
MIROC	13,32	0,81	0,06	0,74	< 0,01

Fuente: Elaboración propia.

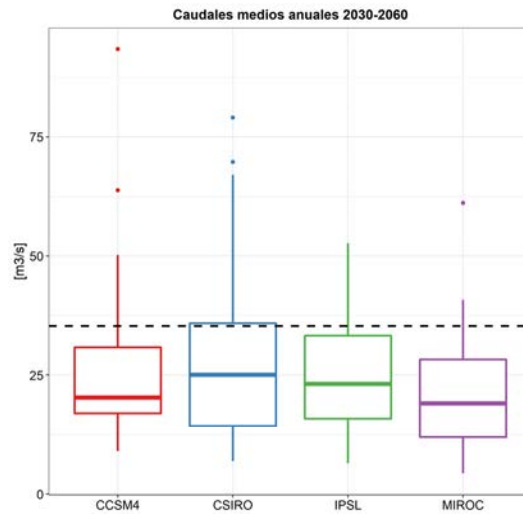
iii. Caudal

En la Figura 2.2-11, la Figura 2.2-12, y la Figura 2.2-13 se muestran los resultados gráficos, mientras que en la Tabla 2.2-3 se resumen los resultados numéricos. Si bien se observa una tendencia a la disminución en el periodo histórico, no se considera estadísticamente significativa según la prueba de Mann-Kendall (p valor < 0,05).



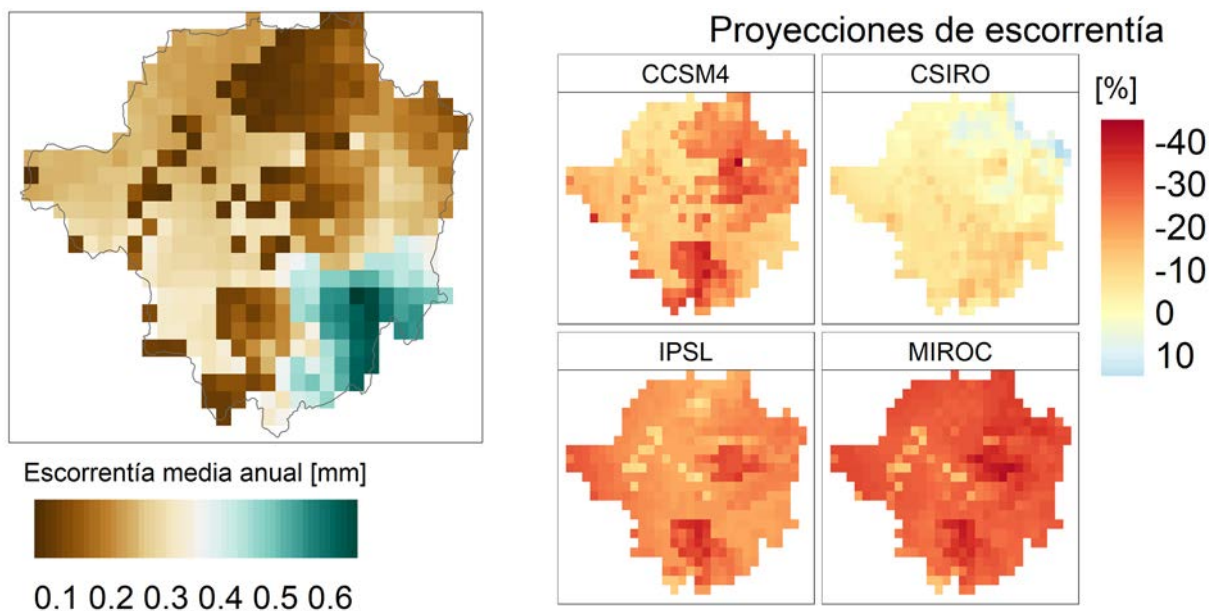
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-11 Caudal medio anual para el periodo histórico (panel izquierdo, tendencia lineal en línea punteada roja) y periodo futuro (panel derecho, tendencias lineales en líneas sólidas y promedio histórico en línea punteada negra)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-12 Gráficos de caja para los valores anuales de caudales para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-13 Distribución espacial de la escorrentía en el periodo histórico (izquierda) y las proyecciones de los 4 MCGs (derecha).

Tabla 2.2-3 Estadísticos de caudales anuales simulados para el periodo histórico y 4 MCGs

Modelo/Periodo	Promedio (m ³ /s)	Desviación estándar (m ³ /s)	Coefficiente de variación (-)	Tau (-)	p valor (-)
Histórico	35,27	22,73	0,64	-0,24	0,04
CCSM4	32,33	27,70	0,86	-0,17	0,02
CSIRO	32,23	23,40	0,73	-0,08	0,30
IPSL	30,22	15,48	0,51	-0,29	< 0,01
MIROC	28,17	16,86	0,60	-0,31	< 0,01

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Escenarios de cambio climático

La selección de los modelos de circulación general (MCG) para el estudio se enmarca dentro de la metodología empleada en la Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017c). Se puede ver el detalle de la metodología aplicada en el Anexo F, acápite 3.4.8, del presente estudio.

En el caso de Limarí, los modelos seleccionados como prioridad 1 y 2 fueron CSIRO y CCSM4 respectivamente.

2.3 DIMENSIÓN AMBIENTAL

2.3.1 Unidades ecosistémicas

En este apartado se identifican los ecosistemas terrestres y de aguas continentales presentes en la cuenca, así como las figuras de protección existentes.

2.3.1.1 Ecosistemas terrestres

Las formaciones y pisos vegetales en la cuenca del río Limarí, según Luebert y Pliscoff (2017), se presentan en la Tabla 2.3-1 y quedan representadas en la Figura 2.3-1.

Tabla 2.3-1 Ecosistemas terrestres zonales de la cuenca del río Limarí

Formación	Código Piso	Piso	Superficie remanente (km ²)	Porcentaje superficie (%)
Bosque esclerófilo	P38	Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Kageneckia angustifolia</i> / <i>Guindilia trinervis</i>	402	3%
Herbazal de altitud	P117	Herbazal tropical-mediterráneo andino de <i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	412	4%
	P118	Herbazal mediterráneo andino de <i>Nastanthus spathulatus</i> - <i>Menonvillea spathulata</i>	220	2%
Matorral bajo de altitud	P108	Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de <i>Adesmia hystrix</i> - <i>Ephedra breana</i>	1492	13%
	P109	Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de <i>Adesmia subterranea</i> - <i>Adesmia echinus</i>	575	5%
	P111	Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Nardophyllum lanatum</i>	149	1%
	P112	Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Laretia acaulis</i> - <i>Berberis empetrifolia</i>	182	2%
Matorral desértico	P17	Matorral desértico mediterráneo costero de <i>Oxalis virgosa</i> - <i>Heliotropium stenophyllum</i>	138	1%
	P19	Matorral desértico mediterráneo interior de <i>Heliotropium stenophyllum</i> - <i>Flourensia thurifera</i>	2527	22%
	P20	Matorral desértico mediterráneo interior de <i>Flourensia thurifera</i> - <i>Colliguaja odorifera</i>	4561	39%
	P21	Matorral desértico mediterráneo costero de <i>Bahia ambrosioides</i> / <i>Puya chilensis</i>	15	0,1%
Sin vegetación	SV	Sin vegetación	1007	9%

Fuente: Elaboración propia basada en Luebert y Pliscoff (2017).

2.3.1.2 Ecosistemas de aguas continentales

Respecto de los ecosistemas acuáticos, el Inventario de Humedales (MMA, 2015) identificó, en la cuenca del río Limarí, los cuerpos de agua resumidos en la Tabla 2.3-2 y graficados en la Figura 2.3-1.

Tabla 2.3-2 Ecosistemas acuáticos continentales en la cuenca del río Limarí

Clase	Subclase	Longitud (km)	Área (km ²)
Ríos	Ríos principales	378	-
	Ríos secundarios	609	-

Clase	Subclase	Longitud (km)	Área (km ²)
Cuerpos	Lagos	-	-
	Lagunas	-	2
Otros humedales	Otros humedales	-	41
Sistemas antropizados	Embalses	-	35

Fuente: Elaboración propia basada en MMA (2015).

Respecto a los humedales y otros cuerpos de agua, no existe información sistematizada sobre su importancia ecosistémica, especies presentes o su estado de conservación. Si bien el MMA propone diseñar e implementar un sistema de monitoreo y seguimiento ambiental de humedales que considere todas sus características ecológicas, esto es parte de una visión a largo plazo, sin que exista actualmente información en detalle sobre su condición actual particular de cada uno, ni sobre los componentes biológicos, físicos y químicos que conforman dichos ecosistemas.

Sin perjuicio de lo anterior, se presentan en la Tabla 2.3-3 algunas de las especies de flora acuática presentes en la cuenca del río Limarí, así como también su estado de conservación según el Inventario Nacional de Especies (MMA, 2020b). De la misma forma, en la Tabla 2.3-4 se presentan especies de fauna acuática representativas de la cuenca, su ambiente y estado de conservación.

Tabla 2.3-3 Flora acuática de la cuenca del río Limarí

Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación
<i>Cladophora sp</i>	-	-
-	Algas de la División Clorófitas	-
<i>Jussiaea sp</i>	-	-
<i>Myriophyllum sp</i>	-	-
<i>Zannichellia sp</i>	-	-

Fuente: Elaboración propia basada en DGA (2004) e Inventario Nacional de Especies (MMA, 2020b).

Tabla 2.3-4 Fauna acuática de la cuenca del río Limarí

Nombre científico	Nombre común	Ambiente	Estado de conservación
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey	Íctico	Vulnerable
<i>Trichomycterus aerolatus</i>	Bagrecito	Íctico	Vulnerable

Fuente: Elaboración propia basada en DGA (2004) e Inventario Nacional de Especies (MMA, 2020b).

2.3.1.3 Áreas bajo protección oficial y otras figuras de conservación

En la Tabla 2.3-5 se resumen las áreas con diferentes grados de protección de la biodiversidad identificadas en el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio de Medio Ambiente en la cuenca del río Limarí, las cuales también se representan en la Figura 2.3-1.

En el Anexo J.2. se recopilan las fichas de las áreas con figuras de conservación procedentes del RNAP, donde se incluye, entre otros, información sobre las especies

presentes y sus características (nativo, endémico o exótico, y su estado de conservación). Según la información anterior, las especies representativas de la biodiversidad identificadas en las mencionadas áreas de conservación tienen su estado de conservación en categoría “No Evaluado”.

Cabe señalar que las áreas protegidas de la cuenca abarcan una superficie muy reducida de la cuenca; tanto los ecosistemas terrestres como acuáticos prestan servicios ecosistémicos, entre otros, de provisión de agua y de depuración de las aguas, respectivamente. La inexistencia de áreas de protección de zonas de recarga natural a lo largo del río Limarí y sus afluentes (excepto aquellas relativas a las figuras WDPA-033 y el Sitio Ramsar “Humedal del río Limarí”, y en menor medida SP2-026) supone una brecha al objetivo específico relativo a la protección de funciones ecosistémicas críticas con los cuerpos de agua en el tiempo.

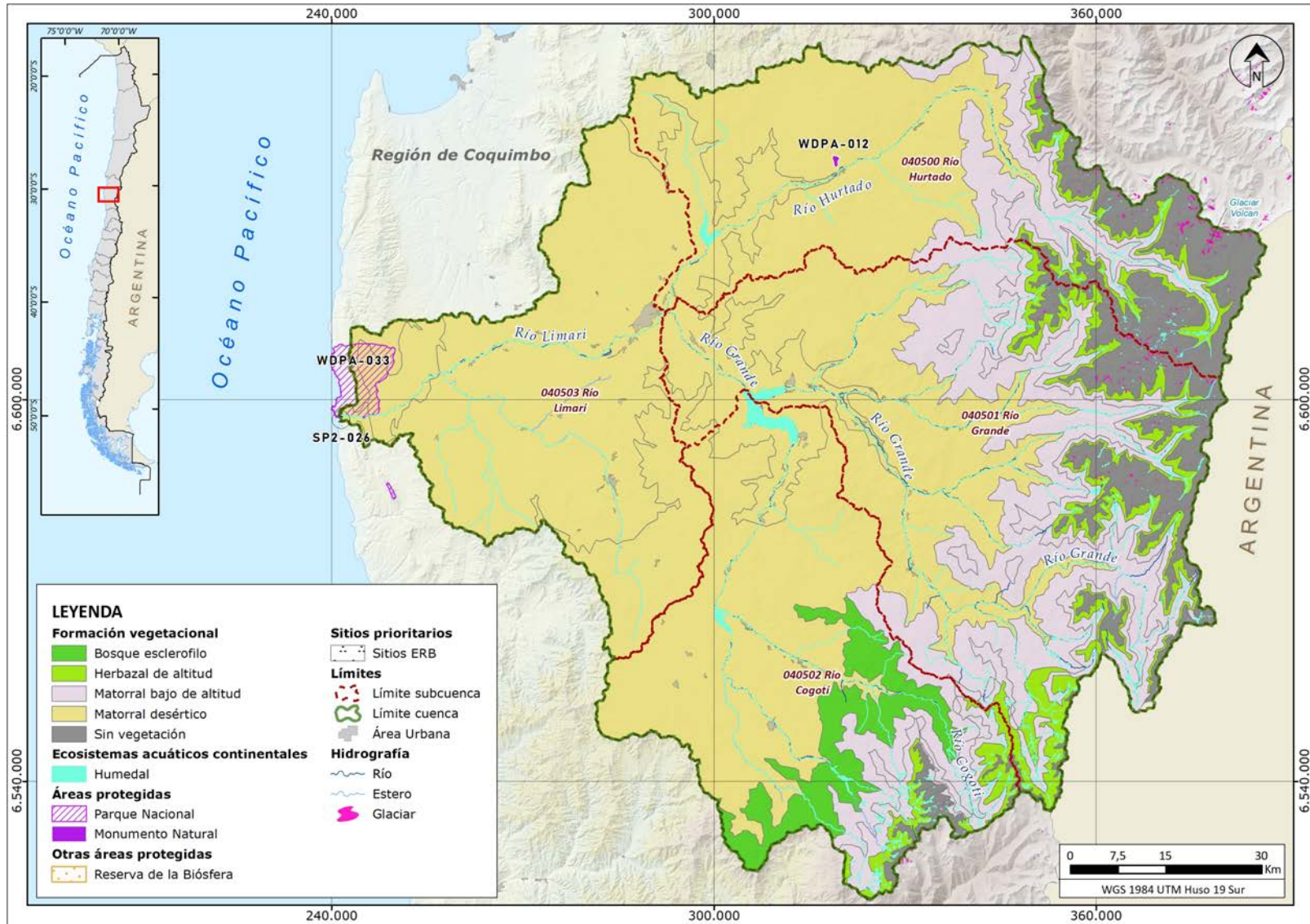
En relación a lo anterior, el MMA se encuentra actualmente trabajando en ejes programáticos sobre la incorporación de los servicios ecosistémicos en la elaboración de políticas públicas ambientales a nivel país (MMA, 2020c). Se sugiere que, de la misma forma, dicha institución desarrolle instrumentos o políticas para asegurar los servicios ecosistémicos de provisión de agua que llevan a cabo los ecosistemas terrestres, y de depuración de aguas que facilitan los ecosistemas acuáticos. Algunos ejemplos de estudios para la cuenca del río Limarí, que son parte de la base de datos de estudios sobre servicios ecosistémicos del MMA son “Valoración económica de los servicios ambientales del agua en la cuenca del río Limarí, IV región de Chile” (Geldes C., 2003), “Proposición de un sistema de pago por servicios ambientales bajo la estrategia de gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Limarí. Estudio de caso” (Valdebenito J., 2011), “*Economic valuation of kelp forests in northern Chile: values of goods and services of the ecosystem*” (Vásquez et al., 2014) y “Valor económico de los bosques de algas pardas en las costas de la III y IV región de Chile” (Zuñiga-Jara et al., 2009).

Tabla 2.3-5 Áreas de conservación de la cuenca del río Limarí

Categoría	Cód. RNAP	Nombre	Año Promulg.
Áreas Protegidas			
Parque Nacional	WDPA-033	Bosque Fray Jorge	1941
Reserva Nacional	-	-	-
Monumento Nacional	WDPA-012	Pichasca	1985
Santuario de la Naturaleza	-	-	-
Reserva Forestal	-	-	-
Área Marina Costera Protegida	-	-	-
Otras Áreas con Medidas de Conservación			
Sitio Ramsar	s/i	Humedal del río Limarí	-
Reserva de la Biosfera	RBIO-001	Bosque Fray Jorge	-
Bien Nacional Protegido (BNP)	-	-	-

Categoría	Cód. RNAP	Nombre	Año Promulg.
Iniciativa de Conservación Privada (ICP)	-	-	-
Sitios Prioritarios			
Sitio Ley 19.300 art. 11 letra d)	-	-	-
Sitio Estratégico Regional de Biodiversidad (ERB)	SP2-026	Desembocadura Río Limarí	-

Fuente: Elaboración propia basada en MMA (2020a).



Fuente: Elaboración propia basada en MMA (2020a).

Figura 2.3-1 Ecosistemas y áreas de conservación de la cuenca del río Limarí

2.3.2 Glaciares

Los glaciares presentes en la cuenca del río Limarí pertenecen a la zona glaciológica de Los Andes Desérticos. Se identifican un total de 291 glaciares, representando un volumen total equivalente de agua de 0,11 km³.

En el acápite 4.3 se recopila mayor detalle de la hidrología glaciar de la cuenca, así como las restricciones sobre el uso de sus recursos hídricos en la cuenca y el estado actual de la información relativa a ellos, identificando brechas sobre este tema.

2.4 INFRAESTRUCTURA

A partir de la revisión de antecedentes de la cuenca del río Limarí, se identificaron las obras relativas al recurso hídrico y que son relevantes para el propósito de este estudio. La infraestructura se ha estructurado en: obras hidráulicas (embalses y centrales hidroeléctricas, infraestructura de riego, obras de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas, pozos), y red de monitoreo y control de la DGA.

2.4.1 Obras hidráulicas

A continuación, se presentan las obras hidráulicas identificadas en la cuenca. El detalle del diagnóstico de las obras se presenta en el acápite 6.1.

2.4.1.1 Embalses y centrales hidroeléctricas

Se identificaron cuatro (4) embalses y dos (2) centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Limarí. El detalle se presenta en la Tabla 2.4-1 y la Tabla 2.4-2. En el acápite 6.1.1.1 se presenta el detalle y análisis de estos embalses.

Tabla 2.4-1 Registro de embalses en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Subcuenca	Comuna	Nombre	Uso	Capacidad (hm ³)
Río Limarí	Río Hurtado	Ovalle	Recoleta	Riego	97
	Río Cogotí	Combarbalá	Cogotí		150
	Río Grande	Monte Patria	La Paloma	Riego/Energía	750
	Río Cogotí	Combarbalá	Vallehermoso	Riego	20

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

Tabla 2.4-2 Registro de centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Subcuenca	Comuna	Nombre	Propietario	Potencia (MW)
Río Limarí	Río Grande	Monte Patria	La Paloma	Hidropaloma S.A.	4,6
		Ovalle	Los Molles	Enel Generación Chile S.A.	18

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

2.4.1.2 Infraestructura de riego

Se identificaron 739 bocatomas y 2.361 kilómetros lineales de extensión en canales, siendo su distribución detallada en la Tabla 2.4-3 y la Tabla 2.4-4.

Tabla 2.4-3 Registro de bocatomas en la cuenca del río Limarí

Subcuenca	Comuna	Número de captaciones superficiales
Río Cogotí	Combarbalá	134
	Monte Patria	55
Río Grande	Monte Patria	293
	Ovalle	13
Río Hurtado	Ovalle	3
	Río Hurtado	116
Río Limarí	Ovalle	82
	Punitaqui	43
Total		739

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2020a).

Tabla 2.4-4 Registro de canales en la cuenca del río Limarí

Subcuenca	Comuna	Extensión Total (m)
Costeras entre Estero Tongoy y Río Limarí	Ovalle	9.544
Río Cogotí	Combarbalá	313.519
	Monte Patria	130.717
Río Grande	Monte Patria	711.799
	Ovalle	133.754
Río Hurtado	Ovalle	48.236
	Río Hurtado	298.543
Río Limarí	Ovalle	580.397
	Punitaqui	135.473
Total		2.361.982

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2020a).

Por otro lado, a partir de la revisión del estudio CNR (2016b), se han identificado un total de 97 tranques CORA en la cuenca; el análisis del estado de los cuales se presenta en el acápite 6.1.2.1.

2.4.1.3 Obras de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas

Se identificó una (1) concesionaria de agua potable con un área de abastecimiento de 21,5 km² aproximadamente y 7 plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), así como 86 sistemas de agua potable rural (APR). El detalle se presenta en la Tabla 2.4-5, la Tabla 2.4-6 y la Tabla 2.4-7.

Tabla 2.4-5 Territorio operacional de concesionarias de agua potable urbana en la cuenca del río Limarí

Empresa	Territorio Operado	Área (km ²)
Aguas Del Valle S.A.	Chañaral Alto	0,8
	Combarbalá	1,5
	El Palqui	1,8
	Huamalata	0,4
	Monte Patria	1,9
	Ovalle	12,2
	Punitaqui	2,2
	Sotaqui	0,7

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

Tabla 2.4-6 Registro de PTAS en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Sistema	Sanitaria	Receptor
Río Limarí	Chañaral Alto	Aguas Del Valle S.A.	Río sin dilución
	Combarbala	Aguas Del Valle S.A.	Río sin dilución
	El Palqui	Aguas Del Valle S.A.	Río sin dilución
	Monte Patria	Aguas Del Valle S.A.	Río con dilución
	Ovalle - Huamalata	Aguas Del Valle S.A.	Río con dilución
	Punitaqui	Aguas Del Valle S.A.	Río sin dilución
	Sotaqui	Aguas Del Valle S.A.	Río con dilución

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

Tabla 2.4-7 Sistemas APR en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Comuna	Numero de Sistemas APR
Río Limarí	Combarbalá	17
	Monte Patria	23
	Ovalle	30
	Punitaqui	7
	Río Hurtado	9
	Total	86

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

2.4.1.4 Pozos

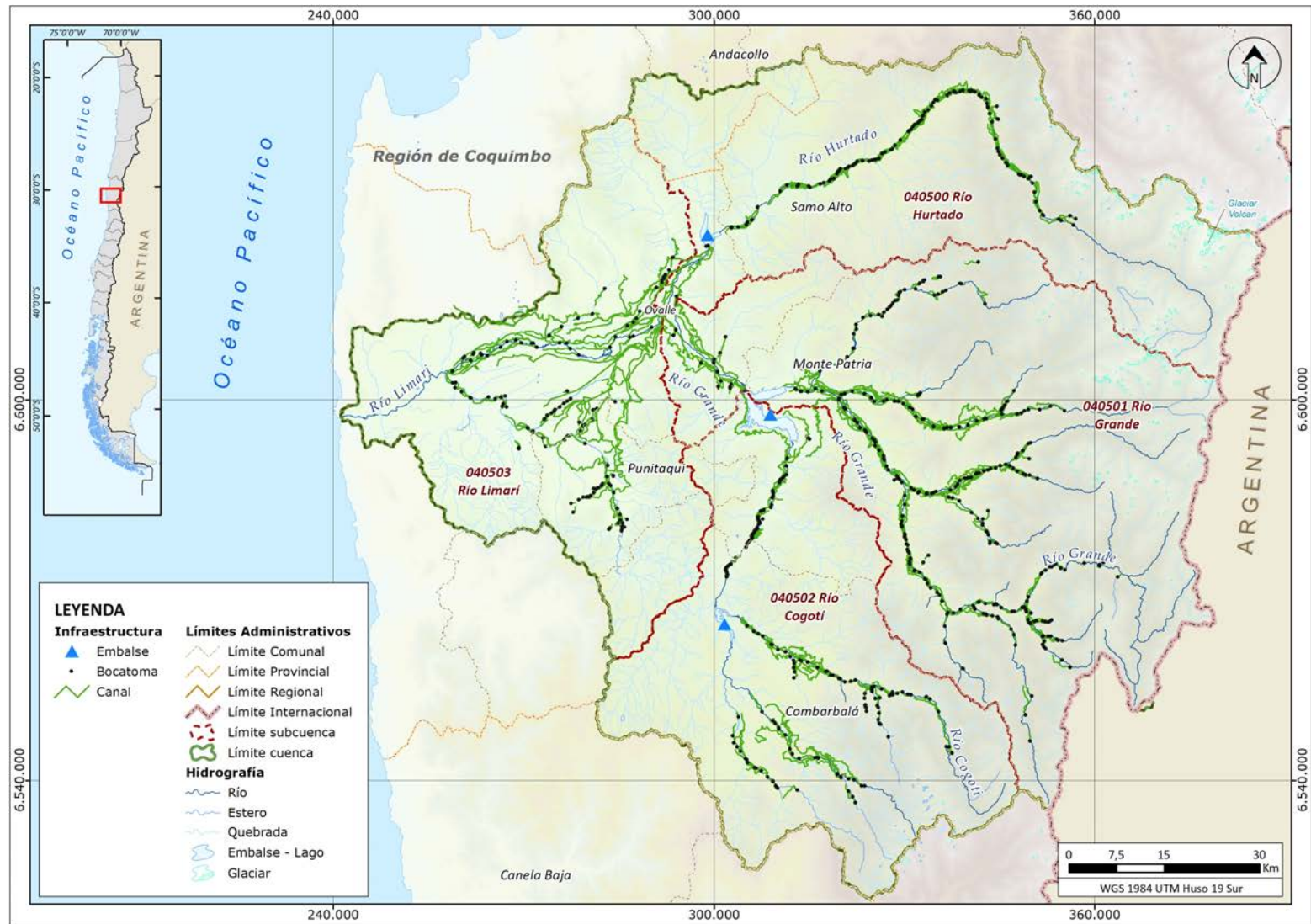
Se identificaron 2.888 pozos de extracción con DAA ubicados en los 14 SHAC que conforman el acuífero de Limarí (la identificación de SHAC y su situación se presentan en la Tabla 4.2-1 y la Figura 4.2-3, respectivamente), y 16 pozos sin información para su localización. La localización de los pozos se expresa en la Figura 4.2-9 y en la Tabla 2.4-8 se presenta el detalle de la cantidad de pozos por sector.

Tabla 2.4-8 Pozos de extracción en el acuífero de Limarí

SHAC	N° Pozos
Río Hurtado	46
Higuerilla	114
Río Rapel	8
Río Ponio	0
Río Grande	24
Cogotí	34
Combarbalá	46
Río Pama	176
Quebrada Grande	315
Guatulame	205
Río Limarí	154
El Ingenio	195
Punitaqui	1547
Limarí Desembocadura	8
Total sectores	2.872
Sin información de ubicación	16
Total	2.888

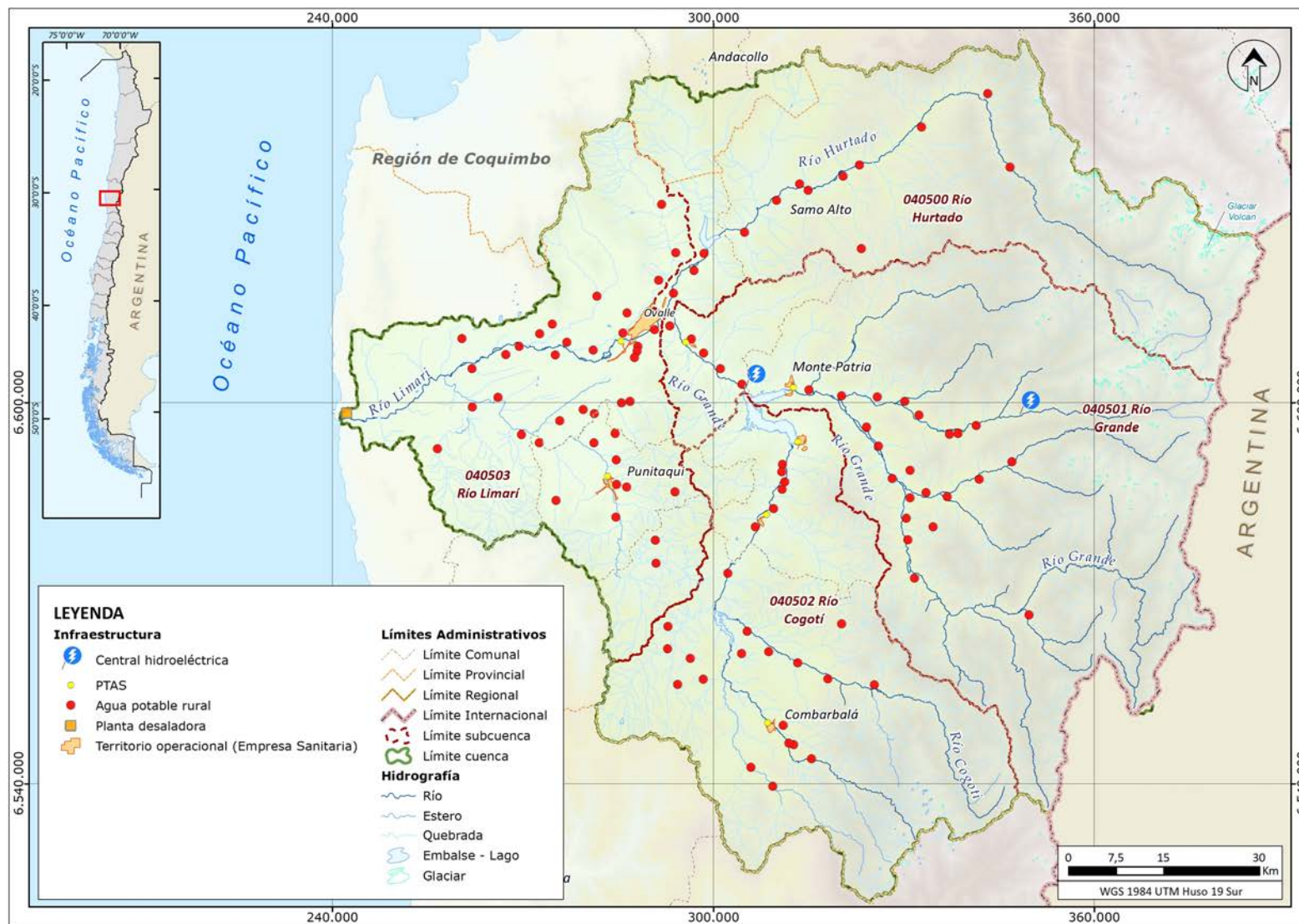
Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

En la Figura 2.4-1 y la Figura 2.4-2 se representa espacialmente la información recopilada en la cuenca referente a la infraestructura asociada al uso del recurso hídrico.



Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c).

Figura 2.4-1 Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (riego y generación eléctrica) en la cuenca del río Limarí



Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c).

Figura 2.4-2 Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (agua potable) en la cuenca del río Limarí

2.4.2 Red hidrométrica

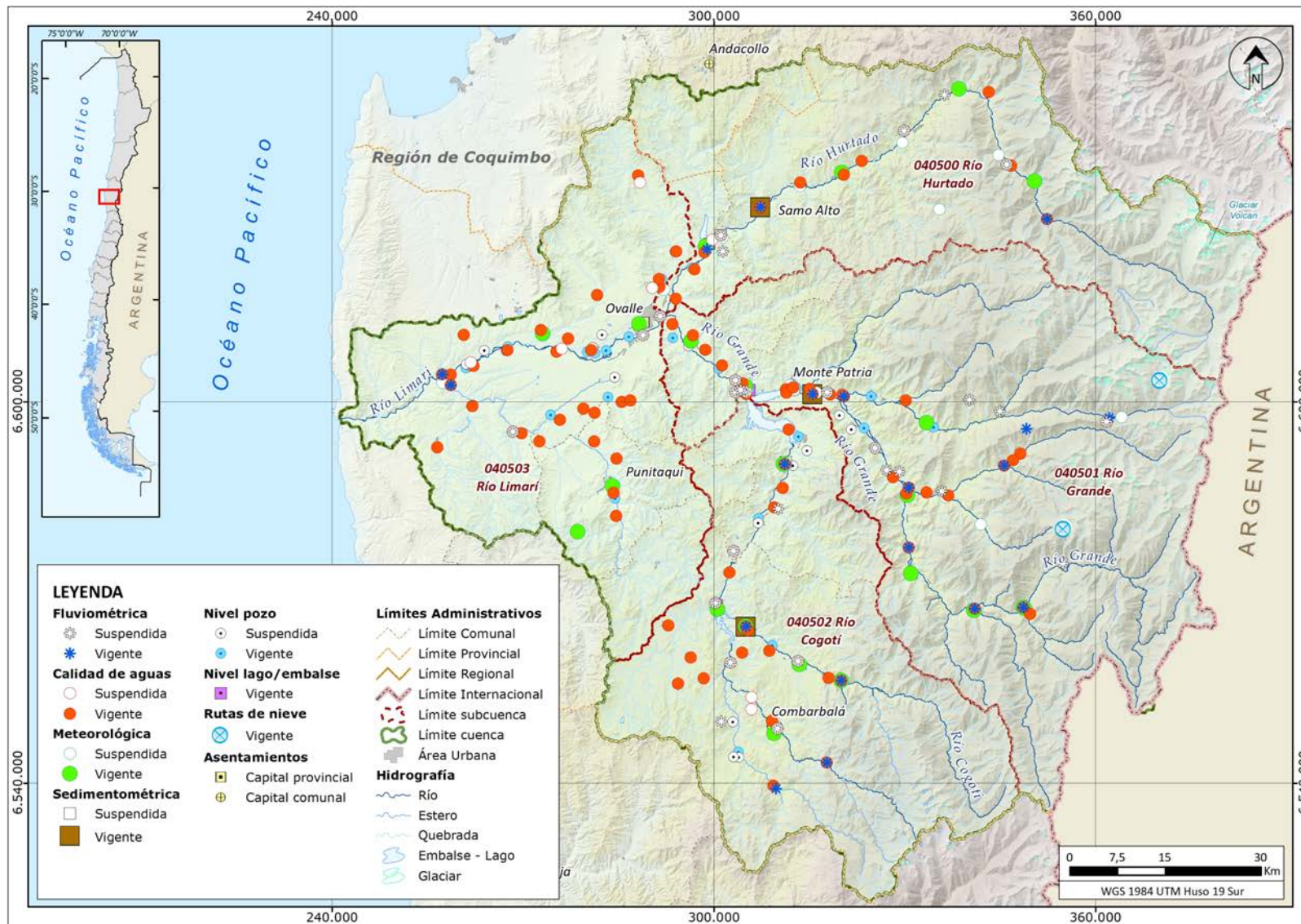
De acuerdo a la red de monitoreo y control de la DGA, en la cuenca del río Limarí se encuentran vigentes la cantidad de estaciones de monitoreo indicadas en la Tabla 2.4-9; adicionalmente se muestran las estaciones suspendidas, ya que pueden contar con información histórica relevante. En la Figura 2.4-3 se muestra la red de estaciones de control de la DGA en la cuenca.

Tabla 2.4-9 Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Tipo	Vigentes	Suspendidas
Río Limarí	Calidad	83	24
	Fluviométrica	19	28
	Meteorológica	22	13
	Nivel de pozo	36	21
	Sedimentométrica	3	2
	Nivel lagos y embalses	3	-
	Glaciológica	-	-
	Ruta de nieve	2	-

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

La recopilación de las estaciones vigentes se presenta en el Anexo J.11.1, y las estaciones suspendidas en Anexo J.11.2. El detalle del diagnóstico de la red se presenta en el acápite 6.1.2.



Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c).

Figura 2.4-3 Red hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí

2.5 NUEVAS FUENTES EXISTENTES

2.5.1 Desalinización

Se ha identificado una (1) planta desaladora ubicada referencialmente a menos de un (1) kilómetro de los límites de la cuenca del río Limarí. Se prevé que esta tendrá una capacidad de 51 l/s y pretende abastecer sistemas APR con déficit. Se estima que al 2035 el número de beneficiarios llegará a 37.000 habitantes. En el acápite 6.3.2.2 se incorpora mayor detalle de esta infraestructura.

2.6 GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA

En este apartado se presenta el mapa de actores relevantes en materia hídrica de la cuenca, una síntesis de las problemáticas levantadas en las reuniones de participación ciudadana, y aspectos relativos a las brechas de coordinación e información existentes. También se aborda el análisis de las OUA como entidades participantes en la gobernanza del agua, así como una revisión de las instancias actuales de relación entre actores y de experiencias internacionales de gobernanza de agua.

2.6.1 Mapa de actores

A continuación, se presentan aquellos actores convocados para las actividades de participación ciudadana del presente estudio. La definición de actor relevante y la metodología seguida en la identificación de actores se encuentran en el acápite 3.5.5.1 del Anexo F. En el Anexo I.2 se presenta el listado de actores de la cuenca.

2.6.1.1 Actores en el territorio

Una vez finalizada la etapa de diagnóstico, y antes de hacer el ajuste metodológico⁴ que acotó la nómina de actores a convocar, se determinó un listado de actores en la cuenca del río Limarí. En la Figura 2.6-1 se presenta la representación gráfica de esos actores.

- Actores Públicos a nivel regional: Comprende aquellos actores que representan a instituciones o servicios públicos responsables del gobierno político o sectorial, cuyo ámbito de acción tiene alcance a nivel regional, los cuales corresponden, entre otros a GORE Coquimbo, SEREMI MOP, DGA, DOH, SEREMI Minería, SEREMI Agricultura, SEREMI Medio Ambiente, CNR, INDAP.
- Actores Públicos a nivel provincial: Son aquellas instituciones públicas cuyo radio de acción alcanzan a nivel provincial, los cuales corresponden a Gobernación Provincial de Limarí, Gobiernos Locales (Municipios), Oficinas Públicas Provinciales.
- Actores Privados: Corresponden a entidades privadas cuyo accionar o ámbito de acción los vinculan con los recursos hídricos, estos corresponden a Juntas de Vigilancia, Empresa de Servicios Sanitarios, Minería, Agrícolas (SANAG; Asociación Gremial de Comunidades Agrícolas de la Provincia de Limarí), entre otros.
- Actores Público- Privado: Corresponden a instituciones o entidades que nacen del acuerdo entre el sector público y el sector privado, bajo distintos formatos jurídicos, estos corresponden, entre otros a la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de Coquimbo (CRDP), INIA, Academia.

⁴ Ajuste metodológico señalado en acápite 3.5.5.2 del Anexo F.

- **Actores de la Comunidad:** Representan a aquellas entidades u organizaciones que agrupan a ciudadanos con un interés común, entre estas se encuentran, APR, Comunidades Agrícolas, Comunidades y Asociaciones Indígenas, Organizaciones Ciudadanas, Fundaciones y Movimientos Ambientales.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.6-1 Representación gráfica de actores en el territorio

2.6.1.2 Mapa de actores convocados

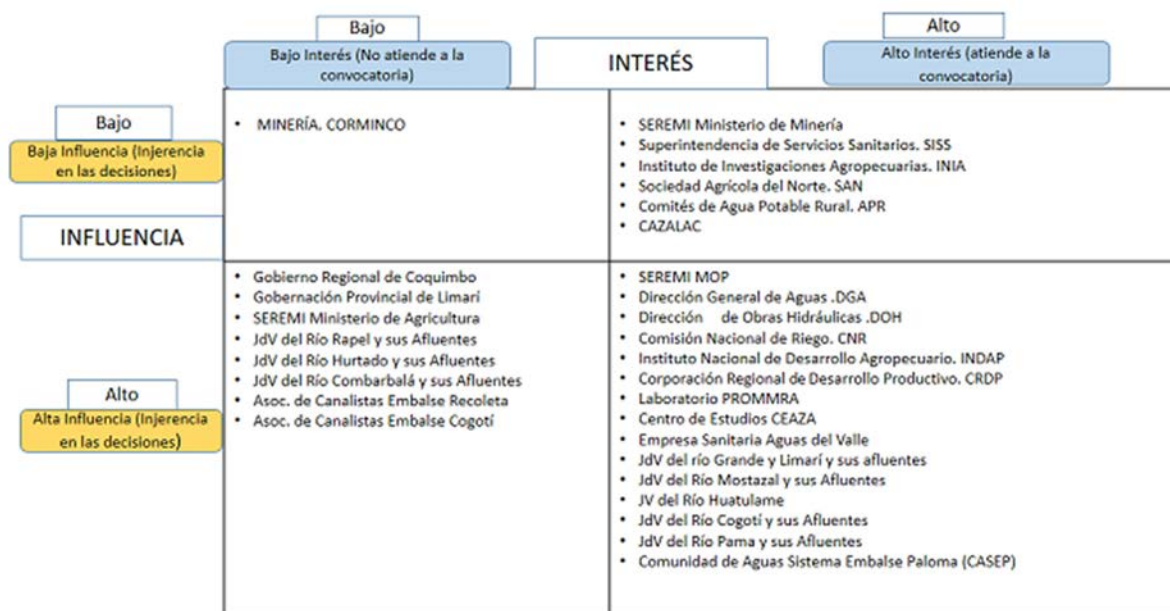
En función de la información y los criterios definidos en la metodología (Anexo F acápite 3.5), en la Tabla 2.6-1 se pormenoriza la situación de cada actor (o grupo de actores) relevante efectivamente convocado a las actividades participativas programadas y realizadas; además se presenta el grado de influencia/interés de esos actores, el cual es asignado de acuerdo al diagrama de relación interés/influencia que se presenta a continuación.

i. Relaciones Interés/Influencia

Dentro de las herramientas que permiten establecer la posición de diversos actores frente a un tema específico, encontramos aquella que lo hace a partir de parámetros de influencia/interés de esos actores.

En el caso del presente estudio, basados en los datos dispuestos en las columnas de Grado de Interés y Grado de Influencia de la Tabla 2.6-1, además de la información obtenida a partir de las reuniones PAC realizadas, se estableció la Figura 2.6-2.

La metodología utilizada para determinar las relaciones de influencia /interés de los actores se encuentra en el acápite 3.5.5.4 del Anexo F.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.6-2 Diagrama relación Interés/Influencia actores relevantes en la cuenca del río Limarí

Según lo anterior, la mayoría de los actores invitados a participar en las reuniones de participación ciudadana presentan un grado de interés y grado de influencia altos, excepto el sector productivo minero, el cual tiene un grado de interés bajo, al considerar que, de los nueve (9) actores convocados, solo asistieron tres (3) a las reuniones de participación ciudadana; además, surgieron limitaciones en la interacción e intercambio de información con los actores de este sector productivo.

Cabe señalar que debido a las modificaciones en los diseños de las reuniones PAC, surgieron una serie de limitantes que impidieron construir de manera correcta el diagrama interés/influencia presentado anteriormente (Anexo F acápite 3.5).

Dado lo mencionado anteriormente y considerando que el interés no puede simplificarse solamente a si los grupos asisten o no a las reuniones, a continuación, se presenta los parámetros de Influencia/Interés de los actores convocados al proceso participativo del Estudio Básico “Diagnóstico para realizar un Plan de Riego de la cuenca de Limarí” (CNR, 2016a).

El Plan de Riego (CNR, 2016a) señala que, respecto a las relaciones de las comunidades hacia las OUAs, a través de las entrevistas realizadas a representantes de éstas, fue posible visualizar cierta negatividad hacia estas organizaciones relacionadas con el uso del recurso hídrico y las modificaciones que se podrían realizar en ciertas zonas de la cuenca, como lo son la construcción de embalses, encauzamiento de fuentes hídricas y revestimiento de canales; lo que según señalan, produce daños en el entorno y va en desmedro del uso del agua para consumo humano. Asimismo, señalan que los Organismos Públicos vinculados con las temáticas de riego y recursos hídricos se enfocan en otorgar beneficios a los regantes para que aumenten la cantidad de terrenos productivos, sin tener en consideración a los habitantes de los sectores implicados y las consecuencias que acarrea para ellos la sobreexplotación agrícola de los territorios. Las OUAs presentan relaciones positivas en general con los Organismos Públicos implicados en la temática de riego, en la medida que sus demandas son atendidas y tomadas en consideración, a la vez que manifiestan cierta dificultad burocrática para la obtención de fondos de financiamiento por parte del Estado. El diagrama de relaciones del Plan de Riego y su correspondiente caracterización se incluyen en Anexo I.

Finalmente, como primera aproximación, se puede observar que tanto las OUAs como los Organismos Públicos poseen una posición de alto interés y a favor de los estudios y programas relacionados a la gestión hídrica, al mismo tiempo que representan un alto nivel de poder frente a las decisiones sobre el recurso hídrico. No obstante, para la reformulación de las iniciativas PEGH, se recomienda considerar la inclusión de representantes de la comunidad en las actividades PAC, con el objetivo de desarrollar procesos de sensibilización sobre la importancia de dichas iniciativas.

Mayor detalle sobre la caracterización realizada por el Plan de Riego (CNR, 2016a), Anexo I.

Tabla 2.6-1 Actores convocados en la cuenca del río Limarí

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Gobierno Regional (GORE) Coquimbo – Intendente Regional	Su misión es apoyar ejercicio del gobierno Ministerio del Interior en la Región de Coquimbo.	El Gobierno Regional forma parte y preside instancias de diálogo, con actores públicos, privados, representantes de la agricultura y relacionados al recurso hídrico; coordinando acciones para enfrentar problemáticas relacionadas al sistema hídrico y sus complejidades.	Alto	Bajo	Se relaciona directamente con actores públicos del agua en la región, como, DOH, DGA, SEREMI Agricultura, CNR, y SUBDERE, además de vincularse con OUA y APR presentes en la cuenca a través de programas de iniciativas y financiamiento para infraestructura y fortalecimiento y mantiene un constante trabajo con sectores rurales. Destaca su liderazgo en la Mesa Regional para la Emergencia Hídrica.
Gobernación Provincial de Limarí	Su misión es apoyar el ejercicio del gobierno Ministerio del Interior de la Provincia de Limarí.	Ejercen la supervigilancia de los servicios públicos creados por ley para el cumplimiento de los lineamientos del GORE respecto a temas relacionados a la gestión hídrica, con el objetivo de reducir los niveles de vulnerabilidad ante emergencias hídricas y el abastecimiento de agua.	Alto	Bajo	Se relaciona directamente con actores públicos del agua en la región, como, DOH, DGA y CNR, además de vincularse con OUA, agricultores, municipalidades y APR presentes en la cuenca.
Secretaría Regional Ministerio de Obras Públicas (SEREMI MOP). Región de Coquimbo	Su objetivo es coordinar, y fiscalizar los servicios regionales dependientes del MOP en la región de Coquimbo. En tanto ejecuta y coordina las políticas, planes y proyectos regionales, así como estudia con los organismos correspondientes los planes de desarrollo sectoriales, entre otras funciones, tiene incumbencia en los temas hídricos regionales.	En tanto ejecuta y coordina las políticas, planes y proyectos regionales, así como estudia con los organismos correspondientes los planes de desarrollo sectoriales, entre otras funciones, tiene incumbencia en temas hídricos regionales.	Alto	Alto	Como ministerio regional, se relaciona con todos servicios públicos de la región, así como también con las direcciones regionales del MOP atinentes a los temas hídricos, entre estos DGA y DOH.

⁵ Influencia: grado de influencia del actor, vinculado a recursos hídricos, en torno a la toma de decisiones en el territorio.

⁶ Interés: grado de disposición del actor, vinculado a recursos hídricos, a participar en el estudio.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Secretaría Regional Ministerio de Agricultura (SEREMI MINAGRI). Región de Coquimbo</p>	<p>El SEREMI es el representante del MINAGRI en la región y cumple el rol de poner en marcha las políticas. Está mandatado a ejecutar y aplicar las medidas necesarias que permitan impulsar el desarrollo y bienestar de la actividad silvoagropecuaria.</p>	<p>Entre los principales lineamientos de MINAGRI está el de cuidar el agua, a la vez que apoyar al sector agropecuario en lo relacionado al recurso hídrico.</p>	<p>Alto</p>	<p>Bajo</p>	<p>A través de programas y proyectos trabaja con otras entidades públicas tales como DOH, DGA, SUBDERE; además, en su rol de ejecutor de políticas centralizadas, coordina a las instituciones representantes de MINAGRI en el territorio (INDAP, CNR), los cuales se vinculan directamente con los usuarios de agua relacionados al sector agropecuario.</p>
<p>Secretaría Regional Ministerio de Minería (SEREMI MINMINERÍA). Región de Coquimbo</p>	<p>El seremi es el representante del Ministerio de Minería en la región, cumple el rol de poner en marcha las políticas del Estado y está mandatado a ejecutar y aplicar las medidas necesarias que permitan impulsar el desarrollo y bienestar de la actividad minera.</p>	<p>El programa de trabajo del ministerio, señala entre sus objetivos como temas sensibles y de preocupación los recursos hídricos, energía y medioambiente.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relaciona con otros servicios públicos de la región, centros de investigación y directamente con empresas vinculadas al sector minero.</p>
<p>Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Oficina Regional de Coquimbo.</p>	<p>Su misión es garantizar a los clientes de los servicios de agua potable y saneamiento de las zonas urbanas de la región, que éstos corresponden a los ofrecidos, que su precio es justo y sostenible en el largo plazo; y asegurar a la comunidad, que el agua una vez utilizada será tratada para ser devuelta a la naturaleza de forma compatible con un desarrollo sustentable.</p>	<p>Es el organismo normativo y fiscalizador de las empresas concesionarias que prestan los servicios de agua potable y alcantarillado.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relaciona con las empresas sanitarias de la cuenca (Aguas del Valle) como ente fiscalizador. Además de vincularse con los usuarios del sistema de agua potable urbana. También se vincula con entidades públicas como el MOP, DOH, DGA, GORE Coquimbo, entre otros. En particular, destaca su participación en la Mesa Regional para la Emergencia Hídrica</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas (MOP). Región de Coquimbo</p>	<p>Pertenece al MOP, su misión es promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, de interés público y asignación eficiente, a la vez debe proporcionar y difundir la información de los catastros y red hidrométrica, con el objeto de contribuir a la calidad de vida de las personas.</p>	<p>Tiene relación con la constitución y ejercicio de DAA; supervigilancia de OUA; generación de información del recurso hídrico por medio de la red hidrométrica, declaraciones de escasez hídrica e indirectamente con fiscalizaciones sobre extracciones. También coordinan los programas de investigación que lleven a cabo organismos públicos y privados con fondos estatales.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>Los vínculos de la DGA en la cuenca se identifican con Aguas de Valle, APR y con las OUA del territorio. Además, tiene relación con la SISS, SEREMI de Minería y Agricultura, GORE Coquimbo y CNR. En particular, destaca su participación en la Mesa Regional para la Emergencia Hídrica y el "Consortio Centro Tecnológico Quita-Anko".</p>
<p>Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Ministerio de Obras Públicas (MOP). Región de Coquimbo</p>	<p>Pertenece al MOP, tiene como misión proveer servicios e infraestructura hidráulica que permita aprovechar el agua y proteger el territorio y a las personas</p>	<p>En la cuenca se centra especialmente en temas referentes a infraestructura de almacenamiento y al mejoramiento integral de obras de distribución de agua, además de generar fondos concursables para financiar dichas obras o su diseño, como el diseño de Embalse Cogotí y Embalse Murallas Viejas Además se encarga de temas relacionados al financiamiento de infraestructura por el Programa DOH-APR.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>Los vínculos de la DOH en la cuenca se identifican con Aguas del Valle, APR y con las OUA del territorio. Además, se relaciona con la CNR para generar fondos concursables. En particular, destaca su participación en la Mesa Regional para la Emergencia Hídrica y el "Consortio Centro Tecnológico Quita-Anko".</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Comisión Nacional de Riego (CNR), Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Región de Coquimbo</p>	<p>Servicio dependiente del MINAGRI, su principal objetivo es asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país. Administra la ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje y, a través de sus concursos, entrega fondos a las OUA destinados a mejoras de infraestructura, programas de transferencia tecnológica, entre otras.</p>	<p>A través de la Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (Ley N° 18.450), bonifica la construcción de proyectos de obras de riego y/o drenaje, a través de la cual la mayoría de OUA mejoran sus infraestructuras. Además, desde su nivel central, la CNR genera diversos estudios y programas de fortalecimiento de OUA, entre otros. Actualmente se encuentra desarrollando el programa de Transferencia de gestión para regantes del embalse Valle Hermoso.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>A través de programas y proyectos trabaja con otras entidades públicas tales como DOH, DGA y GORE Coquimbo; además, en su rol de ejecutor de iniciativas centralizadas, se vinculan directamente con los OUA presentes en la cuenca</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Región de Coquimbo</p>	<p>Apoya a pequeños productores agrícolas mediante acciones orientadas a la generación y fortalecimiento del capital humano, financiero y productivo, que favorezcan a superar la pobreza y el desarrollo de la agricultura.</p>	<p>Una de sus misiones es lograr que pequeños agricultores accedan a financiamiento, tecnología y recursos hídricos necesarios para mejorar la productividad y la competitividad de cada Territorio. Tiene programas de riego asociativo (PRA), intrapredial (PRI), obras menores de riego (PROM), bono legal de aguas (BLA), entre otros; pero su relación mayoritariamente es de carácter directo con los regantes de forma individual. En el territorio se encuentran en desarrollo del "Plan de Desarrollo Territorial y Estrategia Regional de Riego de la región de Coquimbo", el cual, considera un horizonte de 4 años, desde el año 2019 al año 2022.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relaciona directamente con agricultores y organismos públicos como GORE, SEREMI Agricultura, DOH, CONADI, entre otros; sobre programas de iniciativas y financiamiento para infraestructuras hidráulicas y capacitaciones.</p>
<p>Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Región de Coquimbo</p>	<p>El INIA es una corporación de derecho privado, sin fines de lucro, vinculada al Ministerio de Agricultura, su misión consiste en generar y transferir conocimientos y tecnologías estratégicas a escala global, para producir innovación y mejorar la competitividad del sector agroalimentario.</p>	<p>Uno de sus objetivos es proponer adaptaciones e innovaciones que constituyan alternativas sostenibles de uso y manejo del suelo y del agua. Esto, sobre la base de criterios científicos orientados a la generación de tecnologías y a la implementación de políticas públicas, tendientes al desarrollo sostenible, ecológico y productivo de la agricultura nacional.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relaciona con agricultores, regantes, crianceros y organismos públicos relacionados con las temáticas agropecuarias, suelo y agua entre otros.</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Sociedad Agrícola del Norte (SANAG).	Asociación gremial que agrupa actores vinculados a la agricultura y a la agroindustria. Su objetivo es velar por los intereses del área agrícola, representando al gremio en la defensa de sus intereses, en la promoción de políticas públicas tendientes a fomentar la competitividad y el emprendimiento en el agro.	Fomenta la gestión del rubro agrícola con visión de futuro y brinda apoyo a iniciativas que motiven la innovación, la competitividad y la responsabilidad social.	Bajo	Alto	Se relaciona con agricultores y sus gremios nacionales, sus asociados quienes representan forman parte de las OUAs de la región.
Corporación Regional de Desarrollo Productivo de Coquimbo (CRDP)	Es una corporación con participación del Gobierno Regional, cuya orientación consiste en contribuir al desarrollo productivo y sustentable, a través de acciones que promuevan la asociatividad entre el sector público, privado, académico y científico de la región	Promueve la generación y desarrollo de proyectos de investigación, innovación y transferencia tecnológica en la región. Su acción trabajo en torno al potenciamiento de seis Ejes Estratégicos: Calidad de Vida y Sustentabilidad, Capital Humano, Energía, Recurso Hídrico, Producción Alimentaria e Internacionalización de la región de Coquimbo.	Alto	Alto	Al ser una corporación regional se relacionan con el Gobierno Regional y con todos los actores de la región, tanto del ámbito privado y público, Universidades, Centros de Investigación, organizaciones campesinas y OUA, entre otros.
Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Ambientales (PROMMRA)	Es una unidad dependiente del Departamento de Agronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Serena, y su objetivo es contribuir a reducir las brechas tecnológicas en el sector agroalimentario, mediante la detección de necesidades y la generación de conocimiento de la base de recursos agrícolas y naturales, identificando el impacto en los sistemas productivos y sobre el desarrollo.	Entre sus líneas de investigación destaca y proyectos destacan: Investigación y desarrollo en recursos hídricos en zonas áridas y semi áridas, monitoreo de uso de suelo agrícola, aforo de caudal y desarrollo de curvas de descarga de caudal, proyección de disponibilidad de recursos hídricos en la región de Coquimbo, modelos operacionales para OUA.	Alto	Alto	Se relacionan con todas las OUA, en las tres cuencas de la región, Gobierno Regional, con los Servicios Públicos relacionados a los temas hídricos y agrarios de la región. Poseen proyectos conjuntos con universidades y centros de investigación Nacionales e Internacionales.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)</p>	<p>Es un Centro de Investigación Científica y Tecnológica, de la Región de Coquimbo, promueve la generación de conocimiento científico para la construcción de políticas públicas focalizadas en el desarrollo del país.</p>	<p>A través de un equipo interdisciplinario CEAZA realiza investigación en diversas áreas de la ciencia, ligadas a zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra. Poseen investigaciones en diversas líneas, entre estas: gestión del agua para uso agrícola, cambio climático e importancia del recurso hídrico.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relacionan con OUA, en las tres cuencas de la región y con los Servicios Públicos relacionados a los temas hídricos, agrarios, mineros y otros de la región. Poseen proyectos conjuntos con universidades Nacionales e Internacionales.</p>
<p>Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)</p>	<p>CAZALAC forma parte los centros sobre recursos hídricos auspiciados por la UNESCO. Se enfoca en fortalecer el desarrollo técnico, social y educacional de un aprovechamiento y una gestión mejorada de los recursos hídricos, además de aumentar el rol de las comunidades en el desarrollo de una cultura del agua en las zonas áridas y semiáridas de América Latina y el Caribe.</p>	<p>Promueve y difunde la investigación y gestión del recurso hídrico. Posee un programa de gestión sustentable de los recursos hídricos en áreas piloto, en las zonas áridas y semiáridas de América Latina y El Caribe. En la región han desarrollado un proyecto de Investigación de soluciones innovadoras para el abastecimiento de agua, cuya finalidad es orientar a los sistemas de agua potable rural (APR), de la Región de Coquimbo.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relacionan con OUA y APR en las tres cuencas de la región y con el Gobierno Regional, con los Servicios Públicos relacionados a los temas hídricos, agrarios, mineros y otros de la región. A nivel internacional se relacionan con una serie de organismos y centros de investigación públicos y privados, poseen proyectos de investigación con universidades Nacionales e Internacionales.</p>
<p>Comités de Agua Potable Rural (APR)</p>	<p>Los APR son sistemas de agua potable mantenidos y operados por la propia comunidad, organizada en Comités o Cooperativas.</p>	<p>Abastecer de agua potable a las localidades rurales.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Poseen una estrecha relación con DOH. Además, algunos sistemas mantienen relaciones con Aguas del Valle y JV para el abastecimiento de agua. También se vinculan con GORE Coquimbo, SUBDERE y Municipalidades, para financiamiento de infraestructura.</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Empresa Sanitaria, Aguas del Valle	Empresa dedicada a los servicios sanitarios, la cual produce y distribuye agua potable, y recolecta, trata y dispone aguas servidas. Su giro abarca además prestaciones relacionadas con las actividades mencionadas, en la forma y condiciones establecidas en la ley y otras normas aplicables.	Entregan servicios de producción y distribución de agua potable, y recolección, descontaminación y disposición de aguas servidas a todas las comunas de la Región de Coquimbo, con excepción de La Higuera y Río Hurtado.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como Superintendencia de Servicios Sanitarios, organismos MOP como DOH, DGA; también se relaciona con OUA regionales como APR y Juntas de Vigilancia, además de otras organizaciones privadas estratégicas.
Comunidad de Aguas Sistema Embalse Paloma CASEP	La CASEP es una entidad de derecho privado que administra los recursos hídricos provenientes del embalse Paloma. Esta organización agrupa a los embalses Cogotí, Recoleta, 4 Juntas de Vigilancia y 3 Asociaciones Canalistas de la cuenca de Limarí.	Esta organización se plantea administrar y entregar de manera eficiente el agua proveniente de esta obra de regadío a todos sus asociados, los que superan los 500 regantes en toda la cuenca del río Limarí.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca.
Asociación Canalistas del Embalse Recoleta.	Organización de Usuarios de Aguas encargada de distribuir las aguas desde el embalse Recoleta de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. La administración de sus procesos se realiza de manera de asegurar el acceso al recurso hídrico.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. Representa a los regantes ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, CEAZA además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.
Asociación de Canalistas del Embalse Cogotí.	Organización de Usuarios de Aguas encargada de distribuir las aguas desde el embalse Cogotí de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. La administración de sus procesos se realiza de manera de asegurar el acceso al recurso hídrico de manera eficiente.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. Representa a los regantes ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Asociación de Canalistas Canal Camarico.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los regantes del sector correspondiente al canal, bajo la figura de un directorio.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. Representa a los regantes ante el Estado y los sectores privados, apoyando la gestión de las Comunidades de Aguas.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR, así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.
Asociación de Canalistas del Palqui Maurat Semita	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los regantes del sector correspondiente al canal, bajo la figura de un directorio.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. Representa a los regantes ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR, así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.
Asociación de Canalistas derivado Punitaqui.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los regantes del sector correspondiente al canal, bajo la figura de un directorio.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios. Representa a los regantes ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.
Junta de Vigilancia del Río Cogotí y sus Afluentes	Organización de Usuarios de Agua; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con DGA, CNR, MOP, DOH y otros servicios públicos ligados a temas hídricos y agrarios, mantiene vínculos con centros de investigaciones regionales. Forma parte de la CASEP

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Junta de Vigilancia del Río Grande y Limarí y sus Afluentes	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR, así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP
Junta de Vigilancia del Río Huatulame.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP
Junta de Vigilancia del Río Hurtado y sus Afluentes.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca. Forma parte de la CASEP.
Junta de Vigilancia del Río Rapel y sus Afluentes.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁵	GRADO DE INTERÉS ⁶	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca.
Junta de Vigilancia del Río Pama y sus Afluentes.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Alto	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca.
Junta de Vigilancia del Río Combarbalá y sus Afluentes.	Organización de Usuarios de Aguas; agrupa a todos los usuarios de derechos de aprovechamiento de aguas, por intermedio de las directivas de las comunidades de aguas o asociaciones de canalistas que alimenta el Río.	Esta organización administra y distribuye sus recursos hídricos de acuerdo a los derechos de aprovechamiento de sus usuarios y al rol definido de acuerdo al Código de Aguas. Representa a los usuarios de DAA ante el Estado y los sectores privados.	Alto	Bajo	Se relaciona con organismos públicos como SEREMI Obras Públicas, SEREMI Agricultura, DGA, DOH, CNR, además de entidades privadas como Aguas del Valle y APR así como con las otras Juntas de Vigilancia de la cuenca.
Consejo Regional Minero de Coquimbo (CORMINCO)	Asociación Gremial sin fines de lucro, que agrupa a las principales mineras de la Región de Coquimbo.	Su objetivo se orienta a la promoción del desarrollo e investigación en la minería, siendo un referente en materias de respeto al medio ambiente y a las comunidades humanas circundantes, en la región de Coquimbo.	Bajo	Bajo	Las empresas asociadas poseen DAA en las 3 cuencas de la región.

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2 Síntesis de reuniones PAC

En el presente acápite se presenta un resumen con los principales problemas identificados por los diferentes actores que asistieron a las actividades (reuniones) de participación ciudadana (Anexo I.3 para mayor detalle) y su ordenamiento para abordar el Plan de Acción de la cuenca. En el Anexo I.4 se incluye una síntesis de las reuniones PAC, en la cual se presenta un resumen de las ideas expresadas por los diferentes actores durante las reuniones y su correlación a las problemáticas señaladas a continuación.

Seguidamente, para cada objetivo establecido para el Plan (acápites 3.6.1 del Anexo F), se muestra una tabla resumen con las problemáticas generales actuales en relación al objetivo esperado. Para cada caso, se identifica el actor que manifestó alguna idea u opinión que refleja la existencia de dichos problemas en la cuenca (Tabla 2.6-2 a Tabla 2.6-8).

Cabe señalar que en Anexo I se presenta el detalle de las actividades PAC, incluyendo, entre otros, el resumen de las reuniones de presentación (Anexo I acápite 5) y el seminario final (Anexo I acápite 6). Finalmente, en el Anexo I.4 se incluye una síntesis de las reuniones PAC, en la cual se presenta un resumen de las ideas expresadas por los diferentes actores durante las reuniones y su correlación a las problemáticas señaladas a continuación.

Tabla 2.6-2 Problemas en torno al objetivo 1.1 del Plan de Acción

Objetivo 1.1. Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua considerando cambio climático, sequía e inundaciones.		
N° Problema	Problemas	Actores
1	Descenso de caudales por incremento en la frecuencia de eventos críticos (sequía).	<ul style="list-style-type: none"> - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - Academia - Entidades Público-Privado - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - AC Camarico - JV Huatulame - OUA CASEP - JV Cogotí - Minería
2	Disminución de nivel de agua en acuíferos por su uso intensivo y creciente.	<ul style="list-style-type: none"> - DOH Coquimbo - Agua Potable Rural - Academia - Entidades Público-Privado - JV Mostazal - OUA CASEP

Objetivo 1.1. Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua considerando cambio climático, sequía e inundaciones.		
N° Problema	Problemas	Actores
3	Aumento de demanda debido a recambio en uso de agua (recambio agricultura-industria-minería y/o aumento de superficie plantada).	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - Agua Potable Rural - Academia - Entidades Público-Privado - Minería - JV Mostazal - OUA CASEP

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6-3 Problemas en torno al objetivo 1.2 del Plan de Acción

Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas.		
N° Problema	Problemas	Actores
4	Disminución de la disponibilidad de aguas superficial y/o subterránea para el abastecimiento de agua potable.	- SISS Coquimbo - Aguas del Valle - Entidades Público-Privado
5	Insuficientes o inexistentes fuentes alternativas de agua a escala relevante.	- SISS Coquimbo - Aguas del Valle - Academia
6	Aumento en la concentración de minerales en el agua dada la profundización de pozos para el abastecimiento de agua potable.	- Aguas del Valle
7	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea por contaminación difusa desde agricultura.	- Aguas del Valle - Minería - JdV Mostazal
8	Inexistencia de gestión de aguas tratadas, actual uso costumbrista.	- DGA Coquimbo - SISS Coquimbo
9	Aumento de la demanda de agua potable en zonas sin planificación de disponibilidad hídrica.	- Aguas del Valle

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6-4 Problemas en torno al objetivo 1.3 del Plan de Acción

Objetivo 1.3. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas.		
N° Problema	Problemas	Actores
10	Disminución de la disponibilidad de aguas superficial y/o subterránea para el abastecimiento de agua potable rural.	- DOH Coquimbo - Agua Potable Rural - Entidades Público-Privado
11	Insuficientes o inexistentes fuentes alternativas de agua a escala relevante.	- DOH Coquimbo - CNR Coquimbo - Academia - Agua Potable Rural
12	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea por contaminación difusa desde agricultura.	- Minería - JV Mostazal - Agua Potable Rural
13	Dispares capacidades técnicas y/o financieras de los Comités APRs.	- DOH Coquimbo - Agua Potable Rural
14	Aumento de la demanda de agua potable en zonas sin planificación de disponibilidad hídrica.	- Agua Potable Rural

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6-5 Problemas en torno al objetivo 1.4 del Plan de Acción

Objetivo 1.4. Conservar y/o mejorar el estado de la infraestructura hidráulica actual.		
N° Problema	Problemas	Actores
15	Disminución en la capacidad de almacenamiento de obras de acumulación.	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - Aguas del Valle - JV Combarbalá - JV Cogotí
16	Captación y distribución de agua sin infraestructura adecuada.	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - Academia - JV Huatulame - JV Pama - JV Huatulame - OUA CASEP

Fuente: Elaboración propia.

De las problemáticas expresadas respecto a las brechas entre oferta y demanda (Tabla 2.6-2 a la Tabla 2.6-5), se puede observar que las mayores dificultades se relacionan a la disminución en la disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo, ya sea atribuido a un incremento en eventos críticos (como la sequía) o a un aumento de la demanda para usos agrícolas y/o sanitarios. Además, de expresar problemáticas relacionadas a la distribución de agua sin infraestructura adecuada, relacionada a la necesidad de un mejoramiento integral de canales.

Tabla 2.6-6 Problemas en torno al objetivo 2.1 del Plan de Acción

Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares).		
N° Problema	Problemas	Actores
17	Insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - Academia - JV Mostazal - OUA CASEP

Fuente: Elaboración propia.

La principal problemática manifestada por los actores convocados a las reuniones PAC respecto al monitoreo de recursos hídricos (Tabla 2.6-6), se relaciona a la insuficiente cobertura de la red hidrométrica, en particular a la necesidad de contar con aforadores en río Mostazal.

Tabla 2.6-7 Problemas en torno al objetivo 3.1 del Plan de Acción

Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público - privada en materia hídrica.		
N° Problema	Problemas	Actores
18	Deficiente coordinación entre usuarios en la gestión de aguas en la cuenca.	<ul style="list-style-type: none"> - DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - OUA CASEP - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - Minería
19	Dispares capacidades técnicas y/o financieras de las Organizaciones de Usuarios de Agua.	<ul style="list-style-type: none"> - DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - Academia - Entidades Público-Privado - JV Pama - JV Mostazal - OUA CASEP - Aguas del Valle - Agua Potable Rural

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al objetivo de promover y revitalizar la alianza público-privada (Tabla 2.6-7), se puede observar que el principal problema identificado que es necesario superar para cumplir dicho objetivo es mejorar la coordinación entre usuarios en la gestión de aguas en la cuenca. De acuerdo a lo señalado por los diferentes actores asistentes, esta descoordinación se debe a la inexistencia de entidad a nivel cuenca que se encargue de vincular tanto a instituciones públicas como privados y miembros de la sociedad civil. Esto genera diferencias al momento de establecer alianzas, por ejemplo, los representantes APR expresan la falta comunicación entre las organizaciones y algunas instituciones tales como la DOH, señalando la falta de voluntad de esta para trabajar en conjunto; mientras que DOH Coquimbo señala que, como servicio, han planteado la necesidad de poder priorizar ciertos proyectos (regionalmente), ya que muchas decisiones son tomadas desde nivel central. Además, expresan la necesidad de una mayor vinculación entre los diferentes actores, en particular, con los miembros de OUA más pequeñas (por ejemplo, JV sobre el embalse Paloma) y representantes del área agrícola, de manera que sea posible establecer estrategias conjuntas, como políticas de gestión de cultivos y articular las distintas visiones de manera integral para poder establecer un plan de trabajo conjunto. Con respecto a las deficientes capacidades técnicas, los actores solo identificaron la problemática asociada, no obstante, en el acápite 6.2.5 se amplía su diagnóstico, de acuerdo fuentes secundarias.

Tabla 2.6-8 Problemas en torno al objetivo 4.2 del Plan de Acción

Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el tiempo.		
N° Problema	Problemas	Actores
20	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea por efecto de intervención antropogénica.	<ul style="list-style-type: none"> - DOH Coquimbo - Minería - Aguas del Valle - JV Pama - JV Mostazal

Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el tiempo.		
N° Problema	Problemas	Actores
21	Disminución de la disponibilidad de agua para la mantención de los ecosistemas acuáticos.	- JV Mostazal - OUA CASEP

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de la Tabla 2.6-8, se observa que los actores convocados identifican problemáticas relacionadas a deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea por efecto de intervención antropogénica, principalmente a contaminación difusa por efecto de la agricultura.

2.6.3 Brechas de coordinación

En este apartado se presenta, en primer lugar, un breve análisis de las OUA, profundizando en el estado legal, estructura organizacional, administrativa, gobernanza y financiera de las Juntas de Vigilancia de la cuenca. Seguidamente, se describe el estado actual de regulación de la cuenca, enfocado en la exposición de las relaciones entre actores relevantes y las instancias existentes de coordinación en materia hídrica. Se incluye también una comparativa cualitativa del funcionamiento de las instancias de coordinación y/o gestión hídrica a nivel internacional, abordando los casos de España, California y Australia.

Finalmente, se sintetizan las principales brechas de coordinación identificadas en la cuenca del río Limarí en relación a su gobernanza.

2.6.3.1 Análisis de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA)

En la Tabla 2.6-9 a la Tabla 2.6-10 se presenta un resumen de las diferentes organizaciones de usuarios de aguas (OUA) identificadas en la cuenca estudiada, siendo éstas Juntas de Vigilancia (JV), Asociaciones de Canalistas (AC) y Comunidades de Aguas, superficiales (CA) y subterráneas (CASUB).

Tabla 2.6-9 Juntas de Vigilancia en la cuenca del río Limarí

Junta de Vigilancia	Situación actual	Fecha vigencia	N° Usuarios totales	N° Acciones totales
JV del Río Mostazal y sus afluentes	Aprobada	15-04-1998	77	4.431
JV del Río Pama y sus afluentes	Aprobada	29-04-1998	17	1.205
JV del Río Combarbalá y sus afluentes	Aprobada	29-04-1998	44	3.606
JV del Río Grande y Limarí y sus afluentes	Aprobada	22-02-1999	S/I	14.092
JV del Río Hurtado y sus afluentes	Aprobada	01-04-1999	125	3.844
JV del Río Cogotí y sus afluentes	Aprobada	20-11-2001	47	2.123
JV del Río Huatulame	Aprobada	01-04-1999	294	261
JV del Río Rapel (Ovalle)	Aprobada	19-08-2010	S/I	3.622
DH. JV del Río Palomo y sus Afluentes	Pendiente	N/C	S/I	200

Fuente: Elaboración propia basada en RPOU (2020).

Tabla 2.6-10 Asociaciones de Canalistas⁷ en la cuenca del río Limarí

Subcuenca	Asociaciones de Canalistas		
	N° de AC	N° de Usuarios	N° de Acciones
Río Grande	2	539	3.995
Río Limarí	1	310	1.000
Río Hurtado	1	812	22.589
Río Cogotí	1	641	12.000
Total	5	2.302	39.584

Fuente: Elaboración propia basada en RPOU (2020) y DGA (2018a).

Tabla 2.6-11 Comunidades de Agua⁸ en la cuenca del río Limarí

Subcuenca	Comunidades de Agua		
	N° de CA	N° de Usuarios	N° de Acciones
Río Grande	141	876	3.990
Río Limarí	29	748	9.041
Río Cogotí	60	1.773	5.595
Río Hurtado	81	1.940	1.927
Total	311	5.337	20.553

Fuente: Elaboración propia basada en RPOU (2020) y DGA (2018a).

En resumen, en la cuenca del río Limarí se han identificado 9 Juntas de Vigilancia, 5 Asociaciones de Canalistas (AC) y 311 Comunidades de Aguas superficiales (CA).

El listado completo de las OUA presentes en la cuenca, además de otras características, como caudales y derechos de agua, se encuentran en el Anexo J.3. En el Anexo J.4 se presenta información detallada de estas OUA, en los siguientes aspectos: estado legal, jurisdicción y usuarios, estructura organizacional, administrativa, financiera e instancias de gobernanza, cuando exista. Concretamente, se recopilan antecedentes de las Juntas de Vigilancia en Anexo J.4.1, de las Asociaciones de Canalistas en Anexo J.4.2 y de las Comunidades de Aguas (superficiales) en Anexo J.4.3. A continuación, se presenta un breve análisis de las mismas.

i. Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua superficiales

a) Junta de Vigilancia del Río Mostazal y sus Afluentes (JVRMA)

De acuerdo a la información pública registrada en RPOU (2020), existen 77 usuarios en la Junta que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°902 del 15 de abril de 1998

⁷ Asociaciones de Canalistas en situación actual "Aprobado", según Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU).

⁸ Comunidades de Agua en situación actual "Aprobado", según Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU).

Organizacionalmente, la JVRMA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 6 directores, con un periodo de administración de 1 año. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), la organización también cuenta con asesores externos en el área legal, con el objetivo de realizar una correcta asignación de derechos de agua y propuestas de proyectos.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación; también posee un registro de comuneros actualizado, exceptuando algunos casos relacionados a la existencia de sucesiones. A pesar de esto, la Junta carece de participación efectiva; no se pudo identificar herramientas de difusión de información (ej.; páginas web); y los mecanismos de mejora de gestión son escasos y desactualizados, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos entre la Junta y actores privados esenciales para una óptima gestión hídrica.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre su presupuesto es escasa; sin embargo, de acuerdo a lo planteado por la Junta en el estudio CNR (2016a), la junta carece de los recursos económicos necesarios para fortalecer el funcionamiento de la organización.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRMA no registra públicamente instancias de participación en instancias embrionarias o actividades colectivas de gestión hídrica.

b) Junta de Vigilancia del Río Pama y sus Afluentes (JVRPA)

De acuerdo a lo registrado en RPOU (2020), se logró identificar un total de 17 usuarios de agua pertenecientes a la JVRPA, que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°1041 del 29 de abril de 1998

Organizacionalmente, la JVRPA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 4 directores, con un periodo de administración de 1 año. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), la organización comparte parte de su directiva con la Junta de Vigilancia del río Combarbalá.

Administrativamente, se considera una organización funcional, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación; donde los usuarios están bien informados de sus derechos y obligaciones. A pesar de esto, la Junta carece una planta administrativa (administradores, secretarios(as), etc.), función que es realizada por la directiva. Tampoco es posible identificar herramientas de difusión de información (ej.; páginas web; sistemas de monitoreo en línea); y los mecanismos de gestión son débiles, generando dificultades en el desarrollo de proyectos complementarios y una disminución en la capacidad de la organización para hacer cumplir los estatutos.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, por lo que no es posible realizar un análisis de los aspectos financieros.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRPA no registra públicamente instancias de participación en instancias embrionarias o actividades colectivas de gestión hídrica; sin embargo, posee un alto grado de relación con la JV con la Junta de Vigilancia del río Combarbalá, debido a que poseen parte de la directiva en común.

c) Junta de Vigilancia del Río Combarbalá y sus Afluentes (JVRCA)

De acuerdo a lo registrado en RPOU (2020), se logró identificar un total de 43 usuarios de agua pertenecientes a la JVRCA, que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°1041 del 29 de abril de 1998

Organizacionalmente, la JVRCA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 4 directores, con un periodo de administración de 1 año. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), la organización comparte parte de su directiva con la Junta de Vigilancia del río Pama.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación; también posee un registro de comuneros actualizado y están bien informados de sus derechos y obligaciones. Sin embargo, este tipo de organización se caracteriza por carecer de participación efectiva; no se pudo identificar herramientas de difusión de información (ej.; páginas web; sistemas de monitoreo); y los mecanismos de mejora de gestión son débiles, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos entre la Junta y actores privados esenciales para una óptima gestión hídrica.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, sin embargo, de acuerdo a lo planteado por la Junta en el estudio CNR (2016a), esta posee una unidad de negocio aparte de la OUA, en la cual vende agua a la empresa Aguas del Valle para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Combarbalá.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRCA no registra públicamente instancias de participación en instancias embrionarias o actividades colectivas de gestión hídrica; sin embargo, posee un alto grado de relación con la JV con la Junta de Vigilancia del río Pama, debido a que poseen parte de la directiva en común.

d) Junta de Vigilancia del Río Grande y Limarí y sus Afluentes (JVGLA)

De acuerdo a lo presentado en RPOU (2020), no se logró identificar el número total de usuarios en la junta, no obstante, en el Plan de Riego (CNR, 2016a) se señala la distribución de derechos permanentes (14.091,75 acciones) y eventuales (46.067,7 acciones) entre 224 canales; además, el estudio del "Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios de Agua" (DGA, 2018a), se identifica un total de 3.825 usuarios individuales de agua pertenecientes a la JVGLA. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°438 del 22 de febrero de 1999.

Organizacionalmente, la JVGLA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 7 directores, con un periodo de administración de 1 año. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), la organización comparte parte de su directiva con la Junta de Vigilancia del río Pama.

Administrativamente, se considera una organización funcional, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación, estas últimas corresponden a las reglas básicas de operación del Embalse La Paloma; también posee un registro de comuneros actualizado y están bien informados de sus derechos y obligaciones; cuentan con sistemas eficientes de difusión de reglamentos, monitoreo y noticias (<https://jvriolimari.cl/>). Sin embargo, presentan debilidades en el ámbito de gestión y la asistencia efectiva de los usuarios en las actividades de la junta es regular, aumentando solo en asambleas generales.

En cuanto a aspectos económicos, en la página web perteneciente a la JVGLA (<https://jvriolimari.cl/>), se observa la existencia de una memoria presupuestal anual, en donde se incluyen flujos de caja, morosidad y gastos; también presentan un presupuesto propuesto para la siguiente temporada, el cual es aprobado por la directiva. Dado lo anteriormente descrito, se puede deducir que el presupuesto se define en función de objetivos y luego de evaluar sus fuentes de financiamiento.

La JVGL se caracteriza por poseer un nivel avanzado en el uso de tecnologías (CNR, 2016a), dado que cuenta con modelos SIG, información fluviométrica actualizada y con un sistema de control satelital para algunos sectores.

En temas relacionados a gobernanza, la JVGLA se reúne mensualmente con miembros de Comunidad de Aguas del Sistema Embalse Paloma (CASEP) e instituciones ligadas al riego: SEREMI Agricultura, CNR, DOH, Coordinador de Recursos Hídricos, entre otros; con el objetivo de administrar los recursos almacenados por los 3 embalses que regulan el agua de las dos terceras partes de la cuenca.

e) Junta de Vigilancia del Río Hurtado y sus Afluentes (JVRHA)

De acuerdo a lo registrado en RPOU, se logró identificar un total de 124 usuarios de agua pertenecientes a la JVRHA, que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°803 de 01 de abril de 1999

Organizacionalmente, la JVRHA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 7 directores, con un periodo de administración de 1 año. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), también cuentan con una planta técnica-administrativa, lo cual demuestra cierto grado de profesionalización dentro de la junta.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación. Sin embargo, los mecanismos de mejora de gestión

son débiles, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos entre la Junta y usuarios esenciales para una óptima gestión hídrica; también se observa la existencia de herramientas de difusión de información (<http://www.jvdelriohurtado.cl/>), pero no se registra un trabajo regular en sus actualizaciones.

Si bien no existe un desarrollo tecnológico evidente con respecto a herramientas de monitoreo y distribución del agua, la JVRHA ha participado de Programas de Transferencia Tecnológicas, entre los cuales se encuentra el programa CORFO de “Difusión tecnológica: introducción a la digitalización a través de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) para la gestión y el desarrollo agrícola de la junta de Vigilancia del Río Hurtado y sus Alfuentes (JVRHA)” (2018), cuyo objetivo es promover la alfabetización digital entre los beneficiarios.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, por lo que no se puede realizar un análisis de los aspectos financieros.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRHA se reúne mensualmente con miembros de Comunidad de Aguas del Sistema Embalse Paloma (CASEP) e instituciones ligadas al riego: SEREMI Agricultura, CNR, DOH, Coordinador de Recursos Hídricos, entre otros; con el objetivo de administrar los recursos almacenados por los 3 embalses que regulan el agua de las dos terceras partes de la cuenca. También posee convenios especiales con el Embalse Recoleta para potenciar proyectos.

f) Junta de Vigilancia del Río Cogotí y sus Afluentes (JVRCG)

De acuerdo a lo registrado en RPOU, se logró identificar un total de 42 usuarios de agua pertenecientes a la JVRCG, que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N° 3101 del 20 de noviembre de 2001.

Organizacionalmente, la JVRCG posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 3 directores, con un periodo de administración de 3 años. De acuerdo al estudio “Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí” (CNR, 2016a), no cuentan con una planta técnica-administrativa, por lo que se registra como una Junta con bajo nivel de profesionalización.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación. Sin embargo, los mecanismos de mejora de gestión son débiles, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos y la postulación a proyectos de fortalecimiento; tampoco fue posible identificar herramientas de difusión de información (ej.: páginas web; sistemas de monitoreo) u otros métodos de desarrollo tecnológico respecto a herramientas de monitoreo y distribución del agua.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, sin embargo, de acuerdo a lo planteado por la

Junta en el estudio CNR (2016a), la JVCG presenta una morosidad del 70% por parte de pequeños y medianos productores.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRCG se reúne mensualmente con miembros de Comunidad de Aguas del Sistema Embalse Paloma (CASEP) e instituciones ligadas al riego: SEREMI Agricultura, CNR, DOH, Coordinador de Recursos Hídricos, entre otros; con el objetivo de administrar los recursos almacenados por los 3 embalses que regulan el agua de las dos terceras partes de la cuenca.

g) Junta de Vigilancia del Río Huatulame (JVRH)

De acuerdo a lo registrado en RPOU, se logró identificar un total de 261 usuarios de agua pertenecientes a la JVRH, que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°2729 del 02 de octubre de 2003.

Organizacionalmente, la JVRH posee una directiva que se compone de un (1) Presidente y 4 directores, con un periodo de administración de 2 años. De acuerdo al estudio "Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), también cuentan con una planta técnica-administrativa, lo cual demuestra cierto grado de profesionalización dentro de la junta.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación. Sin embargo, los mecanismos de mejora de gestión son débiles, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos entre la Junta y usuarios esenciales para una óptima gestión hídrica; tampoco fue posible identificar herramientas de difusión de información (ej.; páginas web; sistemas de monitoreo) u otros métodos de desarrollo tecnológico respecto a herramientas de monitoreo y distribución del agua.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, por lo que no se puede realizar un análisis de los aspectos financieros.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRH se reúne mensualmente con miembros de Comunidad de Aguas del Sistema Embalse Paloma (CASEP) e instituciones ligadas al riego: SEREMI Agricultura, CNR, DOH, Coordinador de Recursos Hídricos, entre otros; con el objetivo de administrar los recursos almacenados por los 3 embalses que regulan el agua de las dos terceras partes de la cuenca. También posee convenios especiales con el Embalse Recoleta para potenciar proyectos.

h) Junta de Vigilancia del Río Rapel (JVRR)

De acuerdo a lo presentado en RPOU (2020), no se logró identificar el número total de usuarios en la junta, no obstante, en el estudio "Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios de Agua" (DGA, 2018a), se identifica un total de 941 usuarios individuales de agua pertenecientes a la JVRR. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N°2131 del 19 de agosto del 2010.

Organizacionalmente, la JVRR posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 4 directores, con un periodo de administración de 2 años. De acuerdo a la revisión realizada en su página web (<https://riorapel.cl>), también cuentan con una planta técnica-administrativa, lo cual demuestra cierto grado de profesionalización dentro de la junta.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación. Sin embargo, los mecanismos de mejora de gestión son débiles, lo que ha generado dificultades en la resolución de conflictos entre la Junta y actores públicos esenciales para una óptima gestión hídrica; tampoco se observan métodos de desarrollo tecnológico respecto a herramientas de monitoreo y distribución del agua; si es posible identificar la existencia de herramientas de difusión de información (<https://riorapel.cl/>), pero no se registra un trabajo regular en sus actualizaciones.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre el presupuesto de la Junta es escasa, sin embargo, de acuerdo a lo planteado por la Junta en el estudio CNR (2016a), la JVRR presenta reglamentos de cobro claros y una morosidad baja.

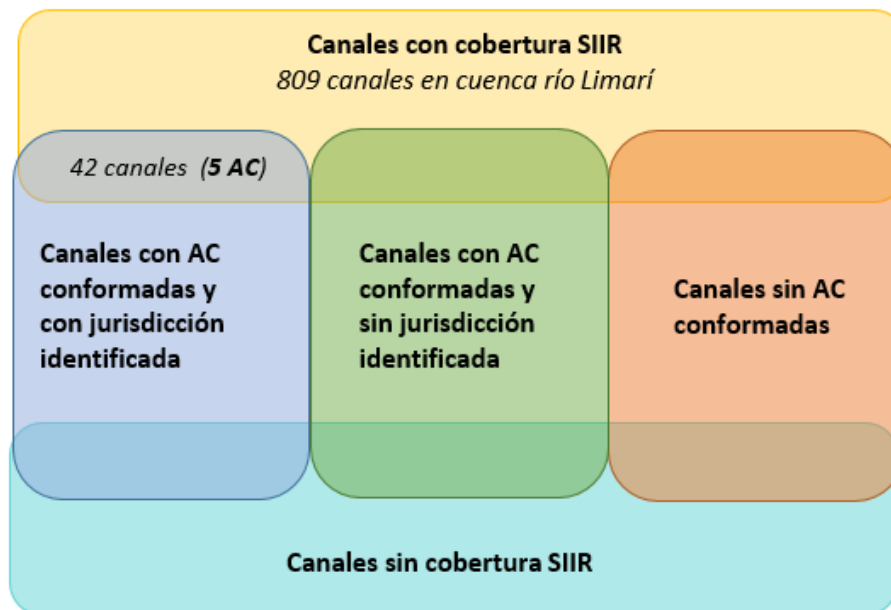
En temas relacionados a gobernanza, de acuerdo al estudio realizado por CNR (2016a), la JVRR se reúne mensualmente con organizaciones e instituciones ligadas a los recursos hídricos: JV río Limarí, CNR, DOH, entre otros; con el objetivo de potenciar proyectos de fortalecimiento.

i) Junta de Vigilancia del Río Palomo y sus Afluentes (JVRPA)

Debido a que esta Junta aún no se encuentra legalmente conformada (está categorizada como "De Hecho"), no cuenta con la información necesaria para realizar análisis referente a la organización, administración, finanzas o reglas de operación.

j) Asociaciones de Canalistas (AC)

A partir del estudio de diagnóstico de las OUA (DGA, 2018a), se lograron identificar 809 canales en la cuenca. De la totalidad de canales registrados en la cuenca, a 42 canales se les asignó una AC conformada y con jurisdicción identificada. (Figura 2.6-3).



Fuente: Elaboración propia en base a estudio DGA (2018a).

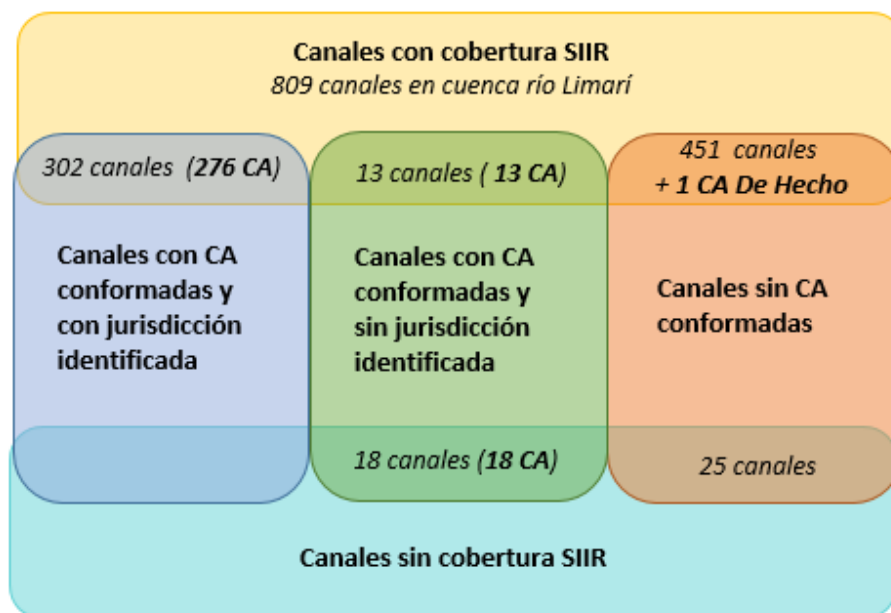
Figura 2.6-3 Número de canales especializados (SIIR) vinculados a Asociaciones de Canalistas (AC) en la cuenca del río Limarí

Con respecto a la estructura organizacional, las Asociaciones de Canalistas se encuentran formadas, principalmente, por un (1) presidente o representante; un (1) tesorero; un (1) secretario y diferentes directores.

En cuanto a la estructura administrativa, gobernanza y financiera, dada la información disponible en el estudio de diagnóstico (CNR, 2016a), se observa que la AC Palqui Maurat Semita y la AC Camarico se caracterizan por la activa participación de sus usuarios en la organización y tiene la capacidad de tomar iniciativas para su fortalecimiento, vinculándose con entidades de fomento e investigación. En el estudio también se menciona que el AC Embalse Recoleta es una organización integrada, que ha logrado un modelo de gestión con el cual ha sido posible generar estrategias de desarrollo de proyectos.

k) Comunidades de Aguas Superficiales (CA)

Como se mencionó en el acápite anterior, de acuerdo al estudio DGA (2018a), se lograron identificar 809 canales en la cuenca, los cuales son parte del Sistema Información Integral de Riego (SIIR) desarrollado por Comisión Nacional de Riego (CNR). De la totalidad de canales registrados en la cuenca, a 302 canales se les asignó una CA con jurisdicción identificada; al resto de los canales no fue posible adjudicarle una jurisdicción, ya sea por falta de información o por no ser parte de una CA conformada. Se debe considerar que, a partir de los listados de expedientes DGA correspondientes a inscripciones de CA aprobados y utilizados en el estudio, se logró identificar un grupo de CA que no registran canales en las coberturas SIIR (Figura 2.6-4).



Fuente: Elaboración propia en base a estudio DGA (2018a).

Figura 2.6-4 Número de canales espacializados (SIIR) asociados a Comunidades de Agua (CA) en la cuenca del río Limarí

Con respecto a la estructura organizacional, al igual que las AC, y de acuerdo al estudio de diagnóstico para el Plan de Riego (CNR, 2016a), las comunidades de agua se encuentran formadas, principalmente, por un (1) presidente o representante; un (1) tesorero; un (1) secretario y diferentes directores, quienes tienen como función hacer cumplir las disposiciones de los estatutos y la gestión física del agua; sin embargo, en algunos casos, este directorio no opera conforme a sus Estatutos ni cuenta con un mínimo de tres (3) directores conforme a lo establecido en el Art. 235 del Código de Aguas.

En cuanto a la estructura administrativa, gobernanza y financiera, dada la información disponible, no es posible realizar un análisis de sus capacidades actuales; sin embargo, el estudio de diagnóstico (CNR, 2016a) clasifica a las comunidades de agua de la cuenca del río Limarí como organizaciones proactivas, en mayor o menor medida, con respecto a la postulación de proyectos de infraestructura y búsqueda de recursos.

ii. Comunidad de Aguas Sistema Embalse Paloma (CASEP)

Esta comunidad corresponde a un órgano colegiado de derecho privado que vincula a 9 organizaciones:

- Junta de Vigilancia del río Grande Limarí y sus afluentes
- Junta de Vigilancia del río Hurtado y sus afluentes
- Junta de Vigilancia del río Huatulame
- Junta de Vigilancia del río Cogotí y sus afluentes
- Asociación de Canalistas del embalse Recoleta

- Asociación de Canalistas del embalse Cogotí
- Asociación de Canalistas del canal Camarico
- Asociación de Canalistas del canal Derivado Punitaqui
- Asociación de Canalistas del canal Palqui Maurat Semita

La administración de la obra Embalse Paloma, canal Matriz y obras anexas, fue traspasada por la DOH a las organizaciones de usuarios el año 2012, sin embargo, la mejora y reparación de la infraestructura continúa siendo responsabilidad de la Dirección de Obras Hidráulicas.

Legalmente, CASEP no ha logrado conformarse como una OUA, ya que algunas de las organizaciones que la conforman no se han incorporado formalmente. No obstante, esta comunidad cuenta con un directorio conformado por representantes de las organizaciones previamente mencionadas, además de organismos estatales como la DOH, DGA, CNR, Coordinador de Recursos Hídricos, entre otros; los miembros de la directiva y sus correspondientes cargos son elegidos cada año mediante votación entre los miembros representante de las organizaciones.

El sistema de distribución está compuesto por 3 embalses: Recoleta, Cogotí y Paloma, que regulan la disponibilidad del agua durante la temporada de riego utilizando un modelo de operación establecido y flexible en el espacio (derecho volumétrico para la red de canales) y en el tiempo (manejo temporal).

iii. Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS)

Si bien se han presentado solicitudes de formación de comunidades de agua subterránea en la cuenca del río Limarí, la gran mayoría de estos procesos han sido denegados o desistidos. La información correspondiente a las solicitudes de conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas, su situación legal actual, usuarios y administradores, se encuentra en el Anexo J.4.4.

2.6.3.2 Estado actual de coordinación entre actores

A continuación, se presenta una descripción de las relaciones entre actores relevantes en materia hídrica, para disponer de una visión de los vínculos entre organizaciones y/o entidades públicas y privadas para la gestión hídrica, y las instancias existentes para este fin.

i. Sociograma de redes de actores relevantes

El sociograma de redes, es una herramienta que permite visualizar los vínculos entre los actores convocados a procesos participativos, a través de este análisis es posible representar de manera gráfica y estadística el grado de relación y conexión existente entre ellos.

No obstante, como se señaló en el acápite 2.6.1.2i, debido a las modificaciones en los diseños de las reuniones PAC, surgieron una serie de limitantes que impidieron construir de manera correcta esta herramienta (Anexo F acápite 3.5), lo cual significó que no fuera posible la recopilación y levantamiento de información necesaria para la

construcción del sociograma de redes, lo que para términos del presente estudio constituye una brecha en el análisis de redes de actores relevantes convocados.

ii. Relación entre actores relevantes

A partir de la asistencia de actores a las reuniones de Participación Ciudadana realizadas en este estudio, fue posible identificar dos ámbitos relevantes para los que se analiza en detalle las relaciones de interés entre actores: agua potable (tanto urbana como rural) y riego. El detalle y desarrollo de estas relaciones se encuentra en el Anexo I acápite 4.3.3; mientras que la síntesis correspondiente a cada actor relevante asistente a las actividades PAC se encuentran en la Tabla 2.6-1.

iii. Instancias de relación entre actores

Las instancias de relación entre actores de la cuenca se presentan en el Anexo I acápite 4.3.4; mientras que la síntesis correspondiente a cada actor relevante asistente a las actividades PAC se encuentran en la Tabla 2.6-1.

2.6.3.3 Análisis de experiencias internacionales

A continuación, se presenta un breve análisis de las lecciones identificadas a partir de las principales características de la gobernanza internacional en materia hídrica centrado en las tres dimensiones presentadas por OCDE (2015a), para alcanzar una gobernanza eficiente, eficaz e incluyente en Chile y en la cuenca del río Limarí en cada dimensión. Específicamente, en el Anexo J.4.5, se detalla una descripción de la gobernanza hídrica enfocada en los casos internacionales de España, California y Australia, ya que estos lugares presentan cierto grado de similitud con Chile en características climáticas, de usuarios y/o de gestión del recurso, según el caso.

i. Dimensión “Efectividad”

De acuerdo a OCDE (2015a), esta dimensión se refiere a la contribución de la gobernanza en definir metas y objetivos sostenibles y claros de las políticas del agua en los diferentes órdenes de gobierno, en la implementación de dichos objetivos de política y en la consecución de las metas y objetivos esperados.

A continuación, se presentan las ideas más relevantes en materia de “efectividad” para el caso de la cuenca del río Limarí:

- *De acuerdo a la experiencia en España, se identifica la necesidad de mantener escalas apropiadas de gestión hídrica, en donde los esfuerzos para mejorar la gobernanza hídrica y aplicar programas de gestión, superen los límites político-administrativos existentes. Si bien en Chile se trabaja con el concepto de cuenca natural como entorno de organización hídrica, los órganos de administración pública con competencias relacionadas al agua, usualmente son entes centralizadas con representatividad regional e incluso zonal; esto conlleva a que estudios y programas relacionados a gestión hídrica se apliquen dentro de límites políticos en lugar de límites naturales. Por ejemplo, la existencia de Mesas Hídricas Regionales en Coquimbo, si bien tienen su función acotada a esos límites administrativos, no juegan el rol de instancia a nivel de cuenca, por ejemplo, la*

Mesa Regional de para la Emergencia Hídrica. Es decir, si bien estas mesas abarcan temáticas concernientes a la cuenca de Limarí, también incluye a otras cuencas de la región (cuenca río Choapa, río Elqui, cuencas costeras, entre otras), por lo que la identificación de problemas y priorización de soluciones no serán estratégicas o alineadas con las necesidades propias de la cuenca, sino que se convertirán en iniciativas atomizadas dentro del territorio regional.

- *De acuerdo a la experiencia en California, es necesario priorizar el rol de las administraciones locales sobre gestión de acuíferos, y centrarse en el fortalecimiento de dichas organizaciones para mejorar su desarrollo organizacional.* Como se observa en el caso de California, es necesario promover la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) y fomentar su desarrollo organizacional, con el objetivo de que sean capaces de implementar Planes de Gestión, coordinadas con otros *stakeholders* en la cuenca. En el caso de la cuenca del río Limarí, no existen CAS conformadas.
- *De acuerdo a la experiencia australiana, las entidades públicas territoriales relacionadas a la gestión hídrica deben garantizar que la planificación a nivel local esté alineado y coordinado.* Es decir, se observa que las administraciones locales deben ser autónomas frente a la toma de decisiones respecto a la gestión hídrica, no obstante, también deben coordinarse con las estrategias hídricas a nivel nacional. En el caso chileno, se identifica la necesidad de reforzar el rol de DGA como entidad a cargo de desarrollar y hacer cumplir la política nacional del agua, a través de financiamiento que le permita mejorar la fiscalización de las OUA, tanto en el uso y regulación de DAA, así como en temas relacionados al desarrollo organizacional de las OUA.

ii. Dimensión “Eficiencia”

De acuerdo a OCDE (2015a), esta dimensión se refiere a la contribución de la gobernanza en maximizar los beneficios de la gestión sostenible del agua y el bienestar, al menor costo para la sociedad.

A continuación, se presentan las ideas más relevantes en materia de “eficiencia” para el caso de la cuenca del río Limarí:

- *Reconocer el “derecho a la información” como pilar fundamental de buenas prácticas de gobernanza y legislar al respecto.* En nuestro país, existen diversos sistemas de información del agua cuyos datos son públicos, en algunos casos en “tiempo real” y cubren parámetros claves para la gestión hídrica, como: datos meteorológicos, fluviométricos, piezométricos, zonas de riesgo de sequías e inundaciones, entre otros. Sin embargo, se identifica la necesidad de centralizar la información disponible entre los diferentes organismos públicos, con soluciones como las observadas en Australia, en donde existen plataformas centralizadas, las cuales son actualizadas con información provenientes de monitoreo telemétrico y categorizadas dependiendo del objetivo para lo que será utilizada dicha información (plataforma WaterConnect); o en el caso de California, donde existen plataformas con información proveniente de organizaciones locales a través de

programas de colaboración voluntaria de monitoreo con entidades públicas centrales (plataforma CASGEM), quienes trabajan en conjunto para cumplir con los diferentes lineamientos legales establecidos respecto a la transferencia de información⁹, en donde se observa el rol de los privados como entidades de monitoreo y el rol de instituciones públicas como administradores y difusores de la información entregada, además, estas últimas continúan como una entidad de monitoreo en el caso de que existan cuencas donde no se generen entidades voluntarias para el levantamiento de información, no obstante, esta entidad pública central aplica restricciones sobre asistencias financieras estatales para dichas organizaciones cuenca para el desarrollo de proyectos (limitaciones para el acceso a créditos, bonos o licitaciones). Actualmente, en la cuenca del río Limarí, existen diversas plataformas de información desarrolladas por el Laboratorio PROMMRA de la Universidad de La Serena; sin embargo, ninguna cuenta con información “en tiempo real”. En cuanto al trabajo de monitoreo entre DGA con usuarios de DAA, el presente año han entrado en vigencia las condiciones para implementar el sistema de monitoreo y transmisión de extracciones efectiva, en el cual se establece la “obligación de instalación y mantención de sistemas de medición de caudales, volúmenes extraídos y niveles freáticos en las obras de captación de aguas” por parte de los titulares de DAA en zonas de prohibición.

iii. Dimensión “Confianza y participación”

De acuerdo a OCDE (2015a) esta dimensión se refiere a la contribución de la gobernanza en la creación de confianza entre la población, y en garantizar la inclusión de los actores a través de legitimidad democrática y equidad para la sociedad en general.

A continuación, se presentan las ideas más relevantes en materia de “confianza y participación” para el caso de la cuenca del río Limarí:

- *Avanzar hacia una participación y colaboración integrada efectiva, con procesos adaptados a las circunstancias particulares de cada territorio.* De acuerdo al estudio realizado por OCDE (2017), en Chile, esto requeriría aumentar la variedad de herramientas participativas y extender los aportes de las partes interesadas más allá de un enfoque sobre los asuntos ambientales. De acuerdo a la experiencia Californiana, y según lo establecido en su legislación a través del Código de Aguas¹⁰, las Organizaciones a cargo de la administración del agua en la cuenca, deben mantener un registro de las personas que estén interesadas en recibir información, citaciones a reuniones y acceso a cualquier documento relevante sobre la planificación y gestión del agua en la cuenca; además, este registro debe ser adjuntado al momento conformar la OUA, incluyendo una explicación de cómo sus intereses serán considerados en la operación y desarrollo de la Organización y de sus planes de gestión hídrica. Las partes interesadas deberían incluir (y no ser limitadas) a: regantes; usuarios de DAA para abastecimiento de agua para uso

⁹ Senate Bill x7-6 (2009), sobre colaboración para el monitoreo entre agencias locales y Departamento de Recurso Hídricos de California.

¹⁰ California Water Code §10723 et seq.

domiciliario; servicios sanitarios públicos y privados; representantes públicos y privados de departamentos a cargo de la planificación territorial municipal/local; usuarios de agua con demanda ambiental o sin DAA (por ejemplo, organizaciones para la protección del medio ambiente, turismo); representantes de instituciones públicas que tengan vínculos con la gestión y uso del agua y del suelo; comunidades y/o asociaciones indígenas; usuarios de agua en “desventaja”, como usuarios de agua para abastecimiento domiciliario sin DAA o pequeñas OUA. Estos procesos deberían ser apoyados por directrices y capacitación, y potencialmente reforzados con la regulación y el fortalecimiento institucional y las reglas administrativas. En el caso de la cuenca del río Limarí, no existen instancias de participación a nivel cuenca activas o funcionales; no obstante, sí existe una mesa de trabajo a nivel regional (Mesa Regional para la Emergencia Hídrica), en la cual trabajan permanentemente actores relacionados a instituciones públicas, sin embargo, y como se menciona en el Plan Estratégico (acápito 2.6.1.2), la participación de Organizaciones de Usuarios de Agua u otros actores privados, públicos o civiles, no es periódica ni establecida y es dependiente de la situación atinente a tratar en la mesa. Debido a lo anterior, se concluye que la cuenca del río Limarí no cuenta con instancias de participación y colaboración efectiva.

- *Generar instancias periódicas de participación, en las cuales se fomenten la colaboración a través de financiamiento y capacitación de los stakeholders.* Esta lección identifica la necesidad de generar programas de transferencia y fortalecimiento, centrados en la capacitación de las partes interesadas en la gestión del recurso hídrico, con el objetivo de generar foros de opinión integrando por diversos actores informados y con las necesarias aptitudes para una correcta integración.

2.6.3.4 Síntesis de brechas de coordinación

A continuación, se presenta una síntesis de brechas identificadas a partir de la información señalada en acápites anteriores y las experiencias recopiladas durante los procesos de Participación Ciudadana (Anexo I.3 y Anexo I.4):

1. Existe una **disparidad de capacidades técnicas y organizacionales entre OUA, en particular a nivel de Comunidades de Aguas (312 CA) y/o Asociación de Canalistas (5 AC)**, las cuales, si bien cumplen con las labores básicas de captación y distribución de agua, suelen carecer de desarrollo organizacional y profesionalización, impidiendo una participación informada y efectiva en la toma de decisiones respecto a la gestión hídrica de la cuenca; debido a esto, se debe considerar que el nivel organizacional actual de la OUA condicionará el nivel desarrollo que puedan alcanzar al fortalecer sus capacidades. No obstante, cualquier iniciativa que acorte dicha brecha de disparidad, permitirá mejorar las aptitudes de gestión y de coordinación de las OUA, incrementando las posibilidades de participar en instancias de alianzas público-privadas en materia hídrica.
2. Actualmente en la cuenca, **no existen Comunidades de Aguas Subterráneas** que permitan una administración local y un manejo sustentable de los acuíferos,

lo que impide la correcta integración de la gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos. Debido a esto, la conformación de CAS es esencial para generar entidades que, a través de una gestión estratégica del recurso, permita reducir las brechas entre oferta y demanda de agua, especialmente considerando los efectos del cambio climático y eventos críticos (sequía); además, la conformación de estas OUA promoverá la creación de nuevas alianzas público-privadas.

3. Las **instancias de participación en la cuenca del río Limarí no se realizan en las escalas recomendadas para una gestión hídrica adecuada** (cuenca/subcuenca hidrográfica). Esta situación, impide una óptima coordinación entre los actores relevantes en la toma de decisiones sobre los recursos hídricos en la cuenca, lo que dificulta la generación de iniciativas para reducir las brechas entre oferta y demanda de agua durante eventos críticos (sequía) y, obstaculiza la promoción de nuevas alianzas público-privadas.
4. En la cuenca se **desconoce la existencia de instancias de participación y coordinación entre miembros de las OUAs y/o entre las organizaciones de usuarios, que no estén relacionadas a las establecidas por sus estatutos o por el solo ministerio de la ley**. Si bien, se identifica la existencia de instancias de relación entre las OUAs y otros actores de en la cuenca, es necesario conocer las instancias de coordinación entre las propias organizaciones y sus usuarios, externas a lo establecido legalmente. Solventar esta brecha permitiría mejorar la generación de iniciativas para reducir las brechas entre oferta y demanda de agua durante eventos críticos (sequía) y la creación de alianzas público-privadas.

Se presenta a continuación algunos aspectos relativos a brechas de coordinación y ejecución de las actividades PAC del presente Plan, surgidas a partir de la contingencia sanitaria relacionada a la pandemia generada por el virus Sars-CoV-2:

1. El desarrollo de **reuniones telemáticas** significó que **algunos actores convocados presentaron dificultades en el acceso a internet o a señal telefónica**, complejizando su participación en las actividades PAC del estudio.
2. El cambio de **modalidad de trabajo de algunos actores** (de presencial a teletrabajo o trabajo a distancia) **dificultó su contacto** para invitarlos a participar de las actividades PAC, debido a números de **teléfonos corporativos no operativos** a causa de su trabajo fuera de oficina.

2.6.4 Brechas de información

En este apartado se presentan los estados actuales de información respecto a la situación de las OUA, específicamente de aquellas de la cuenca del río Limarí, y respecto a la disponibilidad de información de los Derechos de Aprovechamiento.

Finalmente, se sintetizan las principales brechas de información identificadas en la cuenca de Limarí en relación a su gobernanza.

2.6.4.1 Estado de información sobre OUA

Cabe señalar las siguientes consideraciones en torno a la información sobre OUA en la cuenca del río Limarí:

- i) Durante las reuniones de Participación Ciudadana realizadas para el presente estudio, se levantó la necesidad de fortalecer las Comunidades de Agua; sin embargo, para esto, se requiere el desarrollo de programas de diagnóstico y levantamiento de información territorial sectorizada, en áreas de estudio a nivel subcuenca o menores, con el objetivo de identificar específicamente las necesidades de cada Comunidad.
- ii) No hay información de OUA de carácter subterráneo porque estas organizaciones, en la cuenca del río Limarí, son inexistentes actualmente; este hecho supone una falta de información de los actores que explotan el recurso hídrico subterráneo.

2.6.4.2 Estado de información sobre DAA

Sobre la información disponible de DAA en la cuenca del río Limarí, se observa una dispersión de fuentes de datos y una desactualización de las características de los DAA registrados. De acuerdo a lo señalado por Vergara y Rivera (2018) y complementando con lo mencionado por DGA (2020)¹¹ sobre las problemáticas para la conformación de OUAs (lo cual también se considera aplicable para los procesos de solicitudes de DAA), la falta de perfeccionamiento y regularización pueden ser relacionadas a las siguientes problemáticas:

- Procedimiento de regularización es oneroso y complejo, cuyo costo de ejecución puede superar las capacidades financieras de los usuarios interesados.
- Existe una desinformación por parte de los usuarios respecto al correcto procedimiento de registro, lo cual genera procesos de inscripción incompletos o incorrectamente ejecutados.
- Se identifica una falta de coordinación y comunicación entre los entes públicos relacionados al registro y regularización de DAA.
- Los incentivos o sanciones son insuficientes para enfrentar la falta de regularización de los DAA

También se identifica la falta de registro de algunas características esenciales para un DAA. En la Tabla 2.6-12 se puede observar un resumen de aquellos derechos de agua existentes en la cuenca, en los cuales falta al menos una (1) característica esencial para su perfeccionamiento.

¹¹ Presentación realizada por Felipe Tapia (Profesional de DGA) en las “XXII Jornadas de Derecho y Gestión de Aguas”, organizada por el “Centro UC: Derecho y Gestión de Aguas”, realizada el 6 de agosto de 2020. Con respecto a la conformación de OUAs.

Tabla 2.6-12 DAA con características esenciales de perfeccionamiento faltantes¹²

Tipo de solicitud	N° DAA
Subterránea	16
Coordenada	16
Caudal	0
Tipo de Derecho	0
Ejercicio del Derecho	0
Superficial	61
Coordenada	61
Caudal	0
Tipo de Derecho	0
Ejercicio del Derecho	0
Total	77

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020b).

En cuanto a las transacciones de DAA realizadas en el mercado de agua en la cuenca del río Limarí, se identifican falencias en el registro de sus elementos esenciales para un seguimiento óptimo de la mutación del dominio. La Tabla 2.6-13, se muestra un resumen de las transacciones y el estado de registro de sus características esenciales disponibles para el estudio correspondiente a los últimos 5 años (periodo 2015-2019).

Tabla 2.6-13 Número de transacciones y sus características no indicadas según naturaleza del agua, años 2015-2019

Naturaleza del Agua	N° de Transacciones	Característica no indicada			
		Nombre vendedor	Nombre comprador	Caudal	Valor Transacción
Subterránea	303	-	-	-	6
Superficial	2.946	7	-	76	169
No indica	320	-	-	40	19
Total	3.569	7	0	116	194

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

En la Tabla 2.6-13 se puede observar que en la cuenca se han realizado 320 transacciones, en las cuales no se ha indicado la naturaleza del agua, característica esencial para la perfección de un DAA, esta irregularidad de información impide conocer el estado actual de demanda efectiva de agua en la cuenca, lo cual dificulta generar iniciativas para reducir las brechas entre oferta y demanda de agua.

2.6.4.3 Herramientas de información hídrica

De acuerdo a fuentes secundarias de información y a lo recopilado durante las actividades de Participación Ciudadana, se presentan algunas de las herramientas de información actualmente disponibles en la cuenca y el estado de información actual:

¹² Considerar que los DAA otorgados identificados por SISS (Anexo J.7.1), no cuentan con información del tipo de derecho ni ejercicio del derecho. (54 DAA subterráneas y 5 DAA superficiales).

- i) A través del Laboratorio PROMMRA, perteneciente a la Universidad de La Serena, la cuenca cuenta con diferentes plataformas abiertas de información para la gestión de recursos hídricos, entre las cuales se encuentran: Plataforma Pronóstico de Caudales de Cabecera (PROQ) y Plataforma de Monitoreo de Uso de Suelo Agrícola (PROMUS).
- ii) Cabe señalar que en el marco del Monitoreo de Extracciones Efectivas (MEE) de la DGA se podría tener mayor detalle de las extracciones superficiales¹³ y subterráneas¹⁴ de la cuenca; esta información se visualiza en una plataforma propia de la DGA.

Entre algunos de los problemas relacionados al levantamiento de información hídrica en la cuenca del río Limarí es posible señalar que:

- i) La inversión pública para red de monitoreo es dependiente de presupuestos y capacidades sectoriales, y, por tanto, limitada.
- ii) Con respecto a la entrega de información por parte de actores privados (OUA, mineras, agrícolas, entre otros), cabe señalar que esta queda condicionada a diferentes variables a analizar en cada caso específico, por ejemplo: qué información se comparte, con qué usuarios, en qué plataforma, cuál es el compromiso de las otras partes en la facilitación de información, etc. También es importante mencionar que estas interacciones entre actores (no conflicto, colaboración y confianza, u otra situación) pueden cambiar según el tema que los una o relacione; es posible que se presenten relaciones de confianza para la gestión, pero no para compartir información. Debido a lo anterior y al alcance del presente estudio, estas instancias de levantamiento de información no se consideran evaluables a partir de las reuniones PAC sostenidas.

2.6.4.4 Síntesis de brechas de información

A continuación, se presenta una síntesis de brechas identificadas a partir de la información señalada en acápites anteriores y las experiencias recopiladas durante los procesos de Participación Ciudadana (Anexo I.3 y Anexo I.4):

1. No existe la **información base recopilada necesaria para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas** en la cuenca, como, por ejemplo, la certificación de los DAA registrados en el Catastro Público de Aguas. Esta situación obstaculiza la conformación de nuevas OUA, lo cual, de acuerdo a lo mencionado en el acápite 2.6.3.4, dificulta la generación de estrategias para reducir las brechas entre oferta y demanda de agua y promover la creación de nuevas alianzas público-privadas.
2. **La información pública disponible sobre las transacciones de DAA en el mercado de Derechos de Agua no es suficiente para realizar un seguimiento óptimo de las mutaciones de derecho.** Esto se debe a que

¹³ Resolución DGA N° 53 “APRUEBA REGLAMENTO DE MONITOREO DE EXTRACCIONES EFECTIVAS DE AGUAS SUPERFICIALES”, del 03 de abril de 2020

¹⁴ Resolución Exenta DGA N° 1238 “DETERMINA LAS CONDICIONES TÉCNICAS Y LOS PLAZOS A NIVEL NACIONAL PARA CUMPLIR CON OBLIGACIÓN DE INSTALAR Y MANTENER UN SISTEMA DE MONITOREO Y TRANSMISIÓN DE EXTRACCIONES EFECTIVAS EN LAS OBRAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS”, del 30 de octubre de 2020

no se incluye coordenada de captación o información sobre el expediente del DAA original. Debido a esto, y tal como se señaló en la brecha anterior, esta irregularidad de información impide conocer el estado actual de demanda efectiva de agua en la cuenca, lo cual dificulta generar iniciativas para reducir las brechas entre oferta y demanda de agua.

3. Actualmente la cuenca de Limarí **no cuenta con datos “en tiempo real”, que agrupe la información de la red hidrométrica DGA y otros monitoreos de extracciones de carácter privado**. Cabe mencionar que, la existencia de un sistema integral y centralizado de información hidrométrica, no solo sería una mejora respecto al monitoreo de las aguas, sino que se convertiría en una herramienta fundamental para generar estrategias de gestión hídricas necesarias para mejorar la conservación y protección del recurso hídrico y, reducir las brechas entre oferta y demanda.
4. **Se desconoce la disposición efectiva de actores privados para entregar información**, la cual puede ser un aporte para el monitoreo de los recursos hídricos y ser una herramienta fundamental para mejorar la toma de decisiones en la cuenca y, por ende, reducir las brechas entre oferta y demanda.
5. **Se desconoce la efectividad de los sistemas privados para el levantamiento de información hídrica**, la cual impide diagnosticar de manera correcta los sistemas de información existentes, dificultando el desarrollo de iniciativas para mejorar el monitoreo de los recursos hídricos.

Finalmente, se presenta la síntesis de las brechas de información y ejecución de las actividades PAC del presente Plan, surgidas a partir de la contingencia sanitaria relacionada a la pandemia generada por el virus Sars-CoV-2:

1. El desarrollo de **reuniones telemáticas**, significó que algunos **actores convocados presentaron dificultades en el acceso a internet o a señal telefónica, dificultando la recopilación de información primaria** necesaria para evaluar el interés de estos en la gestión del agua y en el desarrollo del Plan Estratégico.

CAPÍTULO 3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA DIFERENTES USOS

En el presente capítulo se cuantifica la demanda de agua por los diferentes sectores productivos y otros usos del recurso, tanto actual como su proyección futura, para uso humano, necesidades mínimas ambientales, demandas agrícola, minera, industrial u otras. La determinación de las demandas efectivas se complementa como un análisis del mercado de derechos de agua asociado.

3.1 USO HUMANO

La demanda para uso humano considera la demanda requerida en agua potable urbana y rural. Para ello, en primer lugar, se presenta un análisis de la población actual de la cuenca y una proyección poblacional futura en los años 2030 y 2050.

3.1.1 Población actual y proyección demográfica

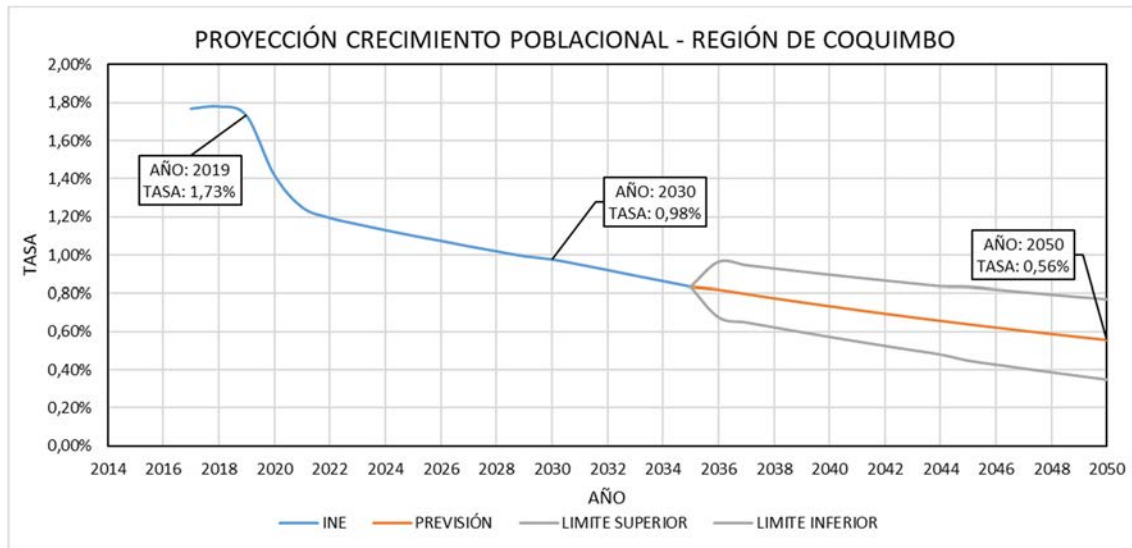
De acuerdo a la información del “Censo Poblacional y Vivienda” del año 2017 (INE, 2018), la población que habita en la cuenca del río Limarí alcanza los 165.889 habitantes, cuya distribución territorial se presenta en la Tabla 3.1-1. Se observa que la comuna de Ovalle concentra la mayor cantidad de habitantes en zona urbana al interior de la cuenca (el 82% del total comunal) y la mayor población habitante en zona rural (18% del total comunal), seguido por la comuna de Monte Patria (50% del total comunal).

Tabla 3.1-1 Densidad y población residente en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Comunas	Población (n° habitantes)			Densidad de población (n° hab./km ²)
		Total	Urbana	Rural	
Río Limarí	Ovalle	107.130	87.539	19.591	31,35
	Combarbalá	13.322	5.998	7.324	5,8
	Monte Patria	30.751	15.338	15.413	7,30
	Punitaqui	10.238	5.848	4.390	10,03
	Río Hurtado	4.278	0	4.278	1,94
	Andacollo	170	0	170	21,45
	Total	165.889	114.723	51.166	14,53

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018).

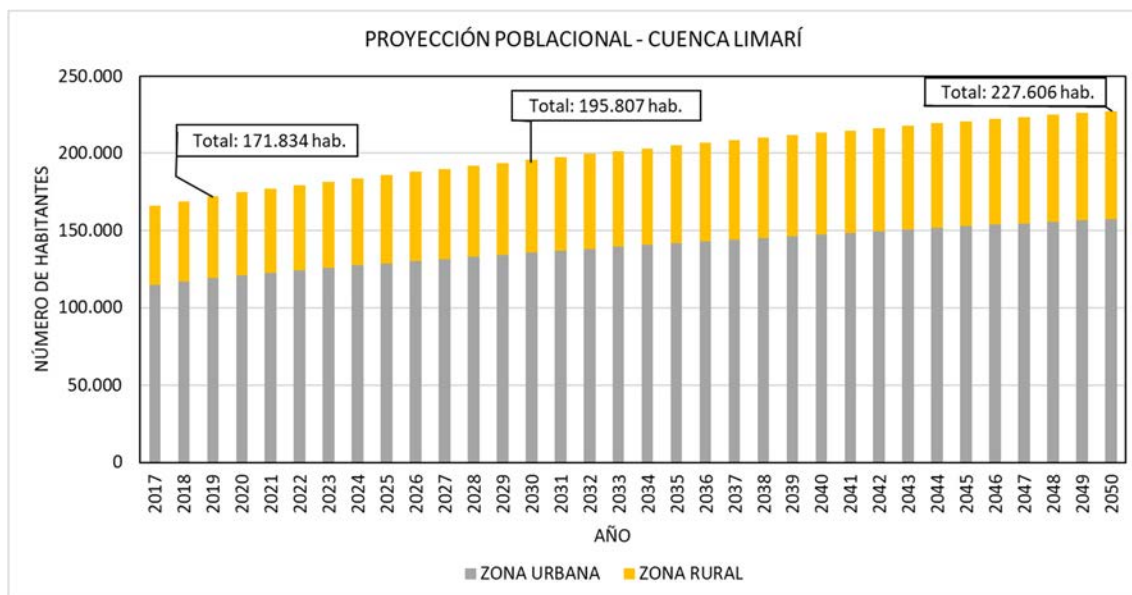
Considerando la información recopilada por el censo (INE, 2018), durante el periodo 2002-2017, la región de Coquimbo experimentó un crecimiento poblacional promedio del 1,56%, inferior al 1,79% estimado en el periodo 1992-2002 y mayor al 1,11% actual a nivel nacional. En la Figura 3.1-1, se puede observar la proyección de las tasas de crecimiento poblacional para la región, en donde se muestran las tasas estimadas por INE al año 2035 y las tasas proyectadas con estadísticas de tendencia (mediante herramientas Excel) para el periodo 2036-2050.



Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018).

Figura 3.1-1 Proyección de la tasa de crecimiento poblacional en la región de Coquimbo, periodo 2018-2050

A partir de lo anterior y la información poblacional entregada en la Tabla 3.1-1, se realiza la proyección de población en la cuenca para el periodo 2018 - 2050, la cual se muestra en la Figura 3.1-2, donde se presenta el total de habitantes estimados en la cuenca para los años 2019, 2030 y 2050, identificando habitantes en zona rural y urbana.



Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018).

Figura 3.1-2 Población proyectada para la cuenca del río Limarí, periodo 2018 – 2050

El detalle de la distribución territorial y las proyecciones de crecimiento se encuentran en el Anexo J.5.

3.1.2 Agua potable urbana, actual y proyectada

3.1.2.1 Demanda Agua Potable Urbana

La demanda de agua potable urbana en la cuenca del río Limarí, está determinada por las fuentes de extracción que se localizan al interior de los límites definidos de la cuenca y que abastecen localidades con áreas urbanas dentro y fuera de la cuenca. Adicionalmente, las proyecciones poblacionales del acápite anterior, permiten estimar la demanda hídrica APU en el futuro. En la Tabla 3.1-2 se presentan las estimaciones de demanda hídrica asociadas a las localidades identificadas y que cumplen con lo antes mencionado.

Tabla 3.1-2 Demanda hídrica APU actual y futura

Localidad	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Chañaral Alto	171.560	156.919	181.456
Combarbalá	382.601	451.769	521.698
El Palqui	329.728	314.634	362.763
Huamalata	81.699	76.091	86.056
Monte Patria	403.881	355.435	412.740
Ovalle	5.091.559	5.846.207	6.788.601
Punitaqui	338.051	384.931	443.038
Sotaqui	120.135	144.311	165.882
Total	6.919.215	7.730.297	8.962.234

Fuente: Elaboración propia.

En el acápite 3.3.2.2 del Anexo F se presenta la metodología aplicada para la estimación de la demanda actual y la proyección de la demanda futura, y en el Anexo J.6.1 se adjunta detalle de los resultados obtenidos.

3.1.2.2 Pérdidas

A partir de los volúmenes de agua potable producida para cada localidad, informado por la SISS en el PR027001 (SISS, 2019), se obtiene el porcentaje (%) de pérdidas asociados a la distribución del recurso en cada localidad en la actualidad, lo que se presenta en la Tabla 3.1-3.

Tabla 3.1-3 Pérdidas por distribución en localidades abastecidas

Localidad	Pérdidas
Chañaral Alto	22%
Combarbalá	32%
El Palqui	45%
Huamalata	47%
Monte Patria	28%
Ovalle	38%
Punitaqui	37%
Sotaqui	45%
Promedio	37%

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de pérdidas por distribución expresado se entiende como el volumen de agua que una vez se produce para determinada localidad, no llega a ser consumido por la población de dicha localidad, en definitiva, el volumen es perdido en la red de distribución desde la fuente productora hasta el consumidor final.

3.1.3 Agua potable rural, actual y proyectada

3.1.3.1 Población actual y proyección demográfica

La población estimada abastecida desde un sistema APR, en situación actual (año 2019) y proyección futura (años 2030 y 2050), se presenta en la Tabla 3.1-4. La población asociada a cada sistema se presenta en detalle en el Anexo J.6.2.

Tabla 3.1-4 Población abastecida por sistema APR actual y futura

Comuna	Población (hab./año)		
	2019	2030	2050
Combarbalá	12.470	14.210	16.519
Monte Patria	24.256	27.637	32.126
Ovalle	27.040	30.814	35.816
Punitaqui	4.902	5.587	6.494
Río Hurtado	8.737	9.957	11.574
Total	77.405	88.205	102.529

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA (2019c).

3.1.3.2 Demanda Agua Potable Rural

Se identificaron 104 localidades al interior de la cuenca del río Limarí que cuentan con un sistema de APR. En la Tabla 3.1-5 y la Tabla 3.1-6 se resume la demanda hídrica asociada al consumo de localidades rurales agrupado por comunas y por SHAC, respectivamente. El detalle de sistemas APR se encuentra en el Anexo J.6.2.

Tabla 3.1-5 Demanda hídrica APR actual y futura por comuna

Comuna	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Combarbalá	1.247.034	1.421.008	1.651.779
Monte Patria	2.425.454	2.763.830	3.212.675
Ovalle	2.704.011	3.081.249	3.581.642
Punitaqui	490.289	558.690	649.421
Río Hurtado	873.765	995.665	1.157.360
Total	7.740.554	8.820.442	10.252.878

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA (2019c).

Tabla 3.1-6 Demanda hídrica APR actual y futura por SHAC

Sector SHAC	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Cogotí	532.804	607.136	705.735
Combarbalá	134.595	153.373	178.281
El Ingenio	812.624	925.994	1.076.374
Guatulame	624.780	711.943	827.562
Punitaqui	1.130.223	1.287.901	1.497.055
Quebrada Grande	261.509	297.992	346.386
Río Grande	1.505.701	1.715.762	1.994.401
Río Hurtado	894.181	1.018.929	1.184.402
Río Limarí	1.211.464	1.380.476	1.604.665
Río Pama	104.498	119.077	138.415
Río Rapel	528.174	601.860	699.602
Total	7.740.554	8.820.442	10.252.878

Fuente: Elaboración propia en base a DGA-DOH (2019).

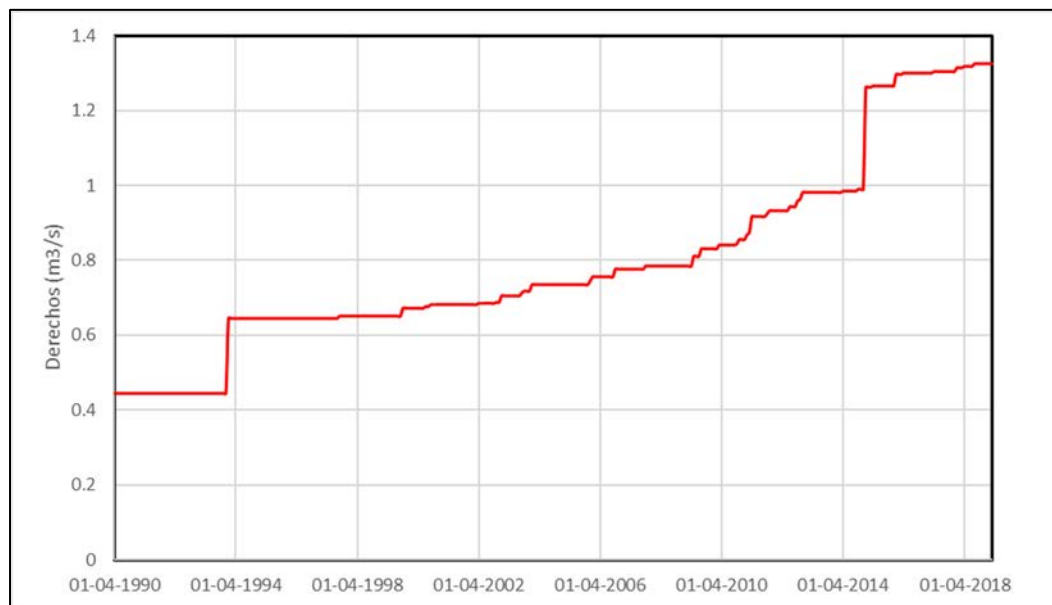
De acuerdo a lo señalado por el estudio DGA-DOH (2019), el escenario actual y futuro evidencia un aumento de la competencia por el recurso hídrico, es decir, un aumento de la demanda por el crecimiento demográfico y por las dinámicas territoriales locales como los cambios de uso de suelo. Esto sumado a las componentes climáticas, como por ejemplo una baja en las precipitaciones y por ende una menor recarga de los sistemas SHAC y cursos superficiales; y al aumento de la demanda y nuevos usos de los espacios rurales, resulta relevante poder prever los problemas que se enfrentarán los asentamientos humanos, en particular del punto de vista hídrico. Entre alguno de estos problemas, se destacan las ineficiencias en el sistema de distribución y almacenamiento del recurso y las dificultades para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas mediante gestiones administrativas. Lo anterior conlleva a una serie de soluciones, entre las cuales está el uso de camiones aljibe y la constitución de reservas de agua, cuyos diagnósticos se encuentran en los acápite 6.1.2.1.ii y 6.2.2, correspondientemente.

3.1.3.3 Eficiencia

Las pérdidas asociadas a los sistemas APR, al igual que los sistemas urbanos, corresponden a los volúmenes producidos y que no son facturados por los consumidores finales. Por tanto, se asume que estos volúmenes corresponden a pérdidas por distribución en la red. En general, los sistemas APR tienen una pérdida en torno al 30% durante su distribución. No se dispone de mayor detalle de porcentaje a nivel de cada sistema APR.

3.1.4 Derechos de agua para uso humano

Según los registros entregados por la DGA, así como también la información que provee la SISS en virtud del principio de transparencia de función pública, se exponen en la Figura 3.1-3 los que indican ser para uso humano, expresados en m³/s. El valor a 2019 es de 1,32 m³/s.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1-3 Serie en el tiempo de derechos para uso humano

Cabe destacar que, de acuerdo a lo señalado en el artículo 56 del Código de Aguas "*Cualquiera puede cavar en suelo propio para las bebidas y usos domésticos...*", por lo que se debe considerar que existen captaciones para uso doméstico que no necesariamente tienen derechos de aprovechamiento de agua inscritos.

3.2 NECESIDADES MÍNIMAS AMBIENTALES

En este apartado se presentan los valores de demanda relativos a las necesidades de carácter ambiental, específicamente el caudal de protección ambiental y el caudal ecológico en distintos puntos de la cuenca.

3.2.1 Consideración de sistemas protegidos

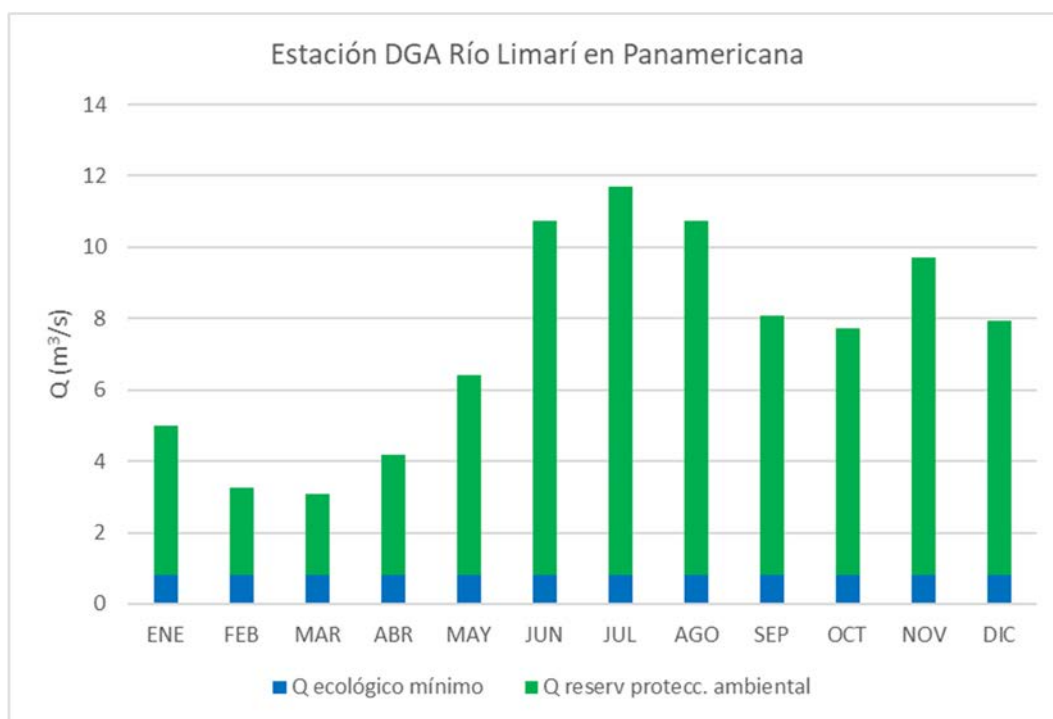
El caudal de reserva para protección ambiental se ha determinado en aquellas estaciones de la red fluviométrica de la DGA cercanas y potencialmente representativas del flujo de agua mínimo asociado a áreas de conservación existentes en la cuenca, presentadas en el apartado 2.3.1.3. La metodología para su determinación se presenta en el acápite 3.3.2.2 del Anexo F y el detalle del análisis correspondiente en el Anexo J.6.9.

En la cuenca del río Limarí se ha estimado el caudal actual (año 2019) de reserva para protección ambiental en una estación DGA, tal como se presenta en la Tabla 3.2-1, en relación a las áreas de conservación “Desembocadura Río Limarí” (SP2-026) y a “Humedal del río Limarí” (s/i código RNAP), ambas en la subcuenca Río Limarí; la distribución gráfica de estos caudales se presenta en la Figura 3.2-1.

Tabla 3.2-1 Caudal de reserva para protección ambiental (m³/s) en “Río Limarí en Panamericana”

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
4,18	2,45	2,27	3,36	5,62	9,93	10,89	9,93	7,28	6,91	8,92	7,13	9,19

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2020a).



Fuente: Elaboración propia en base a estadística DGA (2020a).

Figura 3.2-1 Caudal de reserva para protección ambiental (m³/s) en “Río Limarí en Panamericana”

Cabe señalar que existen otras áreas de conservación en la cuenca en las cuales no ha sido posible determinar un caudal de reserva para protección ambiental por la falta de registros estadísticos en los flujos de agua asociados a dichas áreas. La demanda futura para protección ambiental (años 2030 y 2050) corresponde como mínimo a los valores

de caudales de reserva estimados para la situación actual (año 2019), ya que no se puede estimar una proyección futura de esta demanda según la metodología utilizada (acápites 3.3.2.2 del Anexo F).

3.2.2 Derechos de agua para el medio ambiente: caudales ecológicos

En la Tabla 3.2-2 se presentan los caudales ecológicos extraídos desde los resultados del modelo numérico acoplado desarrollado en el Capítulo 5. El detalle de su cálculo se encuentra en el apéndice H-7 Sustentabilidad.

Tabla 3.2-2 Caudales ecológicos

Cuenca	Q ecológico (m ³ /s)
Río Hurtado	0,28
Río Grande	0,80
Río Cogotí	0,20
Río Limarí	1,32

Fuente: Elaboración propia.

3.3 DEMANDA AGRÍCOLA

Considerando el año en que se elaboró el estudio asociado al modelo base (CRDP, 2014), se validó el área total cultivada mediante un análisis de la información disponible en la plataforma PROMUS del laboratorio PROMMRA de la Universidad de La Serena, desde la cual se descargaron y posteriormente analizaron archivos *shape* del área cultivada, obteniendo lo presentado en la Tabla 3.3-1.

Tabla 3.3-1 Áreas de riego totales cuenca Limarí según plataforma PROMUS

	2014	2015	2016	2017	2018
Caduco	12.187	11.967	14.257	13.095	13.808
Persistente	9.410	8.503	9.363	9.582	8.880
Ciclo corto	1.517	2.595	4.017	4.144	4.773
Pradera	962	1.136	936	1.082	1.410
Huerto casero	0	0	118	0	0
Bajo plástico	0	0	53	0	0
Sin cultivo	27.226	27.099	22.595	23.483	22.367
Nulo	0	0	0	0	0
Sin información	0	0	0	0	0
Total PROMUS	51.301	51.301	51.339	51.386	51.240

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se valida el área máxima cultivable de 54.124 ha y, adoptando un criterio conservador para efectos de consumo hídrico, en el modelo hidrológico esta área cultivada, constante en el tiempo. Por otra parte, y para abordar cambios de cultivos en el futuro, se definió una variación en la presencia de cultivos en cada zona de riego según la proyección de censos agrícolas y catastros frutícolas.

En términos de los cultivos modelados, se mantuvo el esquema de CRDP (2014) debido a su mayor nivel de detalle. El cambio en la distribución a futuro de los mismos se explica en detalle en el Anexo F, acápite 3.3.iii (Figura 3.3-5 de dicho documento).

En los siguientes acápites se presenta en detalle los principales elementos de la modelación en zonas de riego.

La metodología de la demanda agrícola se expresa en el Anexo F y se complementa con el Anexo J.6.3, a continuación, se presentan los datos relevantes para la estimación de esta.

3.3.1 Zonas de riego modeladas

Se separan las zonas de riego según posición relativa a los embalses de la cuenca, con lo cual se obtiene que las zonas de riego agrícola aguas arriba de los embalses suman 11.944 ha, de las cuales 9.121 corresponden a cultivos frutales y 2.823 a cultivos anuales. Por otra parte, aguas abajo de los embalses se diferencian los cultivos en anuales y frutales, cuyas áreas totales son de 19.200 y 22.978 ha, totalizando 42.178 ha. Así, se llega al total de 54.124 ha mencionadas anteriormente.

En la Tabla 3.3-2 se presenta el área y los cultivos considerados según zona de riego implementada en modelo WEAP para las áreas aguas arriba de los embalses.

Tabla 3.3-2 Distribución de cultivos en zonas de riego aguas arriba de los embalses, en hectáreas

Zona de riego	Área Máxima Potencial (ha)	Zona o río asociado	Chacras	Pasto	Frutales	Vid de pisco	Hortalizas	Cereales
Hurtado Int. San Agustín Angostura	1.617	Hurtado	21,0	740,6	502,9	294,3	42,0	16,2
Hurtado antes Emb. Recoleta	198	Hurtado	2,6	90,7	61,6	36,0	5,1	2,0
Los Molles Alto 8	88	Rapel	0,3	6,7	67,9	9,9	3,0	0,2
Rapel	1.907	Rapel	5,7	144,9	1.472,2	215,5	64,8	3,8
Mostazal antes desemb.	1.001	Mostazal	3,0	76,1	772,8	113,1	34,0	2,0
Grande antes Mostazal	996	Grande	3,0	75,7	768,9	112,5	33,9	2,0
Grande Puntilla San Juan	1.054	Grande	3,2	80,1	813,7	119,1	35,8	2,1
Afluente Paloma Norte	939	Grande	2,8	71,4	724,9	106,1	31,9	1,9
Cogotí Embalse	1.399	Cogotí	2,8	347,0	956,9	46,2	21,0	25,2
Combarbalá	1.353	Cogotí	2,7	335,5	925,5	44,6	20,3	24,4

Zona de riego	Área Máxima Potencial (ha)	Zona o río asociado	Chacras	Pasto	Frutales	Vid de pisco	Hortalizas	Cereales
Pama Intermedio	990	Cogotí	2,0	245,5	677,2	32,7	14,9	17,8
Punitaqui Chalinga	234	Punitaqui	3,7	78,4	75,6	67,9	5,6	2,8
Punitaqui antes Limarí	168	Punitaqui	2,7	56,3	54,3	48,7	4,0	2,0
Total	11.944		55,5	2.348,9	7.874,4	1.246,6	316,3	102,4

Fuente: CRDP (2014).

Por otra parte, se presentan en la Tabla 3.3-3 y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Tabla 3.3-4 la distribución de cultivos anuales y frutales ubicados aguas arriba de los embalses, respectivamente.

De manera complementaria, se presenta en la Figura 3.3-1 la distribución de las zonas de riego en la cuenca. La información detallada asociada a este tipo de demanda se encuentra en el Apéndice H-9.

Tabla 3.3-3 Distribución de cultivos anuales en zonas de riego aguas abajo de los embalses (Limarí)

Zona de riego	Área Máxima Potencial (ha)	Hortalizas (ha)	Cereales (ha)	Praderas (ha)	Tubérculos (ha)
Camarico Clindo	1.391,7	723,8	110,8	514,9	42,1
Camarico Hualli	220,3	129,8	6,3	80,8	3,4
Cam Matriz	1.758,4	981,1	179,1	515,2	82,9
Camarico Punitaqui	434,5	125,3	56,9	206,4	46,0
Canal Punitaqui	615,4	138,1	47,8	394,4	35,1
Cauchil	544,2	495,1	3,9	11,0	34,2
Der Cogotí 1	574,0	351,4	16,5	199,4	6,7
Der Cogotí 2	291,4	177,6	9,3	100,7	3,9
Grande A Paloma	473,1	349,5	6,3	110,3	7,0
Hurtado Ovalle	461,5	286,8	18,8	126,2	29,8
Limarí abajo Ingenio	1.680,2	887,7	170,2	403,9	218,3
Limarí_Ingenio	1.724,2	1.130,8	22,3	541,7	29,4
M Cogotí	295,0	107,8	12,8	174,2	0,2
M Cogotí Punitaqui	203,1	124,3	5,8	70,5	2,4
M Paloma	203,4	159,5	1,9	37,2	4,8
Paloma Poniente	449,2	449,1	0,0	0,0	0,0
Palqui	564,0	512,9	4,1	11,5	35,5
Canal Villalon	3.034,1	1.713,3	205,4	800,7	314,7
Huatulame	466,0	453,8	0,0	12,1	0,0
Huatulame antes BCC	193,5	149,0	8,5	35,1	0,8
Tabali	2.146,2	955,3	259,9	833,6	97,4

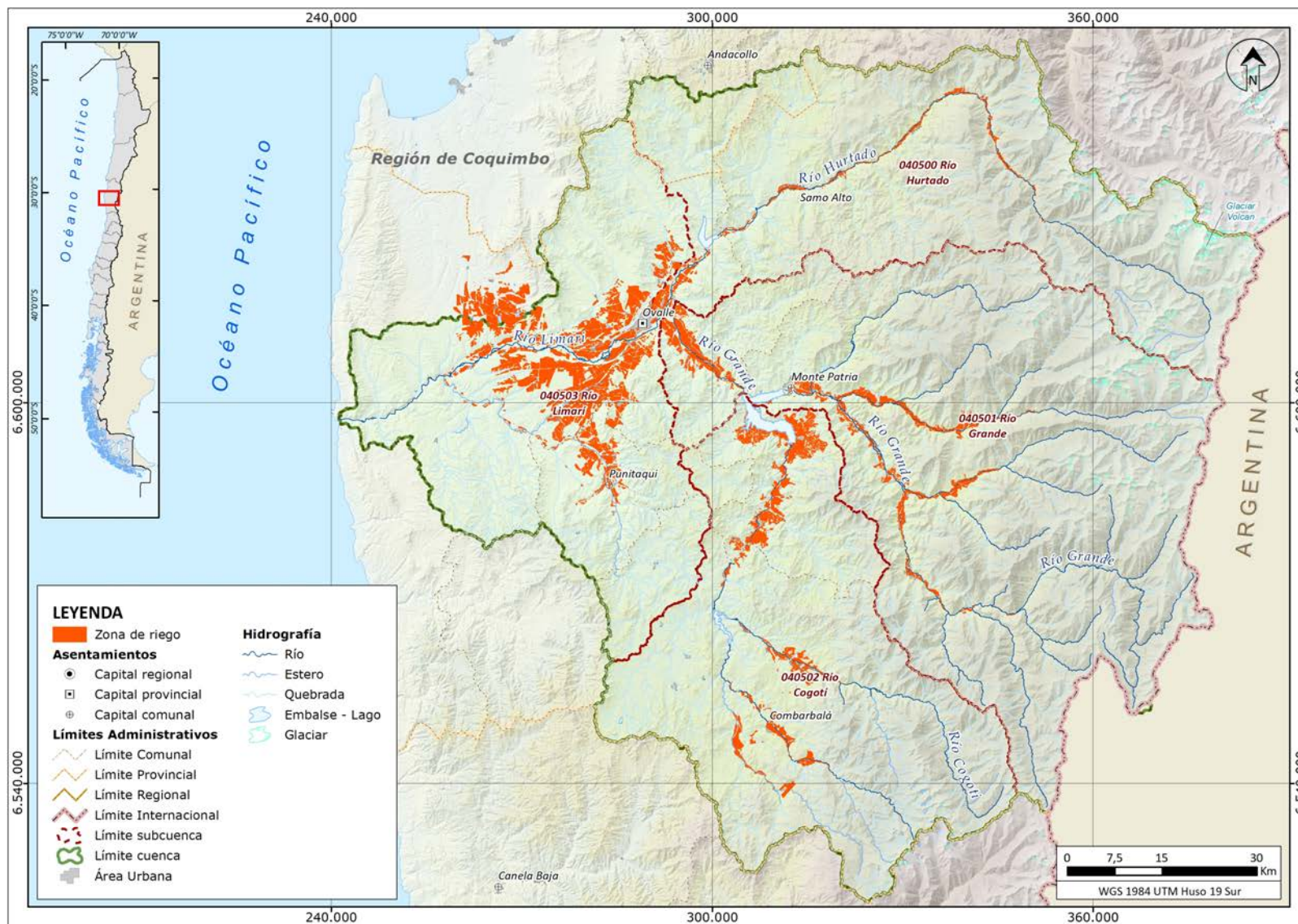
Zona de riego	Área Máxima Potencial (ha)	Hortalizas (ha)	Cereales (ha)	Praderas (ha)	Tubérculos (ha)
Talhuen	332,5	197,4	23,0	75,9	36,2
Villalon Ingenio	1.143,9	794,9	14,7	313,1	21,2
Total	19.199,8	11.394,3	1.184,3	5.568,8	1.052,0

Fuente: CRDP (2014).

Tabla 3.3-4 Distribución de cultivos frutales en zonas de riego aguas abajo de los embalses (Limarí)

Zona de riego	Área Máxima Potencial (ha)	Vid de mesa	Cítricos	Prunáceas	Nogales	Olivos	Paltos	Otros	Vid de pisco	Vid vinífera
		ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Camarico Clindo	499,1	129,3	5,7	0,0	0,1	0,0	30,7	46,8	172,2	114,3
Camarico_Hualli	363,4	84,5	38,0	0,3	0,0	0,0	90,5	16,9	114,0	19,2
Cam Matriz	1638,8	164,3	33,4	230,3	11,2	134,0	14,0	0,0	886,3	165,3
Camarico Punitaqui	371,2	49,1	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	232,5	72,3
Canal Punitaqui	1.348,4	335,8	49,0	121,3	2,3	0,8	136,9	9,7	428,4	264,2
Cauchil	467,3	441,9	18,6	0,0	0,0	0,4	5,6	0,4	0,0	0,4
Der Cogoti 1	314,1	1,1	44,4	0,2	12,7	0,8	39,0	0,0	178,2	37,7
Der Cogoti 2	781,4	166,4	59,5	1,5	0,0	0,7	241,4	65,4	203,6	42,9
Grande A Paloma	463,6	220,2	0,0	12,4	3,8	0,0	50,2	21,4	155,0	0,6
Hurtado Ovalle	1.339,2	136,9	161,0	4,0	7,6	0,3	385,7	148,9	464,7	30,1
Limarí abajo Ingenio	519,3	28,7	78,1	127,3	0,0	0,0	0,0	59,5	115,0	110,7
Limarí_Ingenio	1.010,4	2,8	25,7	0,3	87,6	9,9	126,3	19,2	434,0	304,6
M Cogoti	525,9	59,1	193,7	46,4	0,0	0,0	153,5	35,8	36,8	0,6
M Cogoti Punitaqui	350,5	35,3	34,2	2,7	15,8	0,0	126,1	8,4	105,6	22,4
M Paloma	574,1	55,0	30,3	1,0	0,0	0,0	300,3	28,6	158,3	0,6
Paloma Poniente	746,5	483,5	186,9	0,0	0,0	0,0	76,1	0,0	0,0	0,0
Palqui	1.163,3	733,3	317,5	0,0	0,0	0,0	58,7	53,2	0,0	0,6
Canal Villalon	2.696,8	96,2	375,1	149,0	19,2	639,4	667,9	150,7	104,1	495,2
Huatulame	1.062,6	911,8	54,1	0,0	0,0	0,0	83,6	13,1	0,0	0,0
Huatulame antes BCC	728,7	711,5	14,4	0,3	0,2	0,3	2,0	0,0	0,0	0,0
Tabali	2.469,9	100,6	145,1	510,2	0,0	962,9	198,4	36,2	232,7	283,8
Talhuen	2.153,9	312,5	49,1	3,0	12,1	427,4	657,8	7,4	482,8	201,8
Villalon Ingenio	1.389,9	56,3	111,8	114,3	18,8	0,7	307,7	162,1	317,1	301,1
Total	22.978,3	5.316,1	2.042,9	1.324,5	191,4	2.177,6	3.752,4	883,7	4.821,3	2.468,4

Fuente: CRDP (2014).



Fuente: Elaboración propia basado en CRDP (2014).

Figura 3.3-1 Zonas de riego modeladas

3.4 DEMANDA MINERA

3.4.1 Demanda del sector minero

De acuerdo al Anuario de la Minería de Chile (SERNAGEOMIN, 2018), a partir de la producción anual declarada se estimó la demanda hídrica asociada. En la Tabla 3.4-1 se presenta la estimación actual y futura de demanda hídrica asociada a la minería; el detalle de la estimación se encuentra en el Anexo J.6.5 y el detalle metodológico en el Anexo F, acápite 3.3.2.7.

Tabla 3.4-1 Demanda hídrica minera actual y futura

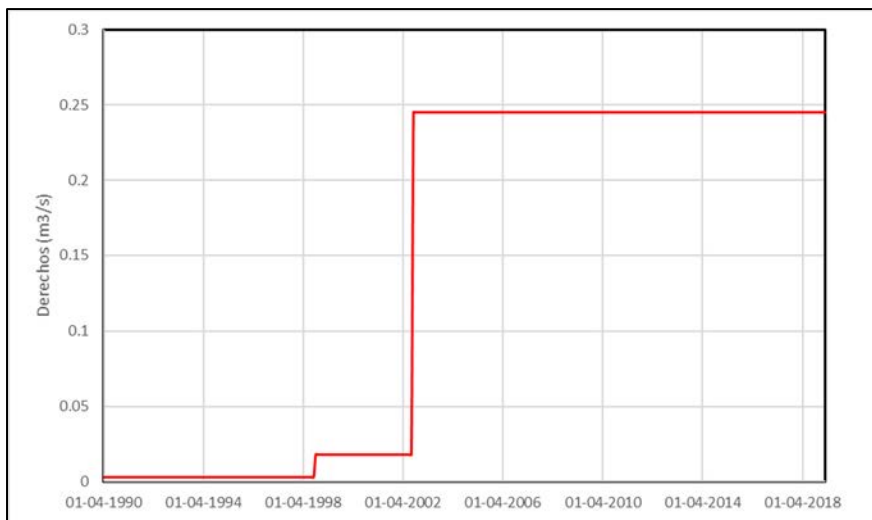
Subcuenca	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Río Limarí	3.013.850	4.168.084	5.063.932
Total	3.013.850	4.168.084	5.063.932

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que la estimación de la demanda minera, según la metodología propuesta, no incorpora nuevas explotaciones de yacimientos, debido a la alta incertidumbre que la evaluación de estos conlleva.

3.4.2 Derechos de agua para la minería

Según los registros entregados por la DGA, se exponen en la Figura 3.4-1 únicamente los que indican ser para uso minero, expresados en m³/s. El valor a 2019 es de 0,245 m³/s.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4-1 Serie en el tiempo de derechos para uso minero

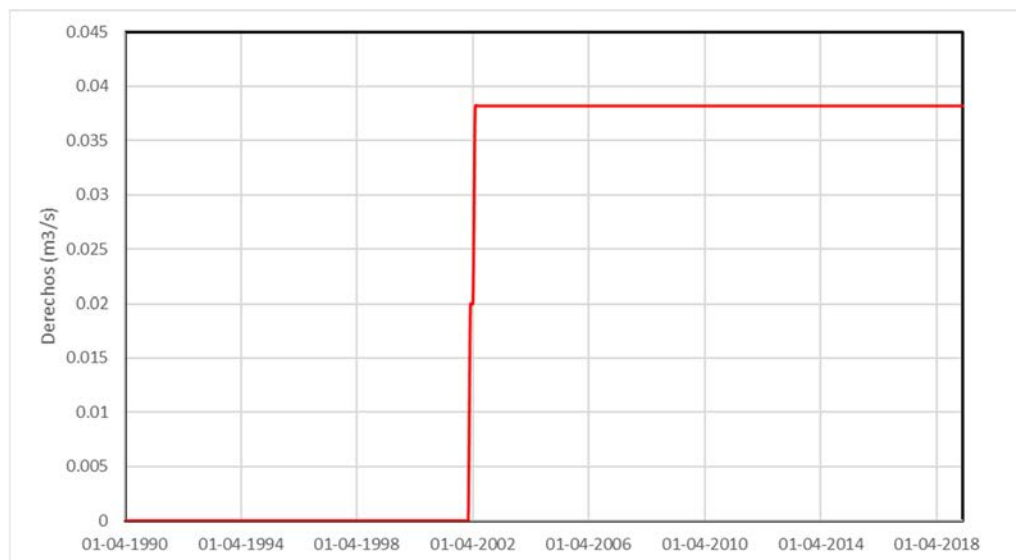
3.5 DEMANDA INDUSTRIAL

3.5.1 Demanda del sector industrial

Según la metodología aplicada (Anexo F, acápite 3.3.2.2.vi), en la cuenca del río Limarí no se encontraron puntos de consumo con demanda asociada al uso industrial.

3.5.2 Derechos de agua para la industria

Según los registros entregados por la DGA, se exponen en la Figura 3.5-1 únicamente los que indican ser para uso industrial, expresados en m³/s. El valor a 2019 es de 0,038 m³/s.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5-1 Serie en el tiempo de derechos para uso industrial

3.6 OTRAS DEMANDAS

3.6.1 Demanda del sector pecuario

De acuerdo a los Censos Agropecuarios de los años 1997 y 2007 y otras fuentes complementarias (acápito 3.3.2.2.iv del Anexo F) se estimó la demanda actual y futura asociada al sector pecuario. La Tabla 3.6-1 se presenta el resumen de la demanda hídrica por tipo de ganado, y en la Tabla 3.6-2 la demanda por subcuenca.

Tabla 3.6-1 Demanda hídrica pecuaria actual y futura por sector

Sector pecuario	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Bovino	79.171	216.274	300.743
Ovino	47.191	60.929	84.480
Caprino	93.653	166.717	231.426
Avícola	2.859	4.051	4.987
Porcino	22.176	29.947	44.142
Equino	130.989	134.325	160.833
Camélidos	111	163	258
Otros	685	958	1.465
Total	376.835	613.365	828.335

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6-2 Demanda hídrica pecuaria actual y futura por subcuenca

Código Subc./Cuenca	Nombre Subcuenca/Cuenca	Demanda hídrica (m ³ /año)		
		2019	2030	2050
450	Río Hurtado	54.320	79.705	108.619
0451	Río Grande Alto	61.865	91.073	129.094
0452	R. Grande Medio	26.329	41.203	55.862
0453	R. Guatulame	111.783	211.523	294.931
0454	Río Grande Bajo	2.772	3.426	3.804
0455	Río Limarí	119.765	186.434	236.026
045	Río Limarí	376.835	613.365	828.335

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, la mayor presión por demanda hídrica de este rubro corresponde a la proyección del sector equino y caprino, y especialmente en las subcuencas Río Guatulame y Río Limarí.

3.6.2 Demanda por generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas en la cuenca, que pueden verse en el Anexo J.6.7, se estimó solo la demanda hídrica no consuntiva, ya que no existen centrales asociadas a una demanda consuntiva (metodología en el Anexo F, acápite 3.3.2.2.vii). En la Tabla 3.6-3 se presenta el resumen de los resultados.

Tabla 3.6-3 Demanda hídrica eléctrica actual y futura

Uso	Código Subc./Cuenca	Nombre Subcuenca / Cuenca	Demanda hídrica (m ³ /año)		
			2019	2030	2050
No Consuntivo	0454	Río Grande Bajo (entre Embalse Paloma y Río Hurtado)	192.726.793	185.013.798	254.340.783
	0452	R. Grande Medio (arriba Junta R. Rapel y R. Guatulame o Muro Emb. Paloma)	11.893.758	23.126.448	20.525.584
	045	Río Limarí	204.620.551	208.140.246	274.866.367

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, la proyección futura de demanda no consuntiva corresponde principalmente a la subcuenca Río Grande Bajo.

3.6.3 Demanda por uso turístico

La cuenca del río Limarí no presenta ZOIT asociadas a fuentes hídricas continentales, por lo que no aplica determinación de demanda por uso turístico (metodología asociada en el Anexo F, acápite 3.3.2.2.viii).

3.7 RESUMEN DE DEMANDAS

En la Tabla 3.7-1 se presenta un resumen de los valores de demandas consuntivas y no consuntivas por sector económico u otro uso, mientras que en la Figura 3.7-1 se representa la distribución de las demandas en el territorio y la Figura 3.7-2 se grafica el porcentaje de dichos sectores sobre el total del consumo de agua en la cuenca.

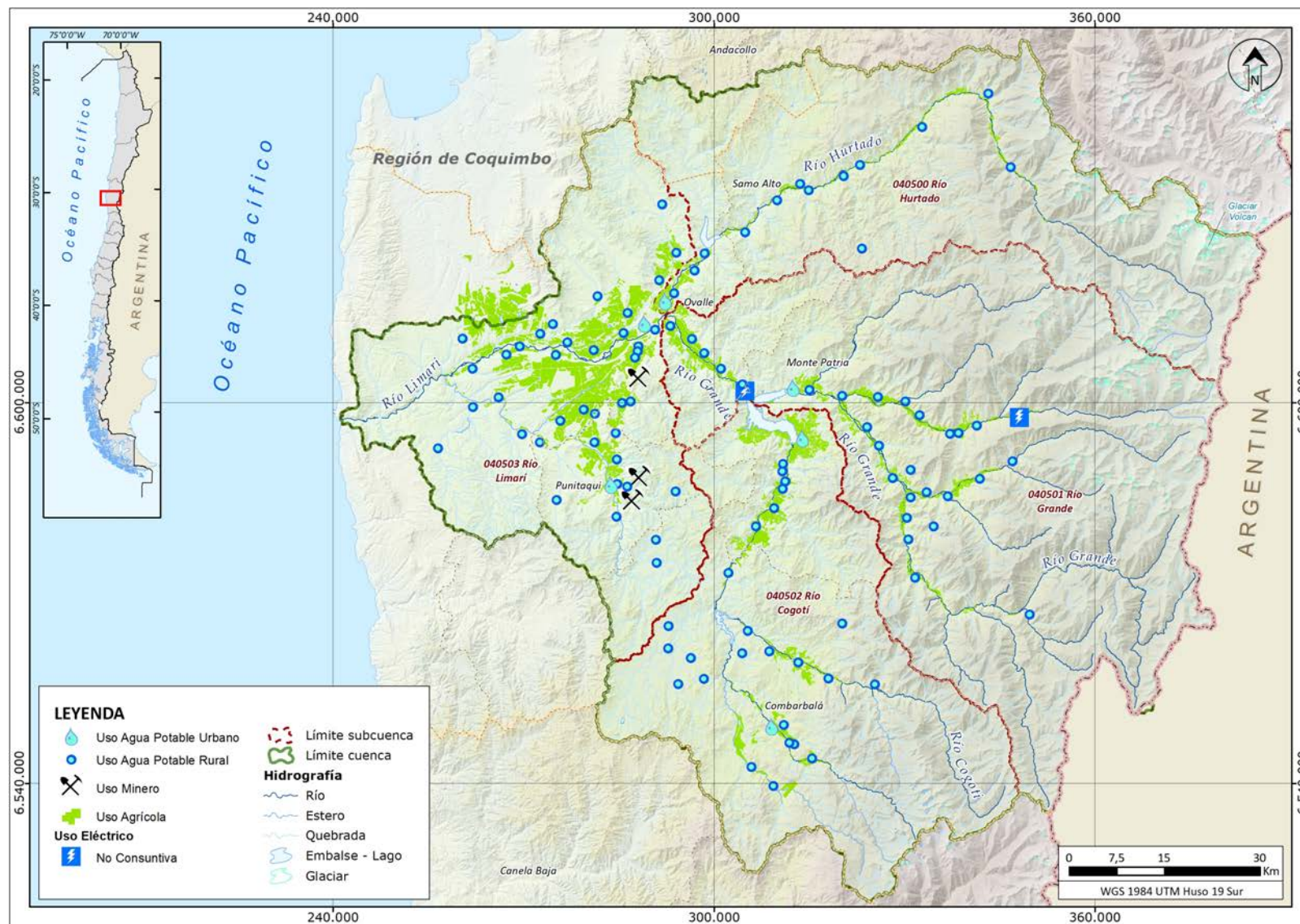
Tabla 3.7-1 Resumen de Demandas – Cuenca del río Limarí

Sector	Año 2019		Año 2030		Año 2050		Var. 2019/2030	Var. 2019/2050
	(m ³ /año)	(m ³ /s)	(m ³ /año)	(m ³ /s)	(m ³ /año)	(m ³ /s)	(%)	(%)
Agua potable urbana	6.919.215	0,22	7.730.297	0,25	8.962.234	0,28	12%	30%
Agua potable rural	7.740.554	0,25	8.820.442	0,28	10.252.878	0,33	14%	32%
Agrícola	467.960.983	14,8	512.587.484	16,3	420.333.117	13,3	10%	-10%
Pecuario	376.835	0,01	613.365	0,02	828.335	0,03	63%	120%
Minería	3.013.850	0,09	4.168.084	0,13	5.063.932	0,16	42%	78%
Generación Eléctrica (*)	204.620.551	6,49	320.900.808	10,18	391.588.287	12,42	57%	91%
Protección Ambiental (**)	-	9,19	-	9,19	-	9,19	0%	0%

(*) Demanda no consuntiva, asociada a centrales hidroeléctricas de pasada.

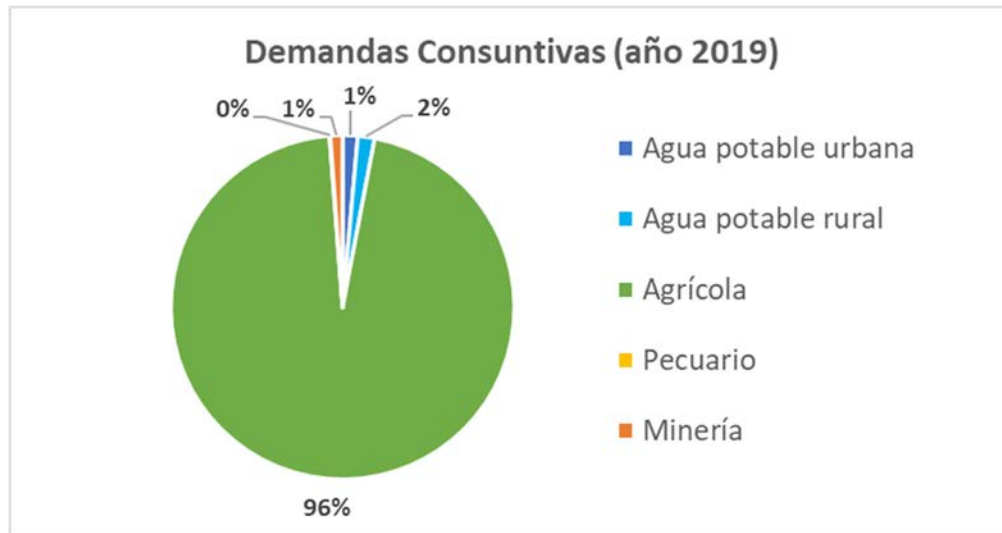
(**) Demanda anual asociada a una distribución mensual, en unidades m³/s.

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7-1 Distribución de demandas principales según uso.

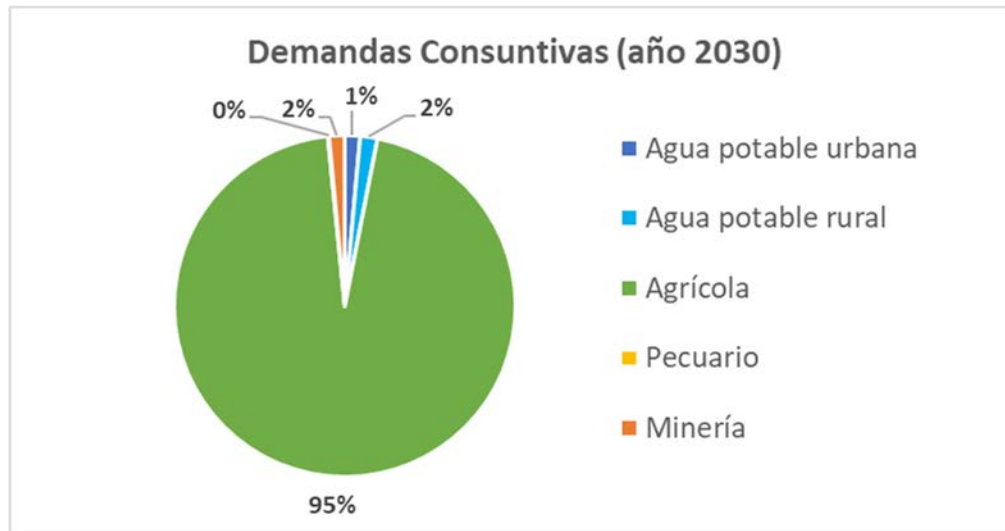


Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7-2 Distribución de las demandas consuntivas (año 2019) de la cuenca del río Limarí

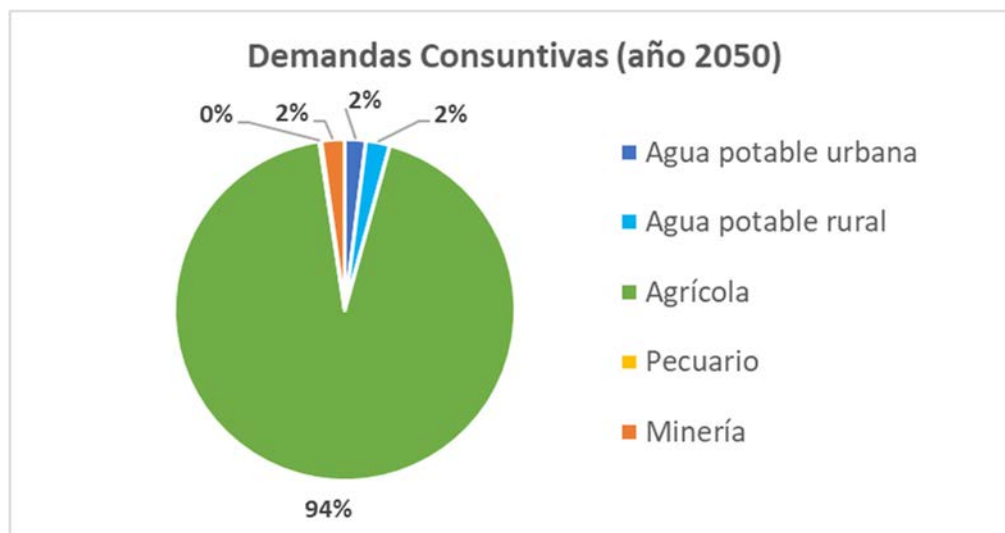
Al respecto, cabe destacar que el principal consumo es el referente al sector agrícola (95,8%), mientras que agua potable urbano y rural alcanzan un 3,0% y la minería representa un 1,1% del total.

La proyección futura (año 2030) se mantiene en proporciones muy similares, mientras que para el final de periodo analizado (año 2050) se muestra una tendencia a la baja del porcentaje de la demanda del sector agrícola (93,3%), aumentando levemente el consumo por parte del resto de usos y sectores: agua potable urbano y rural alcanza un 4,3% y minería un 2,2% (detalle en Anexo J.6, Figura 3.7-3 y Figura 3.7-4). En este contexto, las iniciativas deben enfocarse, en buena medida, en minimizar la demanda insatisfecha del sector de riego en la cuenca, dado que sigue siendo el sector de mayor demanda con gran diferencia respecto de otros usos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7-3 Distribución de las demandas consuntivas (año 2030) de la cuenca del río Limarí



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7-4 Distribución de las demandas consuntivas (año 2050) de la cuenca del río Limarí

Respecto de las variaciones porcentuales de las demandas proyectadas a los años 2030 y 2050 sobre de la estimación de la situación actual (año 2019) mostradas en la Tabla 3.7-1, cabe resaltar el incremento futuro para minería proyectado al año 2050, suponiendo un porcentaje de variación del 78%. A su vez, la variación en el sector pecuario es destacable, si bien cabe señalar que la proyección se basa en los datos disponibles de los Censos Agropecuarios de los años 1997 y 2007, por lo que existe un grado de incertidumbre a considerar en dicha estimación (metodología en el acápite 3.3.2.2 del Anexo F).

3.8 MERCADO DE AGUAS

Un mercado de aguas puede definirse como las interacciones entre compradores y vendedores de algún tipo de título de propiedad de agua para usarla, asignándole a este, un precio determinado mediante el libre intercambio (CNR, 2016a).

3.8.1 Evolución histórica

La información que a continuación se presenta corresponde a la contenida en la base de datos "Inscripciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Conservadores de Bienes Raíces" disponible en el portal web de la DGA y que contiene las transacciones informadas por los Conservadores de Bienes Raíces (CBR) de Ovalle, Monte Patria y Combarbalá con jurisdicción en las comunas que integran la cuenca, Ovalle, Punitaqui, Río Hurtado, Monte Patria y Combarbalá.

El análisis considera inscripciones de categoría "mercado" tales como: compraventa, adjudicación, aporte, dación en pago, entre otras, de naturaleza superficial y subterránea, del tipo consuntivos y no consuntivos, de ejercicio permanente y eventuales. No fueron consideradas transacciones de categoría "no mercado" (herencias, concesiones, regularizaciones, entre otras).

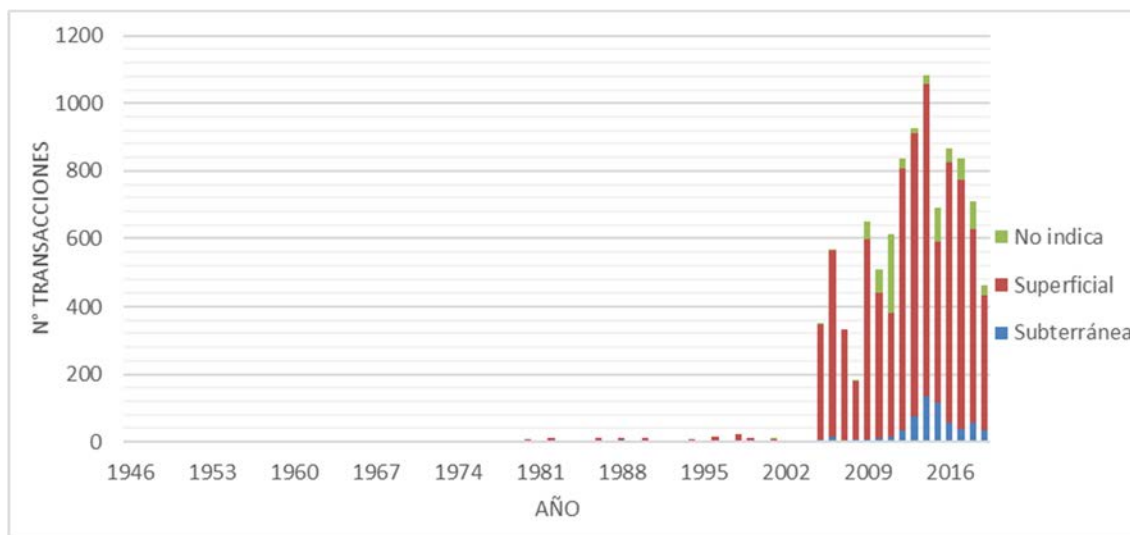
El estado de registro de las características esenciales disponibles para el análisis correspondiente al periodo 1946-2019 se presenta en la Tabla 3.8-1.

Tabla 3.8-1 Transacciones según naturaleza del agua, años 1946-2019

Naturaleza del Agua	N° de Transacciones	Característica no indicada		
		Nombre vendedor	Nombre comprador	Caudal
Subterránea	621	8	3	19
Superficial	8.429	252	7	193
No indica	749	201	0	62
Total	9.799	461	10	274

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

El total de transacciones informadas corresponde a 9.799, de las cuales, según la naturaleza del agua, 621 (6,34%) de ellas pertenecen al tipo de fuente subterránea, 8.429 (86,02%) corresponden al tipo de fuente superficial y 749 (7,64%) no indica el tipo de fuente. En el siguiente gráfico se observa el total de transacciones de DAA a lo largo del periodo de estudio. Entre 2005 y 2019 se concentra el 98% de las transacciones de DAA en relación al total informado, con un máximo en el año 2014 con 1.082 transacciones.



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

Figura 3.8-1 Distribución anual del número de DAA transados, periodo 1946-2019

En el Anexo J.7 se identifica los principales usuarios compradores de DAA haciendo un análisis de las transferencias más frecuentes (intrasectoriales e intersectoriales) de DAA.

3.8.2 Valor del agua por sector económico

Con el objetivo de estimar el valor de mercado de los DAA, se tomó como fuente de información la contenida en la base de datos entregada por la DGA y que registra las transacciones informadas por los Conservadores de Bienes Raíces (CBR). Esta base de datos contiene 12.900 transacciones informadas por los CBR de Combarbalá, Monte Patria y Ovalle durante el periodo del año 1941 hasta el año 2019.

Sobre la base de datos inicial se procedió a aplicar los criterios de depuración de manera incremental, con el fin de contar con una base de datos depurada que incluya transacciones que cumplan con todas las condiciones para que sean consideradas en la estimación. Esta depuración se realizó en base a la metodología que la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) utiliza para la estimación del valor de los derechos de aprovechamiento de aguas en los procesos tarifarios que se llevan a cabo cada 5 años y que se encuentra plasmada en el estudio "Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile", SIT N.º 438, diciembre 2018.

Las transacciones excluidas fueron aquellas con las siguientes características:

- Imposibilidad de identificar el tipo de naturaleza del DAA.
- Imposibilidad de identificar el tipo de ejercicio del DAA.
- Imposibilidad de identificar el mercado a la cual pertenece la transacción DAA.
- Inexistencia de información de caudal.
- Imprecisión en el monto de la transacción.
- Transacciones diferentes a compraventa.
- Transacciones en conjunto con otros bienes.

- Transacciones entre parientes.
- Agrupación de observaciones que no presenten diferencias en la fecha de inscripción, comprador, vendedor y mercado relevante.

Cabe mencionar que los resultados que se presentan a continuación consideran las equivalencias entre l/s y “acciones” indicadas en el estudio de la DGA (2018a) “Diagnostico Nacional de Organizaciones de Usuarios” S.I.T. N.º 422. Los valores son presentados en el acápite 4.1.6 del estudio.

A continuación, se presenta el resultado del proceso de depuración de la base de datos inicial. Se observa que, de las 22.354 transacciones, 628 (2,8%) cumplen con los requisitos definidos para estimar precios de mercado de DAA.

Tabla 3.8-2 Aplicación incremental de criterios de depuración

	Número de transacciones
Base de datos inicial	22.354
<i>Criterio de depuración</i>	
Compraventa	7.717
Con información de naturaleza	6.935
Con información de tipo de ejercicio	901
Con información de caudal	888
Con información de monto	766
Transacciones sin otros bienes	629
Con información de Mercado (naturaleza y sector)	628
Base de datos depurada	628

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

Cabe indicar que de las transacciones que quedaron fuera de las estimaciones según la depuración descrita, 6.951 (31%) no se consideraron debido a que no cuentan con información básica de la transacción de un DAA: naturaleza, ejercicio, mercado (sector), caudal o monto.

Tabla 3.8-3 Transacciones depuradas

Tipo de ejercicio del DAA	Nº Superficial	Nº Subterránea	Total
Eventual	1	0	1
Eventual y continuo	13	0	13
Eventual y discontinuo	1	0	1
Permanente	4	0	4
Permanente y alternado	13	1	14
Permanente y continuo	183	412	595
Total general	215	413	628
Proporción	34%	66%	100%

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

Se ha considerado como “Unidad de mercado” la naturaleza del agua (subterránea o superficial) y el sector económico en cual se realizó la transacción.

A continuación, se presenta el número de transacciones según naturaleza del agua y sector económico obtenidas de la depuración de la base de datos.

Tabla 3.8-4 Transacciones por unidad de mercado

Naturaleza del agua	Unidad de mercado	Transacciones
Subterránea	Agrícola	138
	Agua potable y Saneamiento	6
	Banca	0
	Empresa	41
	Inmobiliaria y Construcción	10
	Minería	4
	Particular	214
	Subtotal	413
Superficial	Agrícola	43
	Agua potable y Saneamiento	20
	Banca	0
	Empresa	23
	Inmobiliaria y Construcción	6
	Minería	2
	Particular	121
	Subtotal	215
Total		628

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

La baja cantidad de transacciones que cumplen con los requisitos mínimos para la estimación de un valor de mercado (2,8% del total de registros), imposibilita un análisis representativo de cada unidad definida. Conforme a lo anterior, se ha considerado un mínimo de 10 transacciones por unidad de mercado, esto conforme a la metodología descrita en el estudio DGA (2018d) "Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile", SIT N.º 438. Aquellas unidades con menos de 10 transacciones, no han sido consideradas por no permitir una estimación robusta y representativa del mercado.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las unidades de mercado "aguas subterráneas" y "aguas superficiales".

Aguas Subterráneas

Para la unidad de mercado de aguas subterráneas, se encontraron cinco (5) valores atípicos. Con esto, se obtiene una media y mediana por caudal de 233 UF/l/s y 182 UF/l/s, respectivamente.

Tabla 3.8-5 Resultados valor de aguas subterráneas

Transacciones	413
Transacciones atípicas	5
Media (UF/I/s)	233
Mediana (UF/I/s)	182

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

Aguas Superficiales

Para la unidad de mercado de aguas superficiales, se encontraron dos (2) valores atípicos. Estos valores fueron apartadas a fin de no generar distorsión en los resultados. Con esto, se obtiene una media y mediana por caudal de 113 UF/I/s y 77 UF/I/s, respectivamente.

Tabla 3.8-6 Resultados Aguas Superficiales

Transacciones	215
Transacciones atípicas	2
Media (UF/I/s)	119
Mediana (UF/I/s)	98

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020a).

Los resultados, respecto a el valor del agua por sector económico, se presentan en el Anexo J.7. Asimismo, Anexo J.7.1 y el Anexo J.7.2 se adjuntan las planillas con el detalle del análisis presentado sobre los DAA en la cuenca del río Limarí, así como su mercado de aguas, respectivamente.

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.

4.1 AGUA SUPERFICIAL

4.1.1 Fuentes superficiales

4.1.1.1 Identificación de fuentes

El río Limarí se forma por la unión de los ríos Grande y Hurtado, juntándose aproximadamente 4 km aguas arriba de la ciudad de Ovalle, a 260 m s.n.m. A partir de la confluencia de ambos toma el nombre de río Limarí, el cual desemboca en el mar después de recorrer alrededor de 60 km.

El río Grande, que drena la parte S de la cuenca hidrográfica del Limarí, tiene una hoya más de dos veces superior a la del Hurtado (6.701 km² y 2.650 km², respectivamente). Ambos ríos nacen en partes de la cordillera donde las cumbres alcanzan en promedio hasta los 4.500 m s.n.m. y reciben una abundante precipitación nival.

El río Hurtado no tiene afluentes de importancia y constituye el único y gran dren de la parte N de la cuenca del Limarí. En su curso inferior está emplazado el embalse Recoleta, con capacidad útil de 100 millones m³.

El río Grande recibe una serie de afluentes de importancia, entre los cuales cabe mencionar: el río Rapel, el río Mostazal y el río Guatulame (con sus afluentes Combarbalá, Pama y Cogotí). En la confluencia del río Guatulame con el río Grande se encuentra el embalse La Paloma, con un volumen de regulación de 750 millones m³. A su vez, el escurrimiento del río Guatulame está regulado por el embalse Cogotí, de 150 millones m³ de capacidad. Por otro lado, el embalse Valle Hermoso, en la subcuenca del río Pama, dispone de una capacidad de almacenamiento de 20 millones de m³.

Entre la ciudad de Ovalle y su desembocadura, el río Limarí recibe afluentes de escasa importancia, siendo los principales el estero Ingenio por el N y Punitaqui por el S.

El régimen del río Limarí es nivo-pluvial: en sus afluentes de cabecera (ríos Hurtado, Grande, Mostazal, Cogotí, Combarbalá, Pama) se aprecia un claro régimen nival; en la parte baja de algunos la influencia pluvial se hace importante (como en el caso de la parte baja de los ríos Grande, Cogotí y Limarí), llegando a régimen mixto en la parte baja del río Guatulame; y finalmente, un régimen pluvial en el último afluente

de importancia del Limarí antes de su desembocadura, el estero Punitaqui (DGA, 2004). A modo de ejemplo, en la Tabla 4.1-1 se presentan los valores de caudal en 4 puntos de control de la cuenca, según el régimen.

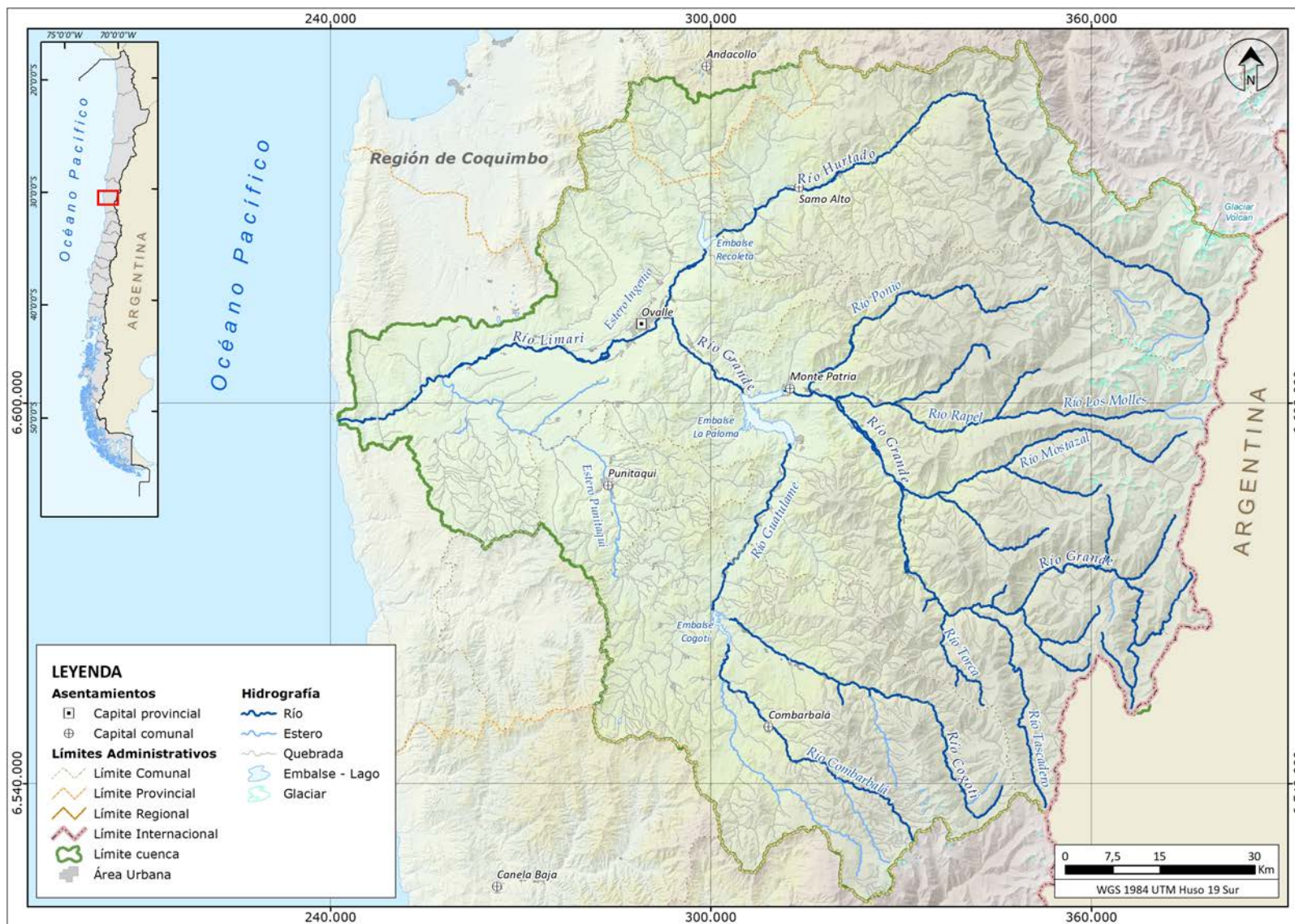
Tabla 4.1-1 Regímenes y caudales promedio histórico en la cuenca del río Limarí

Cód. BNA	Estación Fluviométrica	Q _{medio anual} (m ³ /s)	Q _{medio DEF} (m ³ /s)	Q _{medio MAM} (m ³ /s)	Q _{medio JJA} (m ³ /s)	Q _{medio SON} (m ³ /s)	Régimen
4513001-0	Río Grande en Cuyano	7,1	7,4	3,2	5,6	12,1	Nival
4558001-6	Río Limarí en Panamericana	8,2	0,1	0,2	9,9	11,1	Nivo-pluvial
4537001-1	Río Guatulame en El Tome	2,0	1,7	0,6	3,1	2,4	Mixto
4557002-9	Estero Punitaqui antes junta río Limarí	0,3	0,1	0,2	0,7	0,4	Pluvial

Nota: DEF diciembre-enero-febrero, MAM marzo-abril-mayo, JJA junio-julio-agosto, SON septiembre-octubre-diciembre.

Fuente: Elaboración propia en base a CR2 (2020).

Complementariamente, se presenta en la Figura 4.1-1 los principales ríos y esteros que conforman la hidrografía de la cuenca del río Limarí.



Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c).

Figura 4.1-1 Hidrografía de la cuenca del río Limarí

4.1.1.2 División administrativa

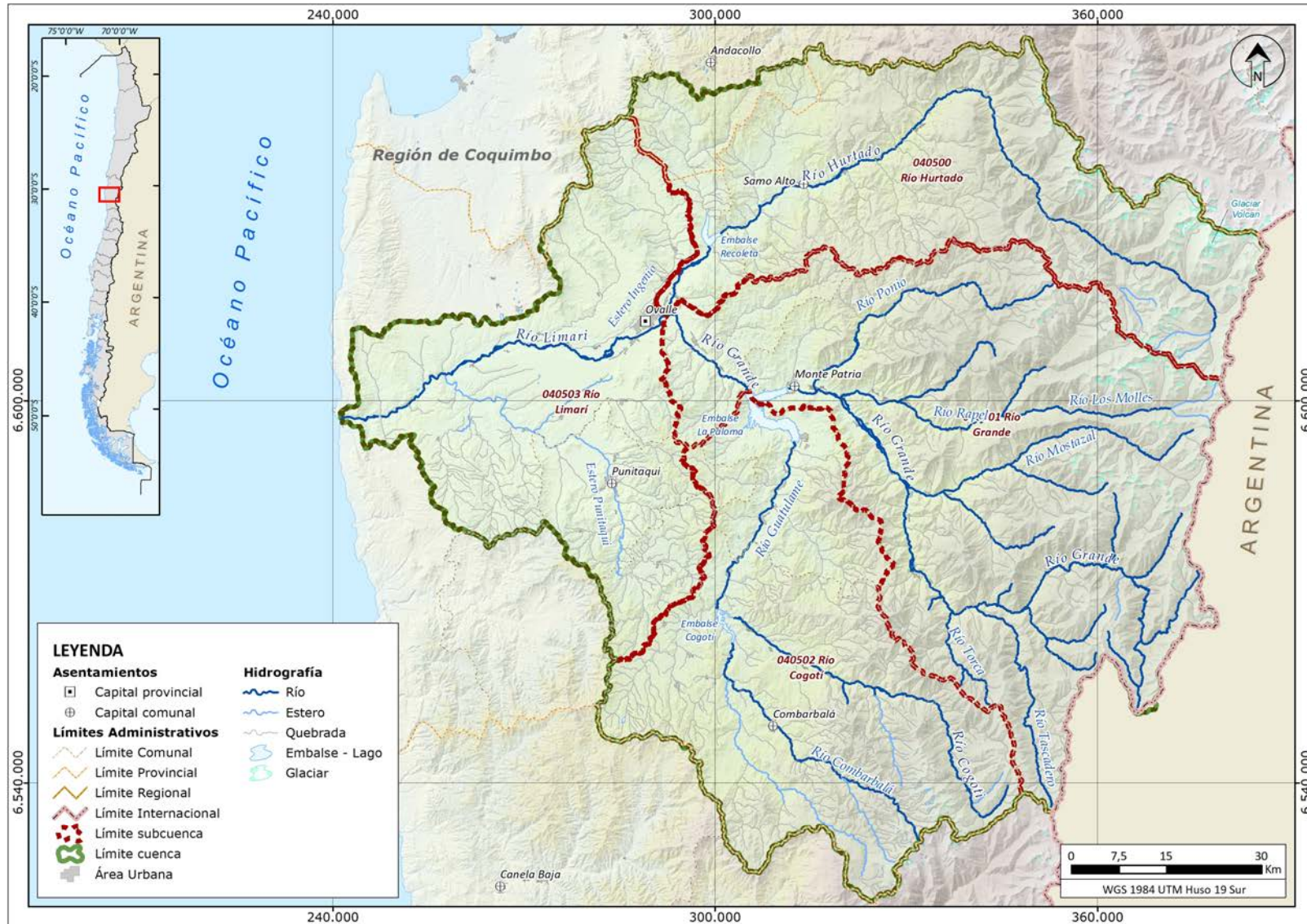
La cuenca del río Limarí tiene una superficie de 11.680 km² y se divide en cuatro subcuencas, las cuales se presentan en la Tabla 4.1-2. En la Figura 4.1-2 se presentan la cuenca y las subcuencas del río Limarí.

Tabla 4.1-2 División administrativa de la cuenca del río Limarí

Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Superficie (km²)
0405	Río Limarí	040500	Río Hurtado	2.650
		040501	Río Grande	4.061
		040502	Río Cogotí	2.640
		040503	Río Limarí	2.329

Nota: Codificación de cuenca y subcuencas en base a Cuencas DARH.

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA.



Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019).

Figura 4.1-2 Cuenca y subcuencas del río Limarí

4.1.1.3 Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

Con la finalidad de tener una visión amplia de los problemas de escasez que existen y/o han ido apareciendo temporalmente, se presentan seguidamente las restricciones al uso de agua en la cuenca, en sus diferentes figuras de protección de las aguas superficiales. En el acápite 3.3.1.2 del Anexo F se presenta la definición de cada restricción considerada.

A su vez, en la Tabla 4.1-3 se representan las medidas vigentes de restricción al uso de agua de la cuenca del río Limarí. En los Anexos J.8.1 y J.8.3 se recopilan los antecedentes relativos a restricciones de uso de aguas superficiales en la cuenca.

i. Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales

En la Tabla 4.1-3 se muestra la declaración de agotamiento de aguas superficiales que afecta la cuenca del río Limarí:

Tabla 4.1-3 Declaración de agotamiento – Cuenca del río Limarí

Cuenca	Limitación	Res. DGA N°	Fecha Res. DGA
Río Grande y Limarí y sus afluentes	Declaración de agotamiento	72	19-01-2005

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

ii. Zonas de conservación

Las áreas colocadas bajo protección oficial y sitios prioritarios en la cuenca del río Limarí se han identificado y recopilado en el apartado 2.3.1.3 del presente documento.

Seguidamente se enumeran únicamente las áreas protegidas, sitios Ramsar y Reservas de la Biosfera de la cuenca, esto es, zonas de conservación con protección oficial, mientras que en la Figura 4.1-3 se muestra su ubicación:

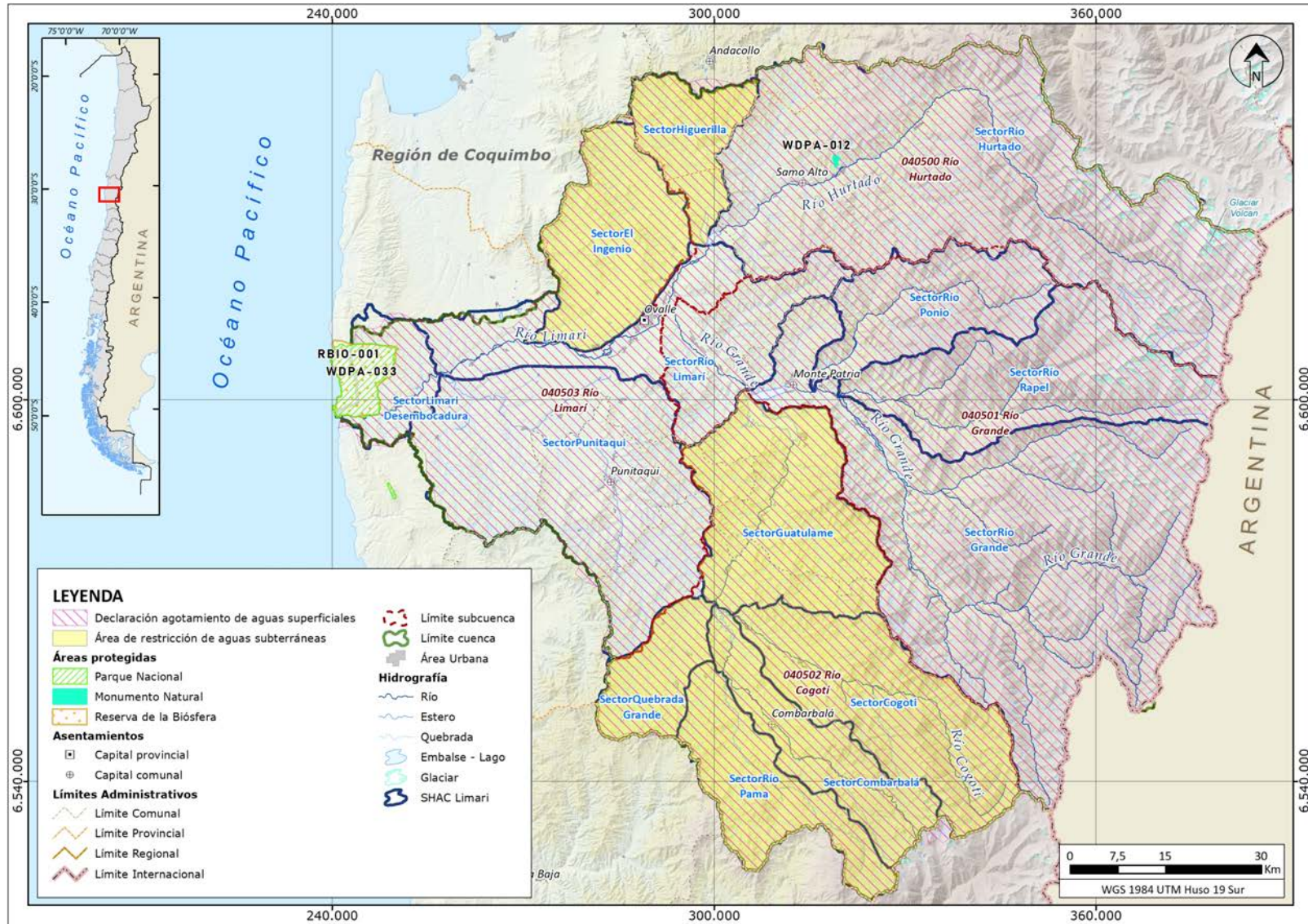
- Parque Nacional: Bosque Fray Jorge (WDPA-033): La unidad destaca por poseer bosques relictos de tipo valdiviano en plena zona semiárida. Protege a diferentes especies de fauna como la perdiz, el halcón peregrino, la torcaza, la yaca, diferentes clases de roedores, el pingüino de Humboldt, el zorro culpeo y el chungungo. En cuanto a la vegetación, en el Parque Bosque Fray Jorge existen 440 especies nativas, 266 especies endémicas de Chile, de ellas, 10 se encuentran en la categoría en Peligro y 84 en la de Vulnerable. En el sector del bosque se pueden apreciar olivillos, petrillos y canelos.
- Monumento Nacional: Pichasca (WDPA-012): Destaca, en cuanto a especies de fauna principalmente, por la presencia ocasional de zorros chilla y herpetofauna (lagartijas). En cuanto a flora, el olivillo del norte, carbonillo, espino rojo y diversas cactáceas son los preponderantes en el área. Su atractivo principal son los vestigios de flora y fauna fosilizada (troncos petrificados y fósiles de dinosaurios).

- Reserva de la Biosfera: Bosque Fray Jorge (RBIO-001): Única Reserva localizada en la costa semiárida de Chile, protege a los ricos y diversos sistemas semiáridos, como los bosques de neblina de la Cordillera de La Costa.

En el Anexo J.2 se adjunta la ficha RNAP (MMA, 2020a) de esta zona de conservación. Cabe señalar que los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, si bien pueden tener vínculos con los recursos hídricos de la cuenca, no tienen carácter de categoría de protección.

iii. Decretos de reserva

No se han dictado decretos de reserva en la cuenca del río Limarí.



Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA (2019c).

Figura 4.1-3 Zonas con diferentes grados de restricción al uso de agua en la cuenca del río Limarí

iv. Decretos de escasez hídrica

En la cuenca del río Limarí, en el periodo 2008-2020, se han declarado un total de 19 decretos de escasez. En el Anexo J.8.3.1 se enumeran los decretos de escasez hídrica históricos promulgados parcial o totalmente en la cuenca. Actualmente, se encuentra vigente el siguiente decreto de escasez hídrica sobre la cuenca del río Limarí:

- N° 72 de 01 de julio de 2020 con fecha de caducidad el 01 de enero del 2021, en la provincia de Limarí.

En la Figura 4.1-4 se muestran aquellos años en que, a nivel comunal, se ha declarado algún decreto a lo largo del año. Se observa, en términos generales, la afectación del conjunto de la cuenca desde el año 2014 hasta la actualidad.

Cuenca	Provincia	Comuna	Decretos de escasez hídrica														
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
Río Limarí	Limarí	Combarbalá															
		Monte Patria															
		Ovalle															
		Punitaqui															
		Río Hurtado															

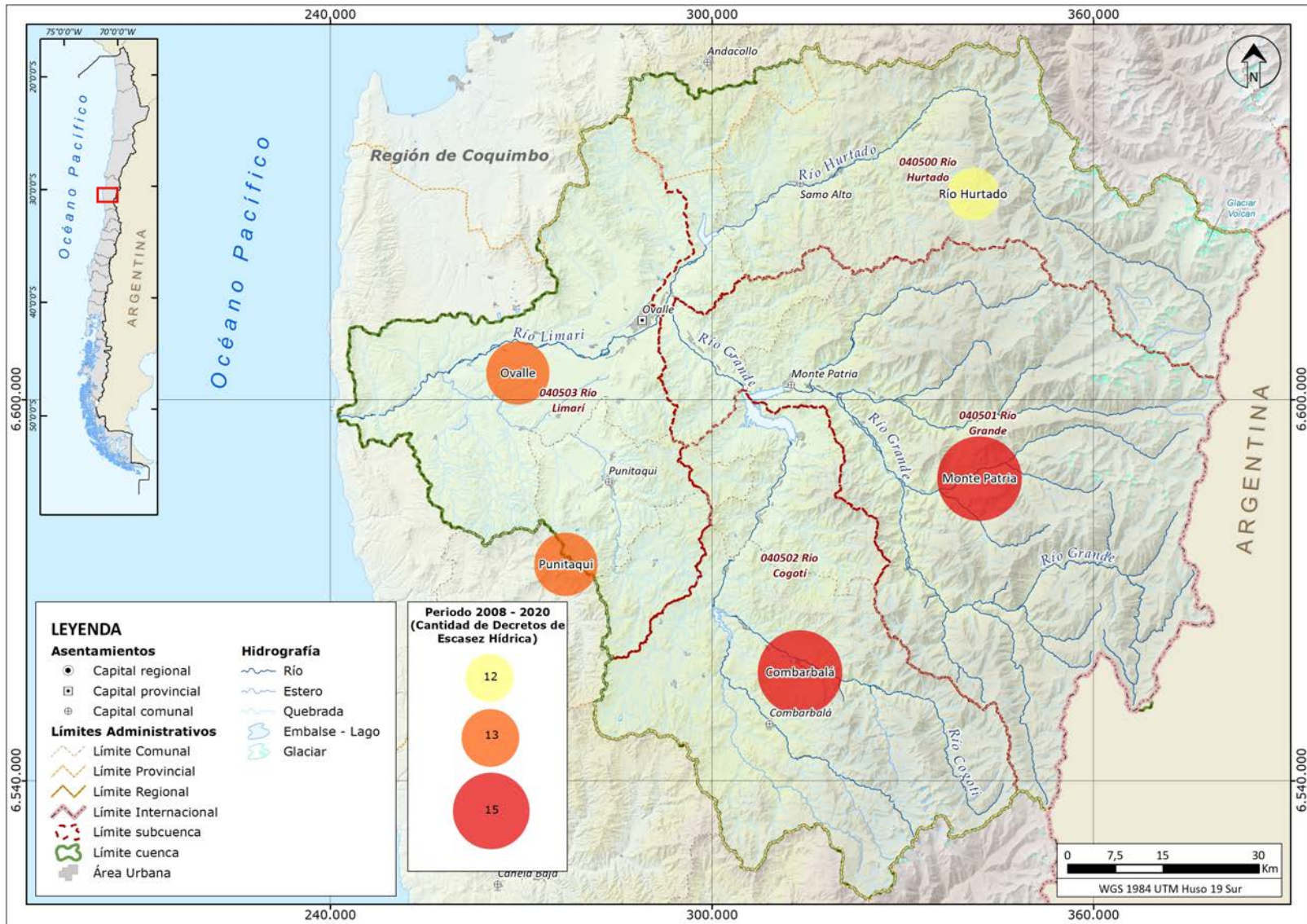
Nota: Celda con color indica la existencia de decretos en el año, que pueden ser hasta 2.

Fuente: Elaboración propia basada en DGA (2020a).

Figura 4.1-4 Distribución temporal y espacial de los decretos de escasez hídrica (2008-2020) en la cuenca del río Limarí

En la Figura 4.1-5 se presenta la cuantificación de estos decretos a escala comunal.

El total de solicitudes aprobadas en la cuenca del río Limarí, con cargo al Decreto de Escasez Hídrica N° 156 (31/12/2019), el 100% corresponden a aguas subterráneas, por lo que esta información será analizada en el acápite 4.2.1.3.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2020a).

Figura 4.1-5 Decretos de escasez históricos por comuna, periodo 2008-2020

4.1.2 Oferta en la fuente

De acuerdo a los resultados del modelo superficial, se presenta en la Tabla 4.1-4 la oferta hídrica considerando las probabilidades de excedencia 50 (Q₅₀) y 85% (Q₈₅) en las estaciones fluviométricas durante el periodo 1992-2019, sin demandas ni obras de regulación. El Apéndice H-8 presenta mayor detalle, incorporando las curvas de duración de cada estación.

Tabla 4.1-4 Oferta en la fuente, periodo 1992 - 2019

Estación	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₈₅ (m ³ /s)
Combarbalá en Ramadillas	0,237	0,091
Río Grande en Cuyano	2,701	1,404
Río Grande en las Ramadas	2,077	1,124
Río Grande en Puntilla San Juan	2,701	1,404
Río Hurtado en Angostura de Pangue	2,106	1,201
Río Hurtado en San Agustín	1,743	1,034
Río Limarí en Panamericana	8,419	4,027
Río Los Molles de Ojos de Agua	0,519	0,324
Río Mostazal en Carén	0,886	0,438
Río Mostazal en Cuestecita	0,758	0,392
Río Pama en Valle Hermoso	0,153	0,074
Estero Punitaqui antes junta Río Limarí	0,021	0,006
Río Rapel en Junta	1,512	0,870
Río Tascadero en Desembocadura	0,397	0,168

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Oferta en la fuente proyectada

De acuerdo a los resultados del modelo superficial en el periodo 2023 - 2050, considerando cambio climático sin demandas ni obras de regulación, se presenta en la Tabla 4.1-7 la oferta hídrica para las probabilidades de excedencia 50 y 85% en las estaciones fluviométricas. El Apéndice H-8 presenta mayor detalle, incorporando las curvas de duración de cada estación.

Tabla 4.1-5 Oferta en la fuente, periodo 2023 - 2050

Estación	Q₅₀ (m³/s)	Q₈₅ (m³/s)
Combarbalá en Ramadillas	0,197	0,063
Río Grande en Cuyano	2,351	0,912
Río Grande en las Ramadas	1,908	0,822
Río Grande en Puntilla San Juan	4,123	1,714
Río Hurtado en Angostura de Pangué	1,733	0,707
Río Hurtado en San Agustín	1,562	0,755
Río Limarí en Panamericana	7,045	2,221
Río Los Molles de Ojos de Agua	0,477	0,264
Río Mostazal en Carén	0,750	0,282
Río Mostazal en Cuestecita	0,728	0,293
Río Pama en Valle Hermoso	0,134	0,052
Estero Punitaqui antes junta Río Limarí	0,012	0,004
Río Rapel en Junta	1,257	0,590
Río Tascadero en Desembocadura	0,366	0,129

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Calidad actual

La calidad de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca se ha caracterizado a partir de las estaciones de calidad pertenecientes a la Red Hidrométrica de la DGA. Esta caracterización de las aguas se ha realizado basándose en el estudio "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile" (DGA, 2017a).

En la Tabla 4.1-6 se presentan las estaciones destinadas a control de calidad de aguas dentro de la cuenca a partir de las cuales se ha realizado dicha caracterización y/o que fueron utilizadas en el diagnóstico del estado de la calidad, indicando detalles sobre su estado, ubicación y el tipo de estación a la cual corresponde. Adicionalmente se presenta la Figura 4.1-6 con la disposición espacial de dichas estaciones.

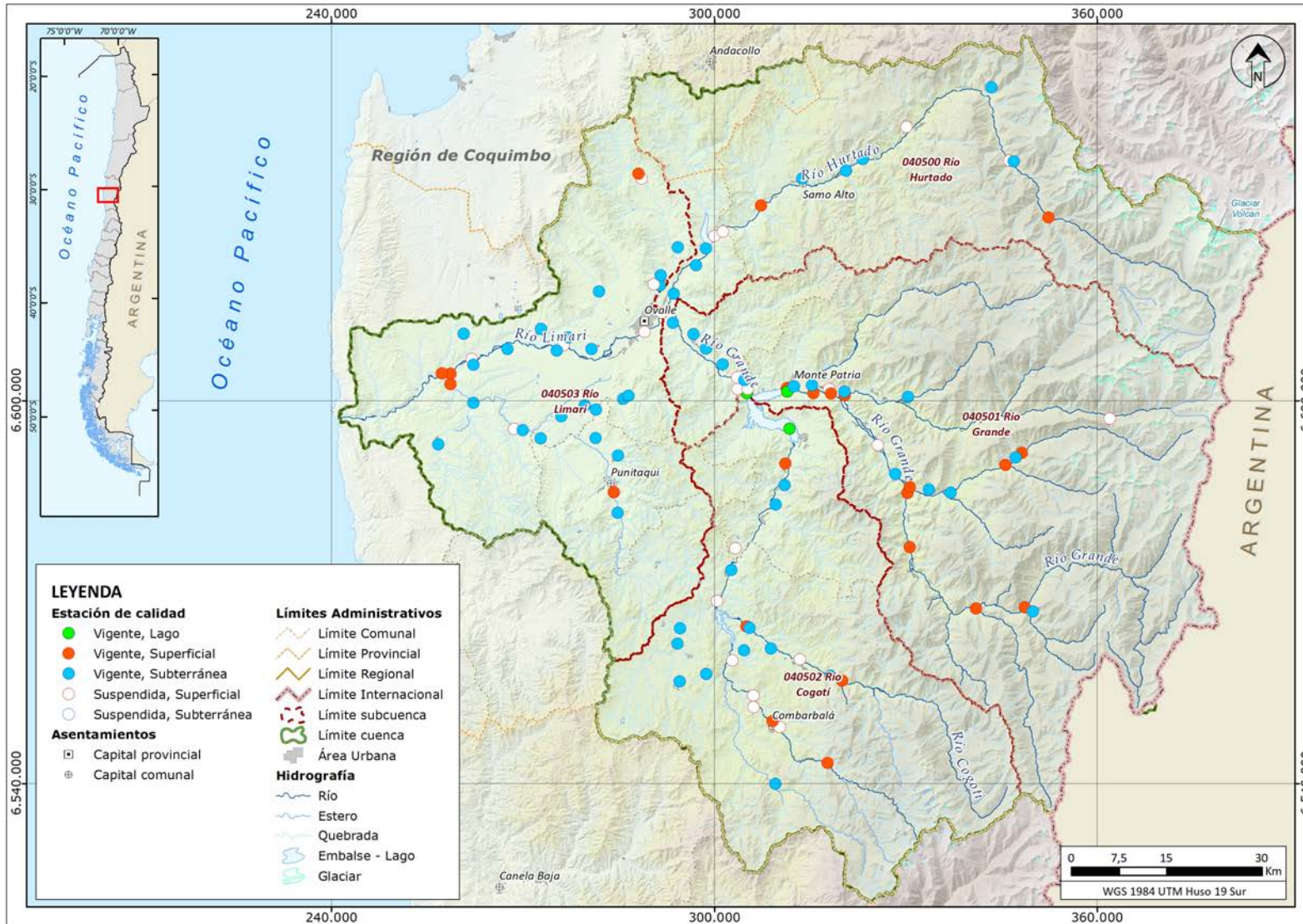
Tabla 4.1-6 Registro de estaciones de control de calidad de agua analizadas en la cuenca del río Limarí

Código Subc.	Código BNA	Nombre Estación	Estado medición calidad	Coordenadas		Tipo Estación
				Este 84	Norte 84	
40500	4501001-5	RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN	Vigente	352385	6628679	Superficial
	4501002-3	RIO HURTADO EN LAS BREAS	Suspendida	346264	6637602	Superficial
	4502001-0	RIO HURTADO EN LA CORTADERA	Suspendida	330160	6642905	Superficial
	4503001-6	RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	Vigente	307354	6630588	Superficial
	4506001-2	RIO HURTADO SALIDA EMBALSE RECOLETA (CA)	Suspendida	300018	6625761	Superficial
	4506002-0	RIO HURTADO EN ENTRADA EMBALSE RECOLETA	Suspendida	301367	6626464	Superficial
	4501007-4	APR LAS BREAS	Vigente	346959	6637488	Subterránea
	4501006-6	APR HURTADO EL CHAÑAR	Vigente	343455	6649079	Subterránea
	4503008-3	APR FUNDIDA	Vigente	323270	6637837	Subterránea
	4503007-5	APR PICHASCA	Vigente	320682	6636040	Subterránea
	4503006-7	APR SAMO ALTO	Vigente	313788	6634815	Subterránea
	4506011-K	APR ALGARROBO	Vigente	298719	6623857	Subterránea
	4506012-8	APR SAMO BAJO	Vigente	297169	6621179	Subterránea
4506013-6	APR VILLA SECA	Vigente	293626	6616738	Subterránea	
40501	4511002-8	RIO GRANDE EN LAS RAMADAS	Vigente	348721	6567581	Superficial
	4512001-5	RIO TASCADERO EN DESEMBOCADURA	Vigente	341054	6567408	Superficial
	4513001-0	RIO GRANDE EN CUYANO	Vigente	330690	6577019	Superficial
	4513002-9	RIO GRANDE ANTES RIO MOSTAZAL (CA)	Vigente	330300	6585531	Superficial
	4514001-6	RIO MOSTAZAL EN CUESTECITA	Vigente	345675	6589920	Superficial
	4514002-4	RIO MOSTAZAL EN EL MAITEN (CA)	Vigente	348273	6591801	Superficial
	4515003-8	RIO MOSTAZAL ANTES RIO GRANDE (CA)	Vigente	330688	6586465	Superficial
	4516001-7	RIO GRANDE EN COIPO	Suspendida	325626	6593002	Superficial
	4520003-5	RIO LOS MOLLES EN BOCATOMA	Suspendida	361999	6597165	Superficial
	4522001-K	RIO RAPEL EN PALOMA	Vigente	311382	6601960	Superficial
	4522002-8	RIO RAPEL EN JUNTA	Vigente	320492	6600827	Superficial
	4523001-5	RIO GRANDE EN AGUA CHICA	Suspendida	318030	6601808	Superficial
	4523002-3	RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN	Vigente	315555	6601182	Superficial
	4523003-1	RIO GRANDE DESPUES RIO RAPEL (CA)	Vigente	318328	6601094	Superficial
	4524005-3	EMBALSE LA PALOMA EN SECTOR BRAZO RIO GRANDE	Vigente	311481	6601389	Lago
	4524006-1	EMBALSE LA PALOMA EN SECTOR MURO	Vigente	305127	6601148	Lago
	4524008-8	POZO MONTE PATRIA	Vigente	312508	6602203	Subterránea
	4540001-8	RIO GRANDE EN PALOMA 1	Suspendida	303624	6603649	Superficial
	4540003-4	CANAL CAMARICO AGUAS ABAJO COMPUERTAS	Suspendida	303655	6601801	Superficial
	4540004-2	RIO LIMARI DESPUES EMBALSE PALOMA (CA)	Suspendida	305252	6601830	Superficial
	4511007-9	APR LAS RAMADAS-PUNITAQUI	Vigente	349950	6566946	Subterránea
	4514003-2	APR EL MAITÉN CUESTESITA	Vigente	347243	6591114	Subterránea
4515009-7	APR PEDREGAL	Vigente	337039	6585605	Subterránea	
4515010-0	APR COLLIGUAY ALTO	Vigente	333683	6586076	Subterránea	
4516005-K	APR SEMITA	Vigente	328383	6588487	Subterránea	

Código Subc.	Código BNA	Nombre Estación	Estado medición calidad	Coordenadas		Tipo Estación
				Este 84	Norte 84	
	4522008-7	APR RAPEL	Vigente	330371	6600562	Subterránea
	4522009-5	APR JUNTA DOS RÍOS	Vigente	320404	6601416	Subterránea
	4523005-8	APR FLOR DEL VALLE	Vigente	315304	6602377	Subterránea
	4540016-6	APR LA PALOMA-LIMARÍ	Vigente	304747	6603237	Subterránea
	4540014-K	APR CARACHILLA	Vigente	301321	6605701	Subterránea
	4540018-2	APR EL GUINDO	Vigente	298719	6608147	Subterránea
	4540017-4	APR LA PORTADA DE SOTAQUÍ	Vigente	296784	6610421	Subterránea
	4540015-8	APR SANTA CATALINA	Vigente	293527	6612208	Subterránea
40502	4530001-3	RIO COGOTI EN FRAGUITA	Vigente	320068	6556093	Superficial
	4531001-9	RIO COGOTI EN COGOTI 18	Suspendida	313449	6559468	Superficial
	4531002-7	RIO COGOTI ENTRADA EMBALSE COGOTI	Vigente	305097	6564637	Superficial
	4532001-4	RIO COMBARBALA EN RAMADILLAS	Vigente	317796	6543251	Superficial
	4532002-2	RIO COMBARBALA EN COMBARBALA	Suspendida	310273	6548876	Superficial
	4532003-0	RIO COMBARBALA EN CAMINO COGOTI 18	Vigente	309190	6549778	Superficial
	4532004-9	RIO COMBARBALA DESPUES PLANTA ENAMI (CA)	Suspendida	306128	6553791	Superficial
	4532005-7	RIO COMBARBALA EN CAMINO PUNITAQUI (CA)	Suspendida	306162	6551943	Superficial
	4534001-5	RIO PAMA ENTRADA EMBALSE COGOTI	Suspendida	302846	6559275	Superficial
	4535002-9	RIO GUATULAME EN SALIDA EMBALSE COGOTI	Suspendida	300445	6568626	Superficial
	4535004-5	RIO GUATULAME EN SAN MARCOS	Suspendida	303316	6576843	Superficial
	4537001-1	RIO GUATULAME EN EL TOME	Vigente	311184	6590168	Superficial
	4537012-7	EMBALSE LA PALOMA EN SECTOR BRAZO RIO GUATULAME	Vigente	311825	6595630	Lago
	4533008-7	APR VALLE HERMOSO	Vigente	309558	6539960	Subterránea
	4534003-1	APR QUILITAPIA	Vigente	294584	6556006	Subterránea
	4533007-9	APR SORUCO	Vigente	298724	6557164	Subterránea
	4534006-6	APR EL SAUCE	Vigente	294231	6561914	Subterránea
	4534005-8	APR EL HUACHO	Vigente	294635	6564325	Subterránea
	4531008-6	APR LAS BARRANCAS	Vigente	318264	6556871	Subterránea
	4531006-K	APR LA ISLA	Vigente	308910	6561173	Subterránea
	4534004-K	APR LA COLORADA	Vigente	304672	6560880	Subterránea
	4531007-8	APR LA LIGÜA DE COGOTÍ	Vigente	305562	6564408	Subterránea
	4535005-3	APR SAN MARCOS	Vigente	302662	6573442	Subterránea
4537014-3	APR LOS TAPIA	Vigente	309673	6583735	Subterránea	
4537013-5	APR HUATULAME	Vigente	311054	6586778	Subterránea	
40503	4540013-1	POZO MINA PANULCILLO	Vigente	291491	6618020	Subterránea
	4550001-2	RIO LIMARI EN PUNTILLA DE OVALLE	Suspendida	289105	6610767	Superficial
	4550003-9	RIO LIMARI EN PEÑONES BAJOS	Suspendida	291794	6613746	Superficial
	4551001-8	ESTERO EL INGENIO ANTES MINA LA COCINERA	Suspendida	288636	6634786	Superficial
	4551002-6	ESTERO EL INGENIO FRENTE MINA LA COCINERA	Vigente	288163	6635565	Superficial
	4551003-4	ESTERO EL INGENIO DESPUES MINA LA COCINERA	Suspendida	290559	6618188	Superficial
4552001-3	RIO LIMARI EN SAN JULIAN (CA)	Suspendida	276358	6608661	Superficial	

Código Subc.	Código BNA	Nombre Estación	Estado medición calidad	Coordenadas		Tipo Estación
				Este 84	Norte 84	
	4553001-9	RIO LIMARI EN BARRAZA (CA)	Suspendida	262018	6606505	Superficial
	4553002-7	RIO LIMARI ANTES ESTERO PUNITAQUI (CA)	Vigente	258681	6604211	Superficial
	4554002-2	ESTERO PUNITAQUI EN PUNITAQUI (CA)	Vigente	284281	6585625	Superficial
	4556001-5	ESTERO PUNITAQUI EN CHALINGA	Suspendida	268647	6595558	Superficial
	4557002-9	ESTERO PUNITAQUI ANTES JUNTA RIO LIMARI	Vigente	258700	6602555	Superficial
	4558001-6	RIO LIMARI EN PANAMERICANA	Vigente	257306	6604254	Superficial
	4551009-3	APR ESTACIÓN RECOLETA	Vigente	294288	6623990	Subterránea
	4551008-5	APR LAGUNILLAS	Vigente	291598	6619626	Subterránea
	4552007-2	APR VILLORRIO EL TALHUÉN	Vigente	281915	6617124	Subterránea
	4550009-8	APR LIMARÍ	Vigente	280766	6608074	Subterránea
	4554004-9	APR LA HIGUERA PUNITAQUI	Vigente	284878	6582401	Subterránea
	4555011-7	APR LAS RAMADAS PEJERREYES	Vigente	284910	6591367	Subterránea
	4555012-5	APR GRANEROS	Vigente	281423	6594131	Subterránea
	4556004-K	APR CAMARICO	Vigente	272803	6594106	Subterránea
	4556005-8	APR CHALINGA	Vigente	270008	6595371	Subterránea
	4556006-6	APR LOS NOGALES	Vigente	276031	6597532	Subterránea
	4555009-5	APR PORVENIR	Vigente	279722	6599241	Subterránea
	4555010-9	APR LA GRANJITA	Vigente	281465	6598599	Subterránea
	4555007-9	APR NUEVA AURORA	Vigente	285743	6600288	Subterránea
	4555008-7	APR NUEVO FUTURO – POTRERILLO ALTO	Vigente	286559	6600735	Subterránea
	4552006-4	APR SAN JULIÁN	Vigente	275309	6607869	Subterránea
	4552009-9	APR EL TRAPICHE	Vigente	277159	6609879	Subterránea
	4552008-0	APR LA TORRE- LAS SOSSAS	Vigente	272867	6611238	Subterránea
	4553011-6	APR TABALÍ	Vigente	267604	6608106	Subterránea
	4553009-4	APR BARRAZA	Vigente	262250	6605647	Subterránea
	4557004-5	APR SOCOS	Vigente	262249	6599670	Subterránea
	4557003-7	APR ALCONES	Vigente	256725	6593167	Subterránea
	4553010-8	APR ORURO ALTO	Vigente	260704	6610482	Subterránea

Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c) y BNA.



Fuente: Elaboración propia, basado en Mapoteca DGA (2019c) y BNA.

Figura 4.1-6 Estaciones de calidad empleadas en la caracterización de la calidad de las aguas de la cuenca río Limarí

Para la determinación de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca, se ha realizado en primer lugar una caracterización hidroquímica de las aguas; seguidamente, se presenta en análisis de parámetros relevantes en relación a las normas de referencia de agua potable (NCh409/05) y riego (NCh1333/78). La metodología aplicada se detalla en el acápite 3.3.1.3 del Anexo F.

4.1.4.1 Caracterización hidroquímica de las superficiales

Respecto la caracterización de las aguas superficiales, se ha considerado para ello la parte alta, la parte media y la parte baja de la cuenca del río Limarí, analizando sus características por separado. Se ha definido la parte alta de la cuenca del río Limarí como aquella asociada a las cabeceras de las subcuencas “Río Hurtado” (BNA 040500), “Río Grande” (BNA 040501) y “Río Cogotí” (BNA 040502), inmersas en la unidad geomorfológica Cordillera andina, en el borde oriental de la cuenca. La parte media corresponde al curso bajo de las tres subcuencas antes mencionadas, con menores cotas, dentro de las unidades geomorfológicas Cordones transversales y Llanos de sedimentación fluvial o aluvional, y donde se destaca la presencia de los embalses Cogotí, Recoleta y La Paloma. Por último, la parte baja de la cuenca corresponde a la subcuenca “Río Limarí” (BNA 040503), donde confluyen las aguas de las tres subcuencas que conforman la parte alta y parte media, dando origen al río Limarí, hasta su desembocadura. Esta última parte comprende las unidades geomorfológicas Llanos de sedimentación fluvial o aluvional y Planicies marinas o fluviomarinas.

De los resultados presentes en los diagramas de Piper y Stiff se puede observar que la cuenca del río Limarí posee una composición de sus aguas superficiales similar a lo largo de toda su extensión, correspondiente a aguas del tipo HCO_3^- - Ca^{2+} , siendo excepciones los casos de estación “Río Hurtado en San Agustín” (BNA 4501001-5), “Río Limarí en Barraza” (BNA 4553001-9) y “Río Limarí en Panamericana” (BNA 4558001-6). En el caso de la zona alta de río Hurtado, en San Agustín, la composición es del tipo SO_4^{2-} - Ca^{2+} , la cual se mezcla aguas abajo, aumentando los contenidos de HCO_3^- , como se observa en la estación “Río Hurtado antes del embalse Recoleta” (BNA 4506002-0). En el caso de las estaciones “Río Limarí en Barraza” (BNA 4553001-9) y “Río Limarí en Panamericana” (BNA 4558001-6), ambas ubicadas cerca de la salida de la cuenca, la composición del agua es del tipo Cl^- - Ca^{2+} y Cl^- - Na^+ respectivamente, mostrando la influencia del clima en la concentración de Cl^- en la parte baja de la cuenca.

Los diagramas para la totalidad de las estaciones superficiales identificadas en la cuenca, se encuentran en Anexo J.9.1.

4.1.4.2 Estado de la calidad de agua

En este apartado se realiza una evaluación del estado de la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Limarí, a través de la información que aportan las estaciones de calidad pertenecientes a la Red Hidrométrica de la DGA, cuya identificación se realizó en la Figura 4.1-6. Este diagnóstico se basa principalmente en el estudio “Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile” (DGA, 2017a), y se presenta en detalle en el Anexo J.9.2.

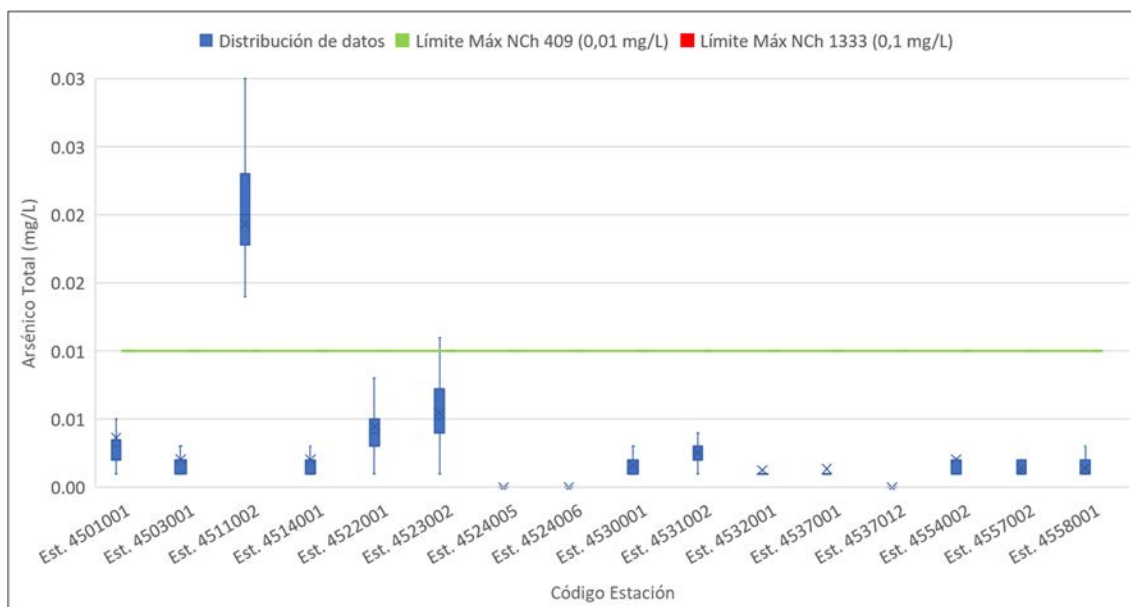
Para los efectos de esta evaluación en específico, se consideraron los siguientes parámetros:

- Metales totales: As, Pb, Cu, Mo, Cr, Hg y Zn.
- Parámetros inorgánicos: Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- .
- Parámetros físico-químicos: pH, CE y SDT.
- Parámetros microbiológicos: Coliformes Totales y *E. coli*

De acuerdo a los gráficos de cajas de las series de medición de los diferentes elementos considerados, se presentan a continuación los resultados obtenidos por parámetro, únicamente en los casos en que se supera alguna de las normas de referencia¹⁵ (NCh409/05 y/o NCh1333/78), según el grupo de análisis al que pertenece, centrando el análisis en los resultados del rango intercuartil (RIC).

Metales

Los valores graficados para los distintos elementos en las aguas superficiales indican un comportamiento en general cumpliendo lo establecido en NCh409/05 y NCh1333/78, exceptuando la estación “Río Grande en Las Ramadas” (BNA 4511002-8), donde la concentración de As supera la norma de agua potable (Figura 4.1-7). En el caso de dicha estación, se ha observado una leve tendencia al alza en los últimos años.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

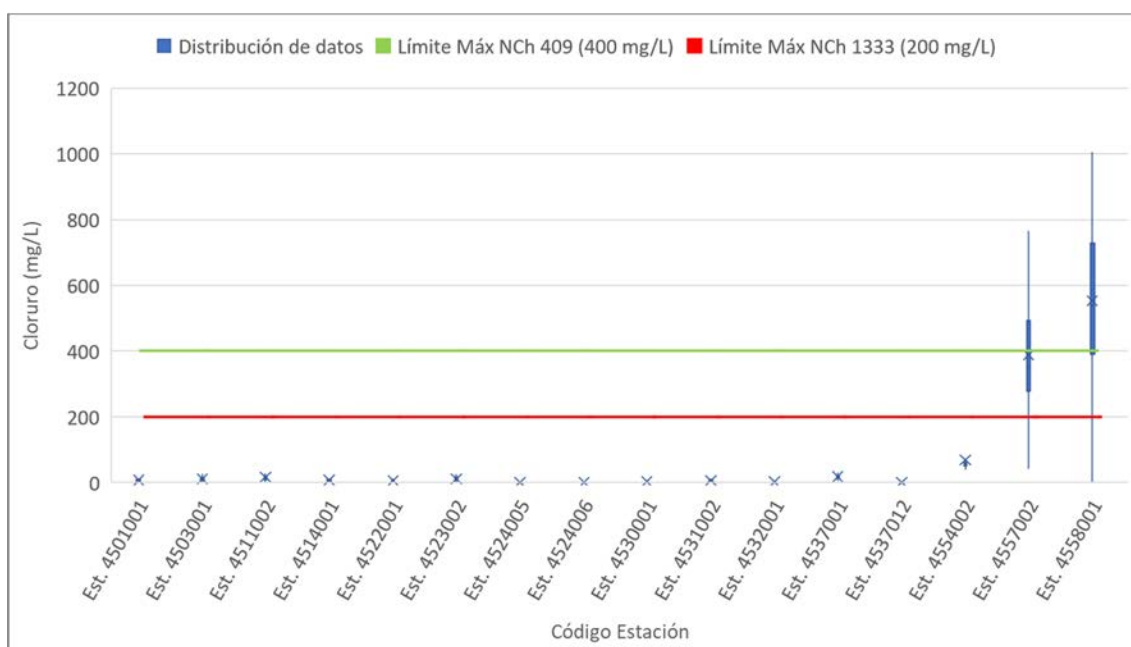
Figura 4.1-7 Gráfico de Cajas – As Total (mg/l)

¹⁵ En el presente diagnóstico se ha considerado que supera la norma aquella estación que presenta valores por encima de la referencia hasta su cuartil superior (y/o inferior si la norma aplica un rango).

Por otro lado, cabe aclarar que los datos registrados de Mo y Hg son los valores asignados cuando las medidas son menores que la sensibilidad del instrumento, por lo que no se puede aseverar si se cumplen o sobrepasan las normas de agua potable y/o riego.

Parámetros inorgánicos

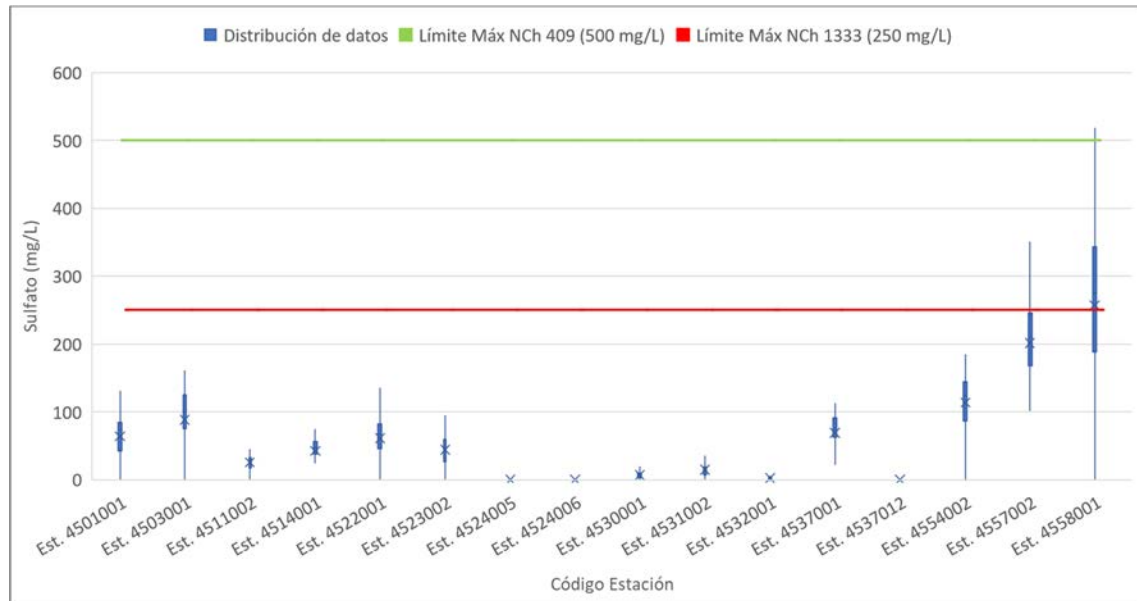
Respecto a los valores medidos de Cl⁻ y SO₄²⁻, ambos presentaron en las estaciones “Estero Punitaqui antes junta río Limarí” (BNA 4557002-9) y “Río Limarí en Panamericana” (BNA 4558001-6) valores por sobre las normas de referencia. En el caso del Cl⁻ (Figura 4.1-8), superando NCh409/05 y NCh1333/78, mientras para el SO₄²⁻ superaban únicamente la NCh1333/78 (Figura 4.1-9). En ambas estaciones se observó un importante aumento en las concentraciones, tanto de Cl⁻ como SO₄²⁻, desde el año 2000 en adelante, llegando a duplicarse en dicho periodo.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.1-8 Gráfico de Cajas – Cl⁻ (mg/l)



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

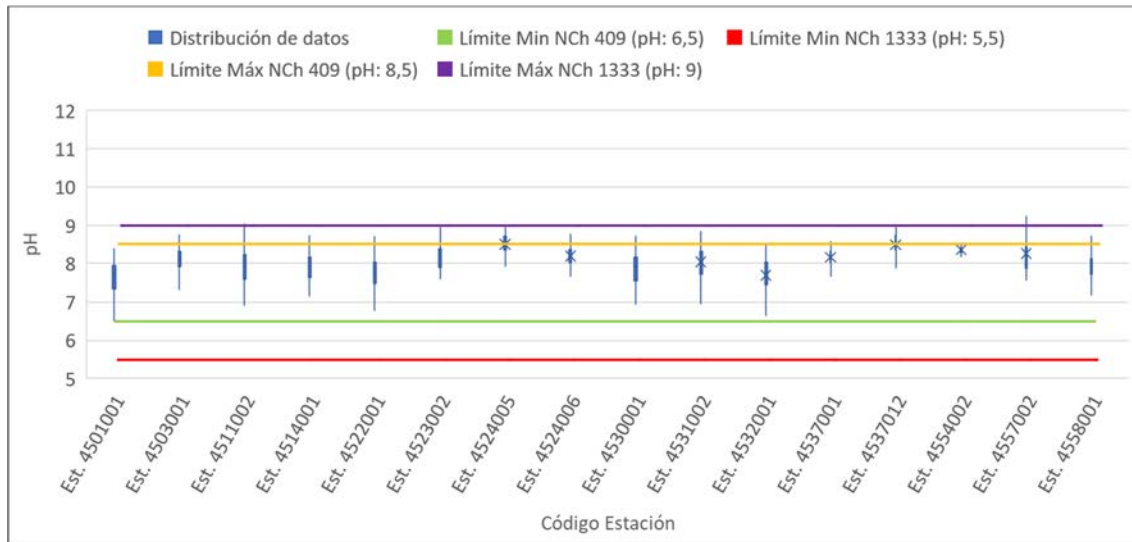
Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.1-9 Gráfico de Cajas – SO_4^{2-} (mg/l)

Parámetros físico-químicos

Dentro de las concentraciones medidas de pH en las distintas estaciones (Figura 4.1-10), dos estaciones en la parte media de la cuenca presentaron valores por sobre el límite de NCh409/05. Estas estaciones son “Embalse La Paloma en sector río Grande” (BNA 4524005-3) y “Embalse La Paloma en sector brazo río Guatulame” (BNA 4537012-7).

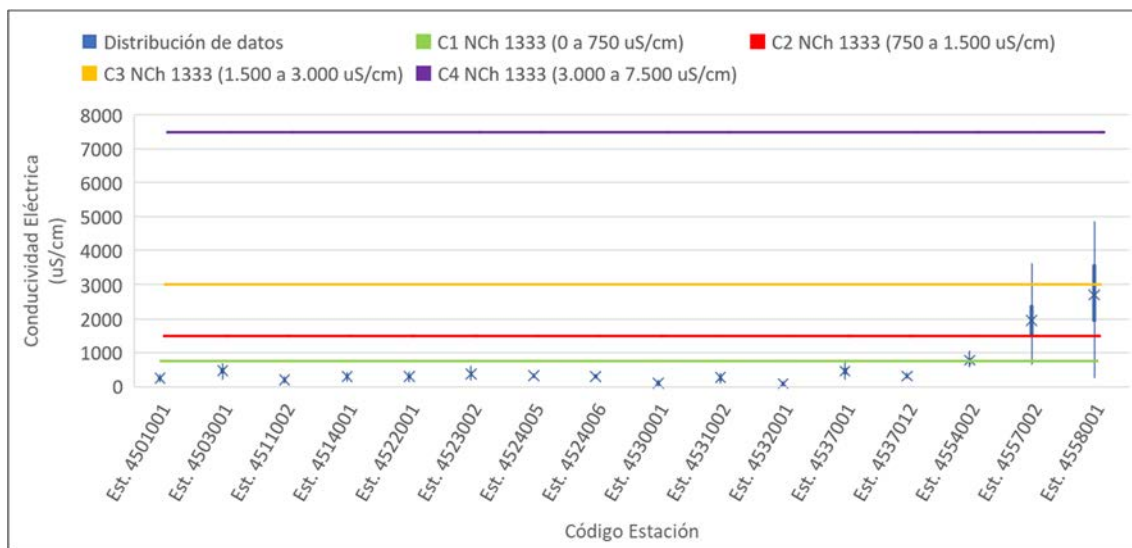
Respecto a los rangos de clasificación de las concentraciones de CE y SDT (Figura 4.1-11 y Figura 4.1-12 respectivamente), la cuenca en general queda en el rango C1 (agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales), a excepción de las estaciones, “Estero Punitaqui antes junta río Limarí” (BNA 4557002-9), la cual para ambos parámetros queda en el rango C4 (agua que puede ser usada en plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadoso); y “Río Limarí en Panamericana” (BNA 4558001-6), donde los rangos de valores de estos parámetros quedan en C3 (agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso); y “Estero Punitaqui en Punitaqui” (BNA 4554002-2), cuyo rango de valores quedan en C2 (agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles). Además, se observa para la CE la misma tendencia al alza observada para el Cl^- y SO_4^{2-} , tanto en la estación “Estero Punitaqui antes junta río Limarí” (BNA 4557002-9) como en “Río Limarí en Panamericana” (BNA 4558001-6).



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

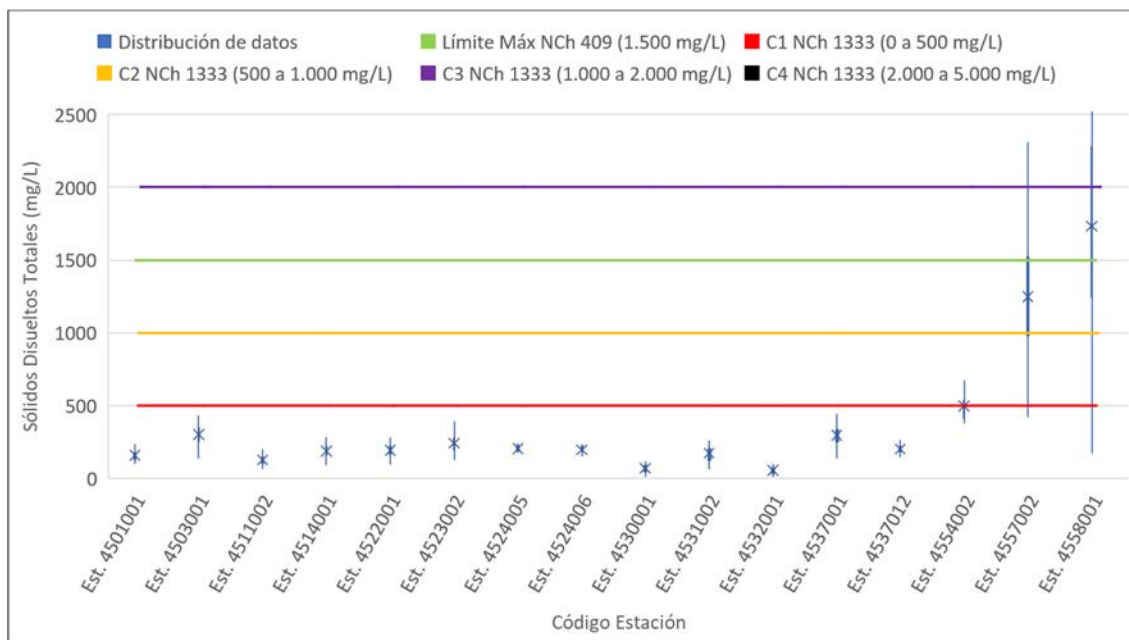
Figura 4.1-10 Gráfico de Cajas – pH



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.1-11 Gráfico de Cajas – CE ($\mu\text{S/cm}$)



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.1-12 Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)

Parámetros microbiológicos

A partir de la información contenida en los PR018002 de la SISS, en la cuenca del río Limarí hay tres (3) fuentes en operación de captación de agua superficial con información de calidad microbiológica. En la Tabla 4.1-7 se presentan las fuentes de captación junto al sistema al cual pertenecen.

En las tres fuentes se detecta la presencia de *E. coli* a lo largo del tiempo analizado. *E. coli* es un indicador de contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos animales, por lo que su presencia en las aguas superficiales indica que hay una contaminación microbiológica.

Tabla 4.1-7 Fuentes de captación de agua superficial cuenca río Limarí

Código Fuente	Nombre Fuente	Nombre Sistema
102-144	Vertiente Martínez	Combarbalá
102-11	Canal Embalse Motriz	Chañaral Alto
102-12	Captación Superficial El Quillay	Combarbalá

Fuente: Elaboración propia en base a SISS (2020).

4.1.5 Fuentes de contaminación

Con base en la evaluación de la calidad de las aguas superficiales efectuada en los numerales precedentes, se pueden establecer que los resultados presentados para la cuenca del río Limarí presentan concentraciones en general bajo NCh409/05 y/o NCh1333/78, exceptuando estaciones con valores por sobre las distintas normas de pH en la parte media de la cuenca (ubicadas en el Embalse La Paloma), y de Cl⁻ y SO₄²⁻ en la parte baja de la cuenca. Por otra parte, también existe superación de la norma de agua potable en la parte alta de la Subcuenca “Río Grande” (BNA 040501), en el caso

del As. Esto puede deberse a un fenómeno local relacionado con la presencia de actividades mineras o a la geología local. Sin embargo, este efecto es diluido rápidamente aguas abajo, si presentarse en las estaciones siguientes en el curso del río Hurtado.

Además, al existir información solo de 3 fuentes de agua superficial con registros reportados a SISS (PR018002) que incluyan concentraciones de Coliformes Totales (CT) o presencia de *E. coli*, no fue posible realizar el análisis microbiológico de las aguas superficiales a nivel de cuenca, presentando dicha fuente *E. coli* constantemente a lo largo del tiempo.

El análisis de los riesgos de contaminación de las aguas superficiales se aborda de forma conjunta con el relativo a las aguas subterráneas, y se presenta en el acápite 4.2.4.

4.1.6 Derechos concedidos

A continuación, se presenta el análisis de los DAA superficiales otorgados en la cuenca del río Limarí. Los resultados son presentados en función de las siguientes variables:

- DAA otorgados según tipo de solicitud.
- DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho.

Para el análisis se utilizó la base de datos “Planilla Nacional de Derechos de Aprovechamiento de Aguas” obtenida mediante solicitud formal a la Inspección Fiscal con fecha enero del año 2020.

Cabe mencionar que los resultados que se presentan a continuación consideran las equivalencias entre I/s y “acciones” indicadas en el estudio de la DGA “Diagnostico Nacional de Organizaciones de Usuarios” S.I.T. N.º 422, agosto 2018.

Tabla 4.1-8 Equivalencias entre I/s y acciones

Sección	Subcuenca	Valor Acción (I/s/acción)
JV del Río Mostazal y sus afluentes	Río Grande	1
JV del Río Grande y Limarí y sus afluentes	Río Grande	1
	Río Limarí	1
	Río Hurtado	1
JV del Río Rapel (Ovalle)	Río Grande	1
JV del Río Cogotí y sus afluentes	Río Cogotí	1
JV del Río Combarbalá y sus afluentes	Río Cogotí	1
JV del Río Pama y sus afluentes	Río Cogotí	1
DH. JV del Río Palomo y sus Afluentes	Río Grande	1
JV del Río Hurtado y sus afluentes	Río Hurtado	1,13
JV del Río Huatulame	Río Cogotí	1,26

Fuente: DGA (2018a).

En la Tabla 4.1-9 se entrega el total de DAA superficiales otorgados en la cuenca del río Limarí.

Tabla 4.1-9 DAA otorgados y Caudal medio otorgado

Naturaleza del Agua	N°	Caudal (l/s)
Superficial	402	117.566

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

DAA otorgados según tipo de solicitud

En la Tabla 4.1-10 se entrega la distribución de los DAA superficiales de acuerdo al tipo de solicitud, esto es, Nuevos Derechos (ND), Solicitudes de Regularización (NR) y Derechos de Usuarios Antiguos (UA).

Tabla 4.1-10 DAA y caudal otorgado según Tipo de Solicitud

Tipo de solicitud ¹⁶	N°	%	Caudal	
			l/s	%
Solicitudes de Nuevos Derechos (ND)	32	8	42.338	36
Solicitud de Regularización (NR)	54	13	1.331	1
Derechos de Usuarios Antiguos (UA)	316	79	73.897	63
Total	402	100	117.566	100

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Según se desprende de la Tabla 4.1-10, la mayor parte del caudal otorgado está asociada a solicitudes tipo UA, lo que equivale al 63% del total, seguido por ND, representando el 36%.

DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho

En la Tabla 4.1-11 se presenta la distribución de los DAA superficiales otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA. Cabe mencionar que el total (410), en este caso no es igual al total de derechos superficiales en la cuenca (402), dado que existen 8 DAA cuyas captaciones no tiene un único ejercicio del DAA.

¹⁶ Clasificación de la DGA respecto a las solicitudes de DAA: ND=Nuevos derechos; NR=Regularización de derechos; UA=Usuarios antiguos o merced de agua: derechos de aprovechamiento de aguas, otorgados y reconocidos como tal, antes de la creación de la DGA (1981).

Tabla 4.1-11 DAA otorgados según Tipo de DAA y Ejercicio del DAA

Tipo de DAA y Ejercicio del DAA	N°	%	Caudal	
			l/s	%
Consuntivo	380	93	42.926	37
Eventual y Continuo	8	2	6.719	6
Eventual y Discontinuo	12	3	688	1
Permanente y Continuo	360	88	35.518	30
No Consuntivo	30	7	74.640	63
Eventual y Continuo	10	2	11.731	10
Eventual y Discontinuo	2	0	334	0
Permanente y Continuo	17	4	62.566	53
Permanente y Discontinuo	1	0	8	0
Total	410	100	117.566	100

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Según se desprende de la Tabla 4.2-11, la mayor parte de los DAA son de tipo consuntivo y de ejercicio permanente y continuo, lo que equivale al 88% del total de DAA superficiales otorgados en la cuenca. Respecto al caudal, no existe correlación, dado que el mayor caudal otorgado corresponde al de tipo no consuntivo y de ejercicio permanente y continuo, representado el 53% del caudal total.

Georreferenciación de DAA en la cuenca del río Limarí

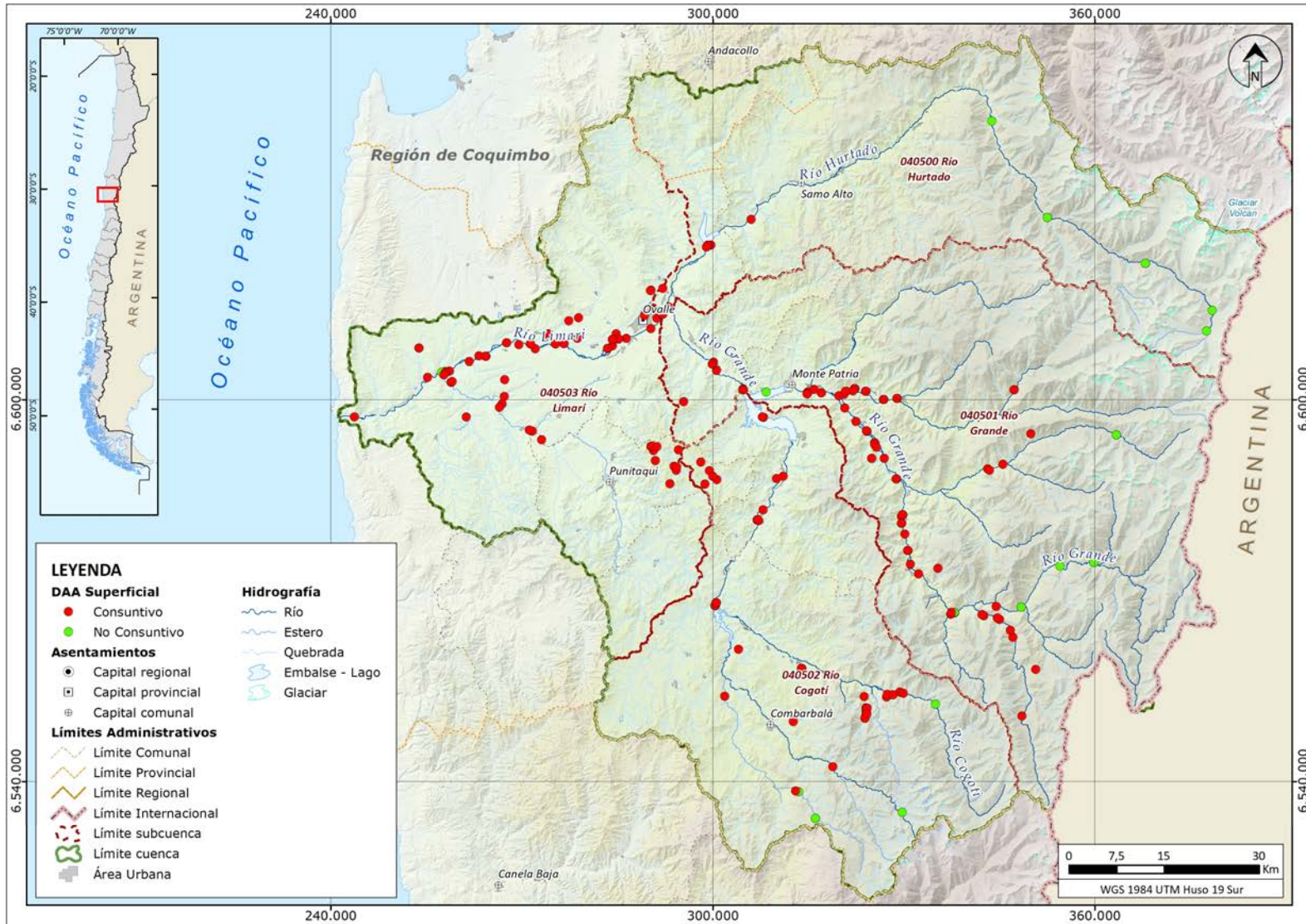
De la base de datos, 340 DAA cuentan con información necesaria para su georreferenciación, esto es, coordenadas UTM, Datum y Huso, lo que equivale al 85% del total de registros (Tabla 4.1-12).

Tabla 4.1-12 Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados

Naturaleza del Agua	N°	DAA georreferenciado		DAA no georreferenciado	
		N°	%	N°	%
Superficial	402	340	85	62	15

Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

En la Figura 4.1-13 se muestra la ubicación geográfica de los puntos de captación superficiales asociados a cada DAA en la cuenca de Limarí.



Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

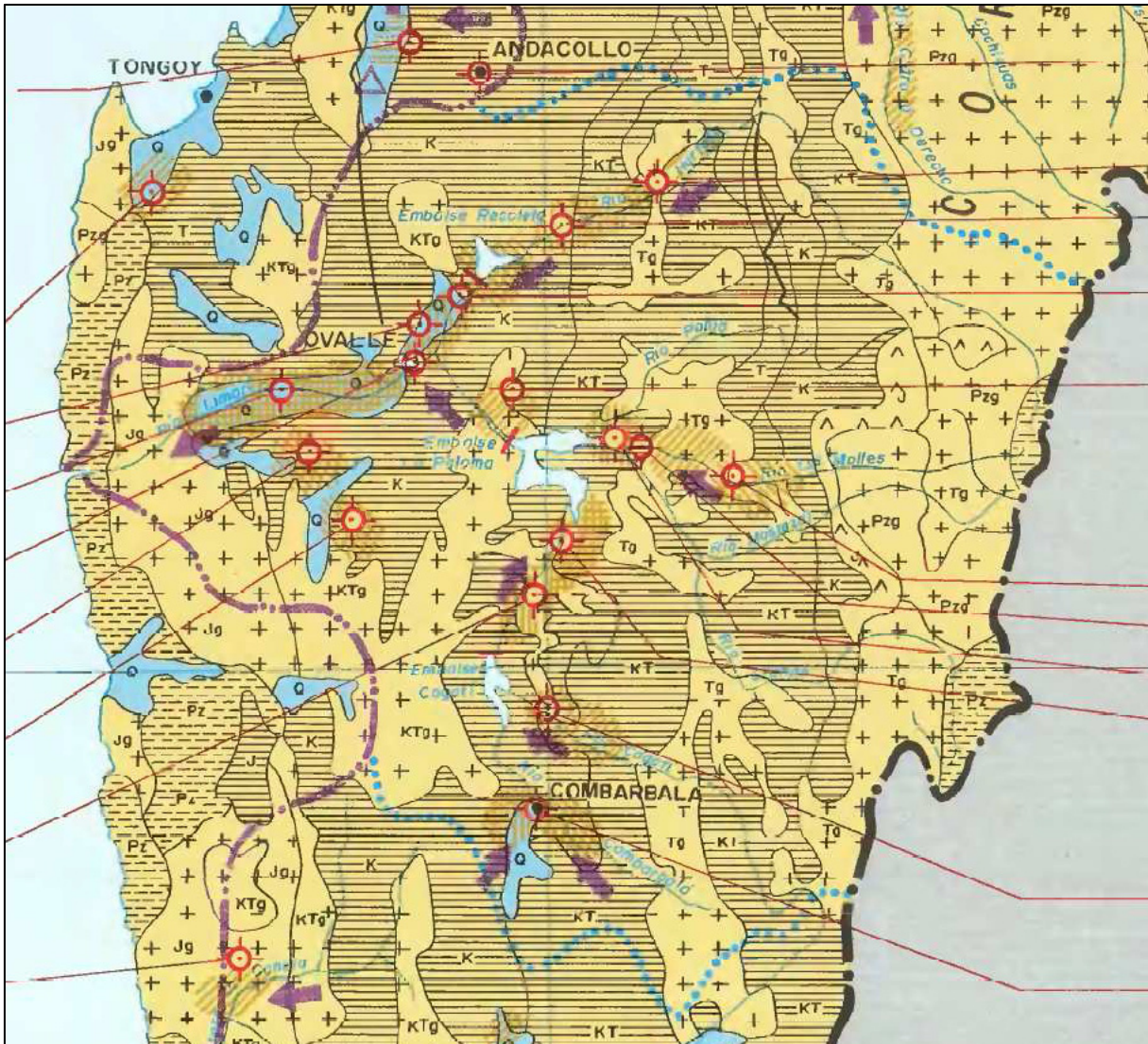
Figura 4.1-13 Ubicación geográfica de los puntos de captación asociados a los DAA superficiales en la cuenca del río Limarí

4.2 AGUA SUBTERRÁNEA

4.2.1 Fuentes subterráneas

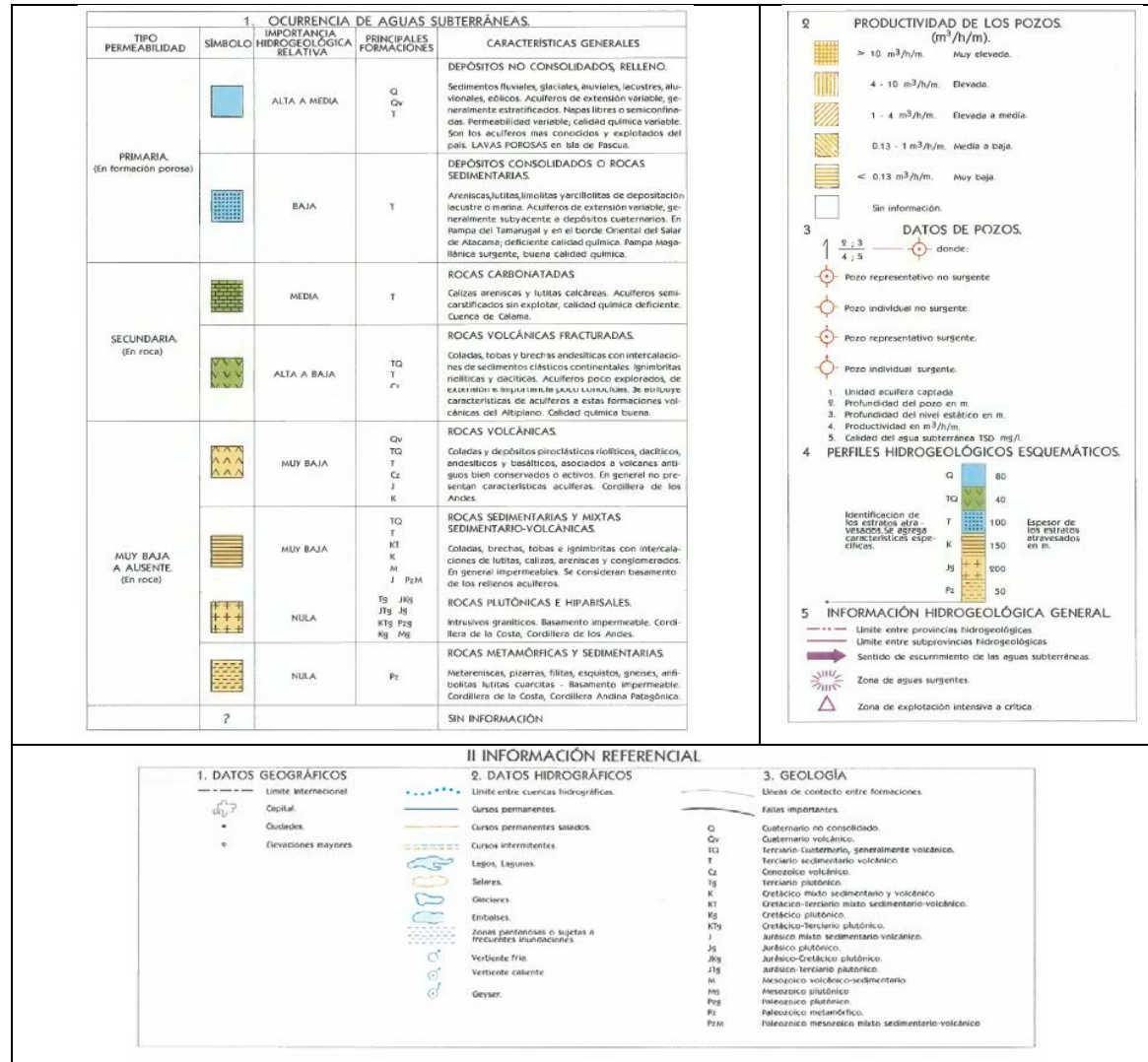
4.2.1.1 Identificación de fuentes

La Figura 4.2-1, obtenida del Mapa Hidrogeológico de Chile (DGA, 1989), representa las características hidrogeológicas principales en el conjunto de la cuenca del río Limarí. La leyenda se presenta en la Figura 4.2-2.



Fuente: DGA (1989).

Figura 4.2-1 Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)



Fuente: DGA (1989).

Figura 4.2-2 Leyenda de Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Limarí (escala 1:1.000.000)

En términos generales, en la parte alta, que corresponde a las cabeceras de las subcuencas “Río Hurtado” (BNA 040500), “Río Grande” (BNA 040501) y “Río Cogotí” (BNA 040502), inmersas en la unidad geomorfológica Cordillera andina, en el borde oriental de la cuenca, se destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de rocas plutónicas e hipabisales del Paleozoico Plutónico, de muy baja permeabilidad hidráulica. En la sección media, que corresponde al curso bajo de las tres subcuencas antes mencionadas, con menores cotas, dentro de las unidades geomorfológicas Cordones transversales y Llanos de sedimentación fluvial o aluvional, y donde se destaca la presencia de los embalses Cogotí, Recoleta y La Paloma, predominan las rocas volcano-sedimentarias del Cretácico – Terciario con algunas intrusiones de terciarias plutónicas de muy baja permeabilidad. Las características de impermeabilidad de las rocas originan que el acuífero escurra paralelo a los cursos de agua (DGA, 2004). Por último, la parte baja de la cuenca corresponde a la subcuenca “Río Limarí” (BNA 040503), donde confluyen las aguas de las tres subcuencas que conforman la parte alta y parte media, dando origen al río Limarí, hasta su desembocadura. Esta última parte comprende las unidades geomorfológicas Llanos de sedimentación fluvial o aluvional y Planicies marinas o fluviomarinas, y se caracteriza por permeabilidades similares a las observadas en la parte media, aunque con un mayor desarrollo del área del valle, formado por relleno fluvial y aluvional de mayor permeabilidad.

Destacan tres escurrimientos: uno en dirección SW que escurra paralelo al río Hurtado hasta las cercanías de la localidad de Ovalle. En dirección NWW, por un lecho de rocas volcánico-sedimentarias del Cretácico Terciario mixto y plutónicas del Terciario, escurra un acuífero paralelo al río Grande hasta la confluencia con el río Hurtado en Ovalle. En dirección SN escurra otro acuífero paralelo al río Combarbalá hasta el Embalse La Paloma por un lecho impermeable constituido de rocas volcánico-sedimentarias. Desde la confluencia del río Limarí con el río Hurtado a la altura de Ovalle hasta la desembocadura, el acuífero escurra en dirección SWW por un lecho de depósitos no consolidados y rellenos hasta el sector de Barraza. Desde este lugar y hasta la desembocadura, atraviesa un lecho de rocas plutónicas del Jurásico (DGA, 2004).

En términos generales, se puede señalar que, de acuerdo a la información geofísica obtenida del “Estudio geofísico e hidrogeológico en la cuenca del río Limarí” (DOH, 2015), existen una serie de unidades o formaciones en los valles de la cuenca del río Limarí que se pueden caracterizar de acuerdo a lo siguiente:

- **Unidad Superficial.** Interpretada como sedimentos superficiales no saturados, y espesor comprendido entre 25 y 150 m, se asocia a los perfiles trazados en su mayoría sobre depósitos aluviales, fluviales, correspondiendo a gravas, arenas y limos.
- **Unidad Sedimentaria.** Observada bajo la unidad superficial, correspondería a un estrato húmedo y/o saturado, de potencias variables. En esta unidad se pueden diferenciar los siguientes estratos: a) sedimentos compactos de baja permeabilidad, b) gravas, ripios y arenas, de media a alta permeabilidad, c) sedimentos arcillosos, de baja permeabilidad, y d) gravas, arenas y limas, de media a buena permeabilidad, lo que pudiera constituir un acuífero.

- **Unidad asociada a basamento.** Corresponde a un estrato resistivo profundo interpretado como roca basal, interpretándose en algunos casos como roca basal alterada/fracturada, la que pudiera constituir un tipo de acuífero de acuerdo a su propiedad de almacenar y transmitir agua.

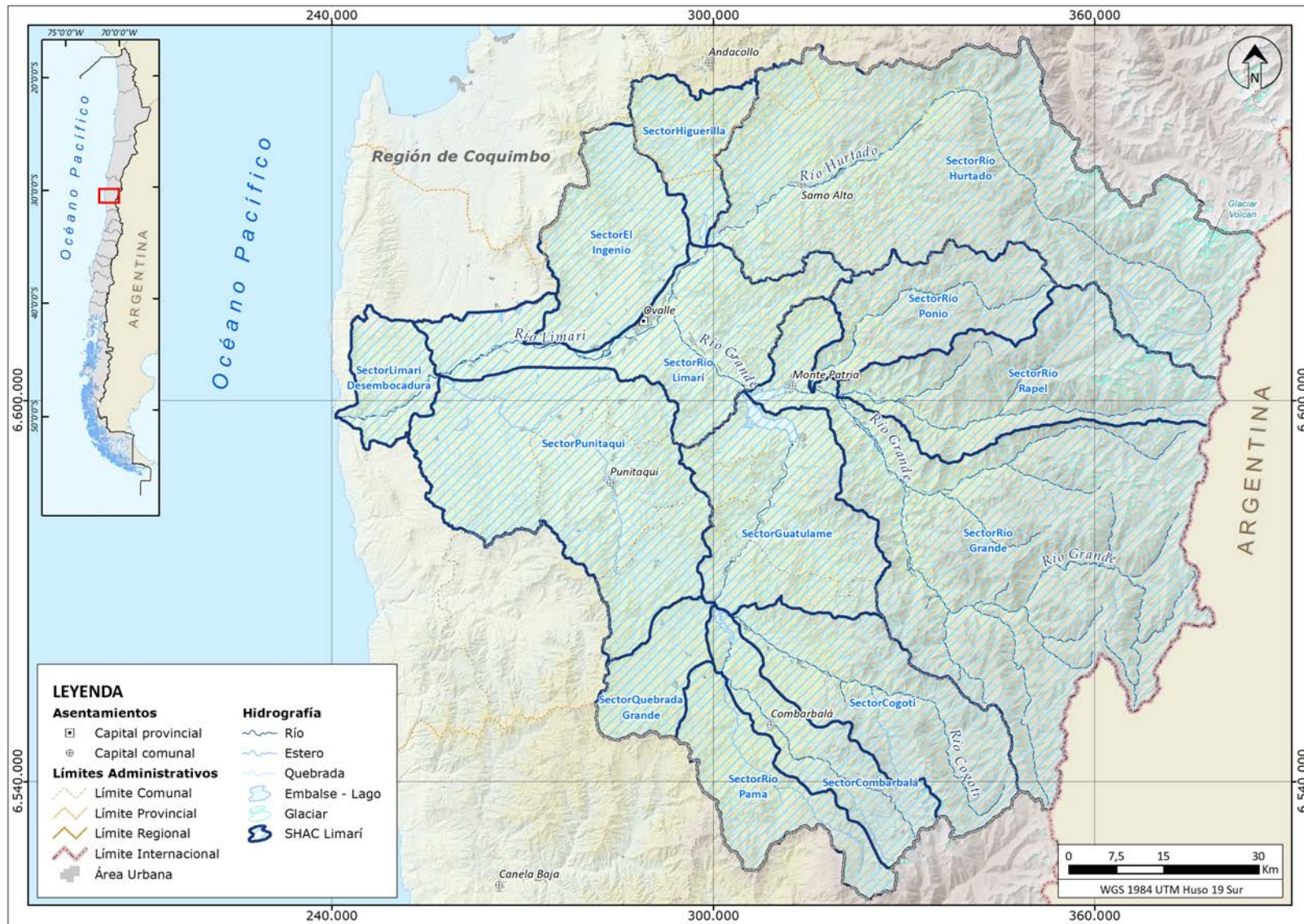
4.2.1.2 División administrativa

En cuanto a la gestión técnica y administrativa de las aguas subterráneas, el acuífero de Limarí está dividido en 14 SHAC. En la Tabla 4.2-1 se presenta el detalle de los sectores y en la Figura 4.2-3 se resume gráficamente.

Tabla 4.2-1 SHAC en el acuífero de Limarí

Cuenca	SHAC	Superficie (km²)
Río Limarí	Río Hurtado	2.280
	Higuerilla	289
	Río Rapel	827
	Río Ponio	497
	Río Grande	2.333
	Cogotí	756
	Combarbalá	404
	Río Pama	443
	Quebrada Grande	250
	Guatulame	779
	Río Limarí	756
	El Ingenio	554
	Punitaqui	1.282
	Limarí Desembocadura	229

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).



Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

Figura 4.2-3 SHAC de la cuenca del río Limarí

4.2.1.3 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

Con la finalidad de tener una visión amplia de los problemas de escasez que existen y/o han ido apareciendo temporalmente, se presentan seguidamente las restricciones al uso de agua en la cuenca, en sus diferentes figuras de protección de las aguas subterráneas. En el acápite 3.3.1.2 del Anexo F se presenta la definición de cada restricción considerada.

A su vez, en la Tabla 4.2-2 se representan las medidas vigentes de restricción al uso de agua de la cuenca del río Limarí. En los Anexos J.8.2 y J.8.3 se recopilan los antecedentes relativos a restricciones de uso de aguas subterráneas en la cuenca.

i. Áreas de restricción y zonas de prohibición de aguas subterráneas

En la Tabla 4.2-2 se muestra el detalle de las áreas de restricción y zonas de prohibición de aguas subterráneas declaradas en la cuenca.

ii. Zonas de conservación

En el acápite 4.1.1.3 se describen las zonas de conservación.

iii. Decretos de reserva

No se han dictado decretos de reserva en la cuenca del río Limarí.

iv. Decretos de escasez hídrica

A fin tener una estimación actual de la distribución geográfica y tipo solicitantes autorizadas en la cuenca, ha sido analizado el Decreto de Escasez Hídrica N°156 (31/12/2019) con fecha de caducidad 30 de junio del año 2020. Este análisis ha sido realizado con base en la información proporcionada por la DGA con fecha 27 de mayo del año 2020.

Bajo el decreto antes indicado fueron autorizadas 68 solicitudes de extracción distribuidas en las comunas de Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, Punitaqui, y Río Hurtado. Se observa que el mayor caudal aprobado se encuentra en la comuna de Ovalle con un 38,1% seguido por Monte Patria con un 35,6%. Los rubros solicitantes corresponden a Agua Potable Rural, Agrícola y Servicio Público, siendo Agua Potable rural el que concentra el mayor porcentaje con un 97,1% del total de solicitudes y el 94,2% del caudal total aprobado.

Tabla 4.2-2 Áreas de restricción y zonas de prohibición en el acuífero del río Limarí

Acuífero	Sector	Limitación	Prov.	Sobreo torg.	Ley 20.411	Res. DGA N°	Fecha Res. DGA	Modif. Res. N°	Referencia y año
Limarí	Cogotí	Área de Restricción	SI	NO	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	Combarbalá	Área de Restricción	NO	SI	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	El Ingenio	Área de Restricción	NO	SI	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	Guatulame	Área de Restricción	NO	SI	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	Higuerilla	Área de Restricción	SI	NO	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	Quebrada Grande	Área de Restricción	SI	SI	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)
	Río Pama	Área de Restricción	NO	SI	s/i	115	02-07-2009	-	Informe Técnico N°215 (2009)

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

4.2.2 Stock, recarga y niveles

En el presente acápite se presentan resultados y análisis extraídos desde los resultados del modelo numérico integrado desarrollado en el Capítulo 5.

En lo que respecta al stock de agua subterránea, se realizó el cálculo del volumen de agua contenido en cada celda del dominio integrado del modelo, considerando el coeficiente de almacenamiento del sector acuífero. Como resultado final, se obtuvo para la situación del modelo calibrado, marzo 2019, un stock de 70.696 Mm³.

Respecto a la recarga en el sistema, en la Tabla 4.2-4 se presenta el resumen de entradas al modelo integrado en el periodo de calibración (1992-2019), en el cual se especifican las recargas al sistema. La nomenclatura adoptada en cada SHAC se describe en la Tabla 4.2-3.

Tabla 4.2-3 Nomenclatura usada para SHACs Limarí

SHAC Nombre	SHAC ID	SHAC Nombre	SHAC ID
Limarí Desembocadura	LD	Río Ponio	RP
Punitaqui	P	Río Pama	Rpa
Río Limarí	RL	Combarbalá	Com
El Ingenio	EI	Cogoti	Cog
Higuerilla	H	Río Grande	RG
Q. Grande	QG	Río Rapel	RR
Guatulame	G	Río Hurtado	RH

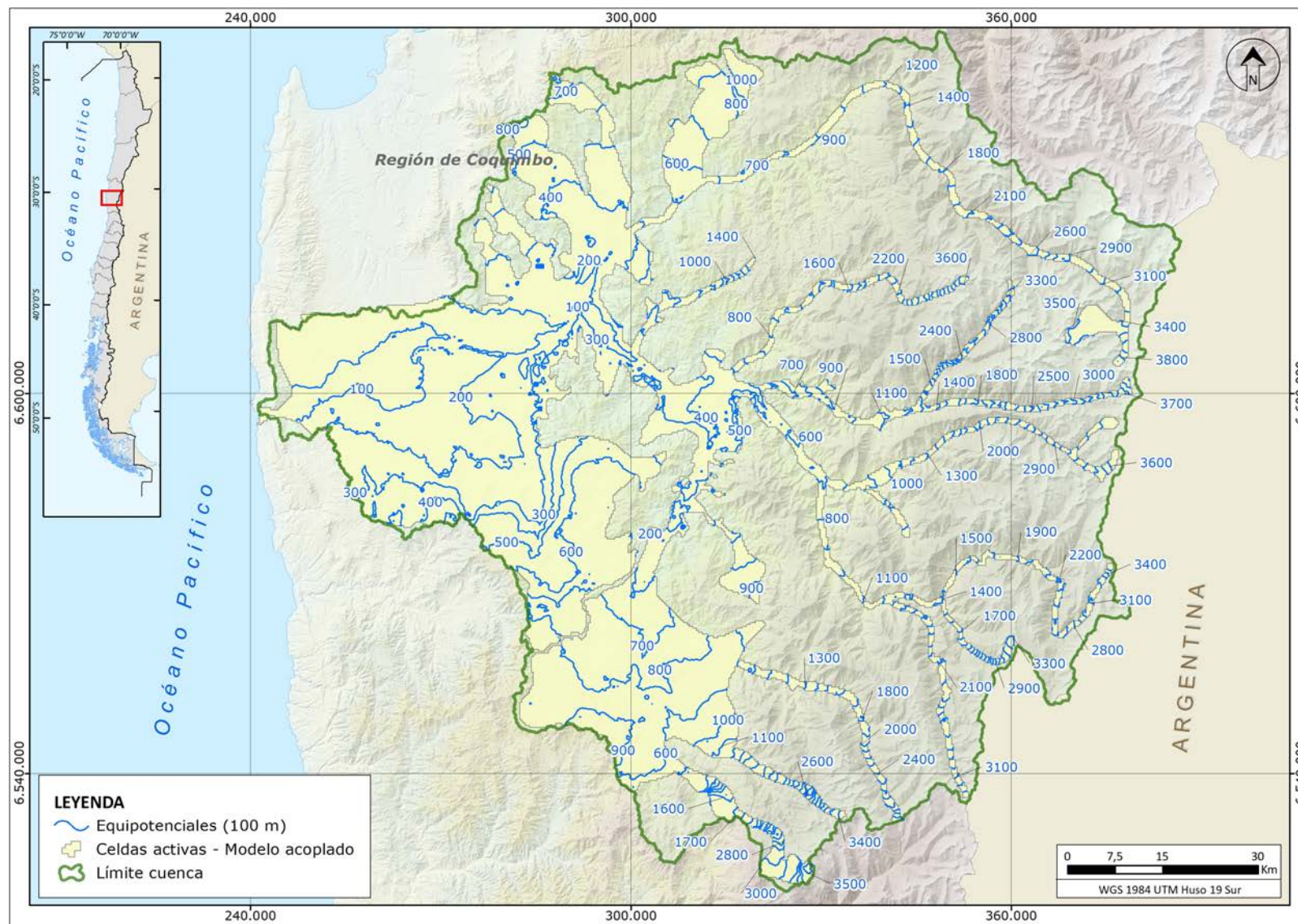
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2-4 Entradas Promedio 1992-2019 Modelo Integrado

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	1,86	4,68	109,69	38,10	0,14	1,06	1,14	
Entradas extras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	7,32	
Recarga desde río	11,83	295,29	746,29	127,97	23,87	45,28	85,41	
Recarga superficial	10,43	407,08	346,46	112,73	7,08	39,78	208,96	
Total	22,3	702,4	1092,8	240,7	31,3	85,1	301,7	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	2,55	3,41	5,61	1,35	9,73	0,94	0,05	180
Entradas extras	0,00	0,00	0,00	0,00	28,37	0,00	12,64	49
Recarga desde río	32,03	47,93	27,27	39,59	221,20	29,48	107,22	1.841
Recarga superficial	4,73	45,32	32,73	28,10	103,11	94,65	29,23	1.470
Total	36,8	93,2	60,0	67,7	352,7	124,1	149,1	3.359,7

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en lo referente a niveles freáticos en el dominio de modelación, en la Figura 4.2-4 se presenta se presentan las curvas equipotenciales calibradas en el acuífero del río Limarí, para marzo de 2019.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-4 Curvas Equipotenciales Modelo Integrado marzo 2019

4.2.3 Estadística de parámetros de calidad

En el apartado 4.1.4 se presentan las estaciones de calidad de la red hidrométrica de la DGA, entre las que se encuentran pozos con monitoreo de calidad físico-química, y que han sido la base principal para el análisis del estado de las aguas subterráneas.

Para la determinación de la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca, se ha realizado en primer lugar una caracterización hidroquímica de las aguas; seguidamente, se presenta en análisis de parámetros relevantes en relación a las normas de referencia de agua potable (NCh409/05) y riego (NCh1333/78). La metodología aplicada se detalla en el acápite 3.3.1.3 del Anexo F y los resultados en el Anexo J.9.

4.2.3.1 Caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas

Las estaciones de aguas subterráneas con información histórica presentes dentro de la cuenca del río Limarí se distribuyen en su parte media y baja.

De los diagramas de Piper y Stiff, en la parte media de la cuenca, la composición de las aguas subterráneas del SHAC "Río Grande" es, al igual que las aguas superficiales, del tipo HCO_3^- - Ca^{2+} . Por otra parte, la composición de las aguas subterráneas del sector bajo de la cuenca (SHAC "El Ingenio") es del tipo HCO_3^- -(Na^+ - Mg^{2+}) con alta carga de Cl^- . Lo anterior es un reflejo de interacción entre aguas superficiales y subterráneas, por lo que los diagramas son coherentes con este fenómeno.

Los diagramas para la totalidad de las estaciones subterráneas identificadas en la cuenca, se encuentran en Anexo J.9.1.

4.2.3.2 Estado de la calidad de agua

En este apartado se realiza una evaluación del estado de la calidad de las aguas continentales subterráneas de la cuenca del río Limarí, a través de la información que aportan las estaciones de calidad pertenecientes a la Red Hidrométrica de la DGA, cuya identificación se realizó en la Figura 4.1-6. Este diagnóstico se basa principalmente en el estudio "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile" (DGA, 2017a) y complementándose con los estudios de aguas subterráneas correspondientes a la cuenca (DGA, 2017b y 2018b), y se presenta en detalle en el Anexo J.9.2.

Para los efectos de esta evaluación en específico, se consideraron los siguientes parámetros:

- Metales totales: As, Pb, Cu, Mo, Cr, Hg y Zn.
- Parámetros inorgánicos: Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- .
- Parámetros físico-químicos: pH, CE y SDT.
- Parámetros microbiológicos: Coliformes Totales y *E. coli*

De acuerdo a los gráficos de cajas de las series de medición de los diferentes elementos considerados, se presentan a continuación los resultados obtenidos por parámetro, únicamente en los casos en que se supera alguna de las normas de referencia¹⁷ (NCh409/05 y/o NCh1333/78), según el grupo de análisis al que pertenece, centrando el análisis en los resultados del rango intercuartil (RIC).

Metales

Los valores graficados para los parámetros metálicos muestran que los dos pozos analizados, "Pozo Monte Patria" (BNA 4524008-8) y "Pozo Mina Panulcillo" (BNA 4540013-1) poseen sus concentraciones bajo las normas de agua potable y riego.

Por otro lado, cabe aclarar que los datos registrados de Mo y Hg son los valores asignados cuando las medidas son menores que la sensibilidad del instrumento, por lo que no se puede aseverar si se cumplen o sobrepasan las normas de agua potable y/o riego.

Parámetros inorgánicos

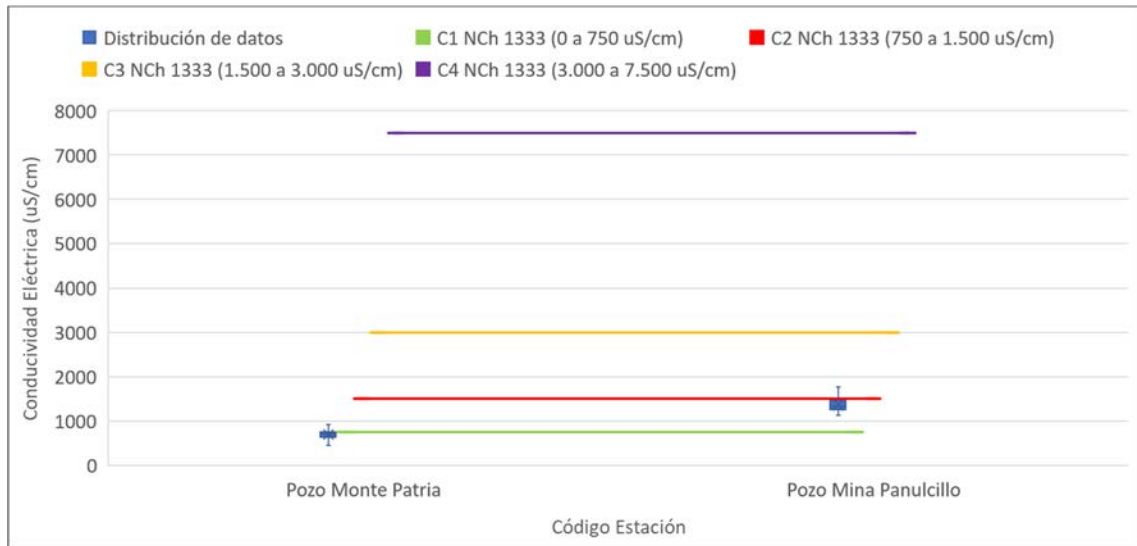
De los parámetros inorgánicos analizados, tanto Cl⁻ como SO₄²⁻ y NO₃⁻ presentan sus concentraciones bajo ambas normas de referencia.

Parámetros físico-químicos

Respecto al pH, los valores entregados se encuentran bajo los límites superiores e inferiores que determinan NCh409/05 y NCh1333/78.

Para el caso de CE y SDT (Figura 4.2-5 y Figura 4.2-6 respectivamente), la estación "Pozo Monte Patria" (BNA 4524008-8) clasifica en el rango C1 (agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales) para ambos parámetros. Respecto la estación "Pozo Mina Panulcillo" (BNA 4540013-1), ambos parámetros se encuentran en el rango C2 (agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles).

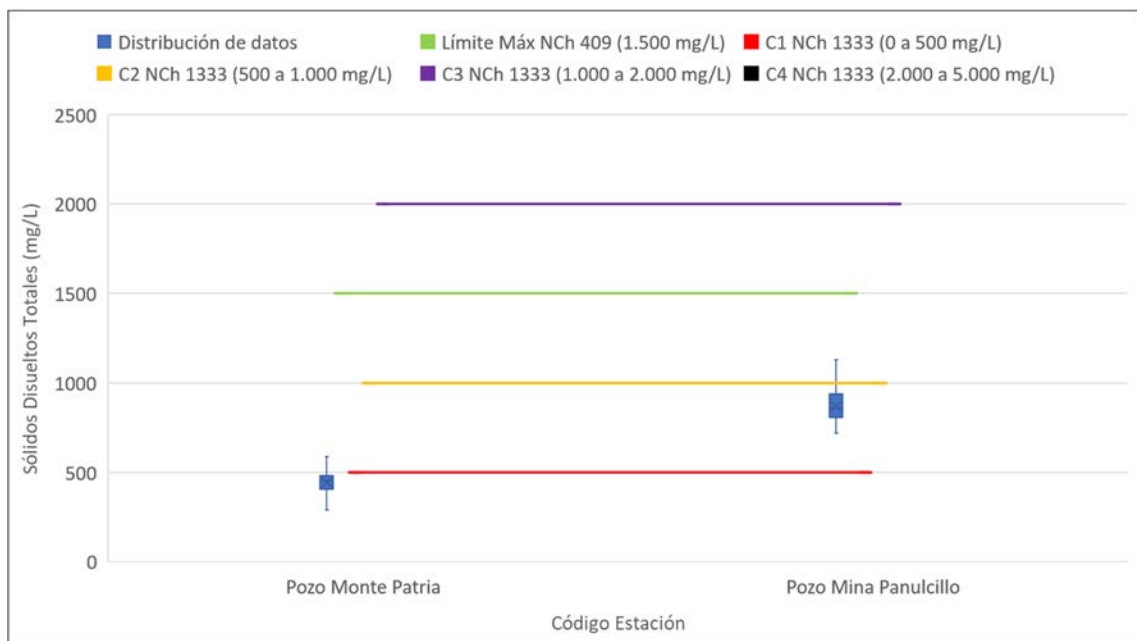
¹⁷ En el presente diagnóstico se ha considerado que supera la norma aquella estación que presenta valores por encima de la referencia hasta su cuartil superior (y/o inferior si la norma aplica un rango).



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.2-5 Gráfico de Cajas – CE (µS/cm)



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.2-6 Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)

Antecedentes Complementarios

Adicionalmente, en el estudio “Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de la Región de Coquimbo” (DGA, 2017b), se realizaron estudios de calidad de agua a 56 pozos APR previo a cualquier tratamiento en el acuífero del río Limarí, donde se recogieron valores obtenidos para los siguientes parámetros:

- Metales totales: As, Pb, Fe y Mn.
- Parámetros inorgánicos: Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Ca²⁺ y Mg²⁺.
- Parámetros físico-químicos: pH, T°, CE y SDT.

La Tabla 4.2-5 realizada por este estudio, indica los IC individuales para cada pozo estudiado, cuya metodología se describe en el Anexo F. Como se observa, diez (10) pozos del acuífero Limarí presentan un IC Insuficiente, por algún metal tal como Mn, Fe o por su concentración de SDT. Estos se distribuyen tanto en la parte alta como media y baja del acuífero del Limarí (principalmente en el SHAC Punitaqui), presentándose un mayor número de pozos con IC Regular (mayoritariamente por Fe) en la zona media y baja.

Tabla 4.2-5 Índice de Calidad por APR de acuífero Limarí (parámetros locales Fe y Mn), año 2016

N°	Nombre Pozo	Sector Acuífero	Comuna	IC General (cualitativo)	Parámetros que otorgan clasificación
34	LAS BARRANCAS-EL CHINEO	Cogotí	Combarbalá	Excepcional	
32	LA ISLA	Cogotí	Combarbalá	Excepcional	
33	LA LIGUA DE COGOTÍ	Cogotí	Combarbalá	Excepcional	
31	COGOTÍ 18	Cogotí	Combarbalá	Regular	Mn
37	LA COLORADA	Combarbalá	Combarbalá	Regular	Fe, Mn
101	VALLE HERMOSO	Río Pama	Combarbalá	Excepcional	
35	SORUCO	Río Pama	Combarbalá	Buena	NO ₃ ⁻
80	QUILITAPIA	Quebrada Grande	Combarbalá	Buena	NO ₃ ⁻
36	EL HUACHO	Quebrada Grande	Combarbalá	Regular	SO ₄ ²⁻
38	EL SAUCE	Quebrada Grande	Combarbalá	Buena	NO ₃ ⁻
64	SAN MARCOS	Guatulame	Combarbalá	Insuficiente	Mn
63	LOS TAPIA	Guatulame	Monte Patria	Buena	NO ₃ ⁻
62	HUATULAME (GUATULAME)	Guatulame	Monte Patria	Excepcional	
103	RAPEL	Río Rapel	Monte Patria	Excepcional	
102	JUNTAS-DOS RÍOS	Río Rapel	Monte Patria	Excepcional	
148	LAS RAMADAS DE PUNITAQUI	Río Grande	Punitaqui	Buena	NO ₃ ⁻
83	EL MAITÉN	Río Grande	Monte Patria	Excepcional	
86	PEDREGAL	Río Grande	Monte Patria	Excepcional	
82	COLLIGUAY	Río Grande	Monte Patria	Excepcional	
87	SEMITA	Río Grande	Monte Patria	Regular	Fe
84	FLOR DEL VALLE	Río Grande	Monte Patria	Buena	Ca ²⁺ , NO ₃ ⁻
98	LAS BREAS	Río Hurtado	Río Hurtado	Buena	NO ₃ ⁻ , Pb
97	HURTADO-EL CHAÑAR	Río Hurtado	Río Hurtado	Excepcional	
96	FUNDINA	Río Hurtado	Río Hurtado	Regular	Fe, Mn
95	PICHASCA	Río Hurtado	Río Hurtado	Insuficiente	Fe
94	SAMO ALTO	Río Hurtado	Río Hurtado	Buena	Mn
92	LA PALOMA	Río Limarí	Ovalle	Insuficiente	Mn
91	CARACHILLA	Río Limarí	Ovalle	Excepcional	
150	EL GUINDO	Río Limarí	Ovalle	Excepcional	
110	LA PORTADA DE SOTAQUI	Río Limarí	Ovalle	Regular	Pb
90	SANTA CATALINA	Río Limarí	Ovalle	Excepcional	
93	ALGARROBO	Río Limarí	Ovalle	Excepcional	

N°	Nombre Pozo	Sector Acuífero	Comuna	IC General (cualitativo)	Parámetros que otorgan clasificación
100	SAMO BAJO	Río Limarí	Ovalle	Regular	Fe
45	VILLA SECA	Río Limarí	Ovalle	Regular	Fe
157	LIMARÍ	Río Limarí	Ovalle	Buena	Ca ²⁺ , NO ₃ ⁻
99	SAN JULIÁN	Río Limarí	Ovalle	Insuficiente	Mn
89	TABALÍ	Río Limarí	Ovalle	Regular	
88	BARRAZA	Río Limarí	Ovalle	Insuficiente	SDT
156	ORURO ALTO	Río Limarí	Ovalle	Regular	Na ⁺
44	ESTACIÓN RECOLETA	El Ingenio	Ovalle	Buena	NO ₃ ⁻
47	LACUNILLAS	El Ingenio	Ovalle	Buena	NO ₃ ⁻
48	VILLORRIO EL TALHUÉN	El Ingenio	Ovalle	Buena	NO ₃ ⁻
43	EL TRAPICHE	El Ingenio	Ovalle	Insuficiente	SDT, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Mn
46	LA TORRE-LAS SOSSAS	El Ingenio	Ovalle	Regular	SDT, Cl ⁻ , Na ⁺
147	LA HIGUERA DE PUNITAQUI	Punitaqui	Punitaqui	Buena	NO ₃ ⁻
85	LAS RAMADAS DE PEJERREYES	Punitaqui	Monte Patria	Buena	Pb
73	GRANEROS	Punitaqui	Punitaqui	Buena	NO ₃ ⁻
75	NUEVO FUTURO-POTRERILLO ALTO	Punitaqui	Punitaqui	Regular	Fe
77	NUEVA AURORA	Punitaqui	Ovalle	Buena	NO ₃ ⁻
74	LA GRANJITA-MORRO ALEGRE	Punitaqui	Punitaqui	Buena	SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺
149	PORVENIR	Punitaqui	Ovalle	Insuficiente	SDT
76	LOS NOGALES-CAMPO LINDO	Punitaqui	Ovalle	Buena	Ca ²⁺ , NO ₃ ⁻
146	CAMARICO	Punitaqui	Punitaqui	Insuficiente	Mn
72	CHALINGA	Punitaqui	Ovalle	Buena	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻
155	ALCONES (ACUA DE LA VIDA)	Punitaqui	Ovalle	Insuficiente	Mn
78	SOCOS- BARRAZA ALTO	Punitaqui	Ovalle	Insuficiente	SDT

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017b).

La Minuta DCPRH N°19 (DGA, 2018b) analiza los resultados del seguimiento a la calidad del agua de las fuentes de los pozos APR, que para el caso de la cuenca del río Limarí, registran en 9 puntos en los SHAC "Quebrada Grande" ("El Huacho"), "Guatulame" ("San Marcos"), "Río Hurtado" ("Pichasca"), "Río Limarí" ("La Paloma", "San Julián" y "Tabalí"), "El Ingenio" ("El Trapiche") y "Punitaqui" ("Camarico" y "Alcones").

La Tabla 4.2-6 indicando los IC individuales de los pozos con seguimiento. Al respecto, mencionar que mejoraron su IC los pozos de "San Marcos" (SHAC "Guatulame"), "San Julián" (SHAC "Río Limarí") y "Alcones" (SHAC "Punitaqui"), de Insuficiente a Regular. Sin embargo, los pozos de "Tabalí" (SHAC "Río Limarí") y "El Trapiche" (SHAC "El Ingenio") disminuyeron su clasificación respecto la campaña anterior, a Insuficiente e Intratable, respectivamente.

Tabla 4.2-6 Índice de Calidad en seguimiento APR de acuífero Limarí (parámetros locales Fe y Mn), año 2017

N°	Nombre Pozo	Sector Acuífero	Comuna	IC General (cualitativo)
36	EL HUACHO	Quebrada Grande	Combarbalá	Regular
64	SAN MARCOS	Guatulame	Combarbalá	Regular
95	PICHASCA	Río Hurtado	Río Hurtado	Insuficiente
92	LA PALOMA	Río Limarí	Ovalle	Insuficiente
99	SAN JULIÁN	Río Limarí	Ovalle	Regular
89	TABALÍ	Río Limarí	Ovalle	Insuficiente
43	EL TRAPICHE	El Ingenio	Ovalle	Intratable
146	CAMARICO	Punitaqui	Punitaqui	Insuficiente
155	ALCONES (ACUA DE LA VIDA)	Punitaqui	Ovalle	Regular

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2018b).

Parámetros microbiológicos

A partir de la información contenida en los PR018002 de la SISS, en la cuenca del río Limarí se han identificado 22 fuentes en operación de captación de agua subterránea con información de calidad microbiológica. En la Tabla 4.2-7 se presentan las fuentes de captación junto al sistema la cual pertenecen.

De estos, solo las fuentes "Noria Sotaqui" (204-117), "Dren Antiguo" (201-9) y "Pozo 4" (203-112) han presentado *E. coli* en muestras realizados a lo largo del periodo analizado. La presencia de *E. coli* es un indicador de contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos animales, por lo que su presencia en las aguas subterráneas indica que hay una contaminación microbiológica.

Tabla 4.2-7 Fuentes de captación de agua subterránea cuenca río Limarí

Código Fuente	Nombre Fuente	Nombre Sistema
203-196	Pozo 3_2015	Combarbalá
204-118	Noria 1	Combarbalá
203-197	Sondaje N°4 Combarbalá	Combarbalá
201-72	Dren Antiguo	Ovalle - Huamalata
201-71	Dren Nuevo Ovalle	Ovalle - Huamalata
203-16	Pozo Huamalata	Ovalle - Huamalata
204-190	Noria 4 Los Peñones	Ovalle - Huamalata
204-189	Noria 3 Los Peñones	Ovalle - Huamalata
204-188	Noria 2 Los Peñones	Ovalle - Huamalata
204-187	Noria 1 Los Peñones	Ovalle - Huamalata
203-83	Pozo N 1030	Sotaqui
204-117	Noria Sotaqui	Sotaqui
201-9	Dren Antiguo	Chañaral Alto
203-194	Sondaje Michea N°2, Punitaqui_2016	Punitaqui
201-76	Noria Dren	Punitaqui
203-171	Pozo Ciénago	Punitaqui

Código Fuente	Nombre Fuente	Nombre Sistema
203-133	Sondaje Nuevo	Monte Patria
203-69	Sondaje N 735	Monte Patria
203-159	Sondaje El Palqui 2013	El Palqui
203-112	Pozo 4	El Palqui
203-203	Sondaje El Palqui 2018	El Palqui
203-185	Sondaje 2015	El Palqui

Fuente: Elaboración propia en base a SISS (2020).

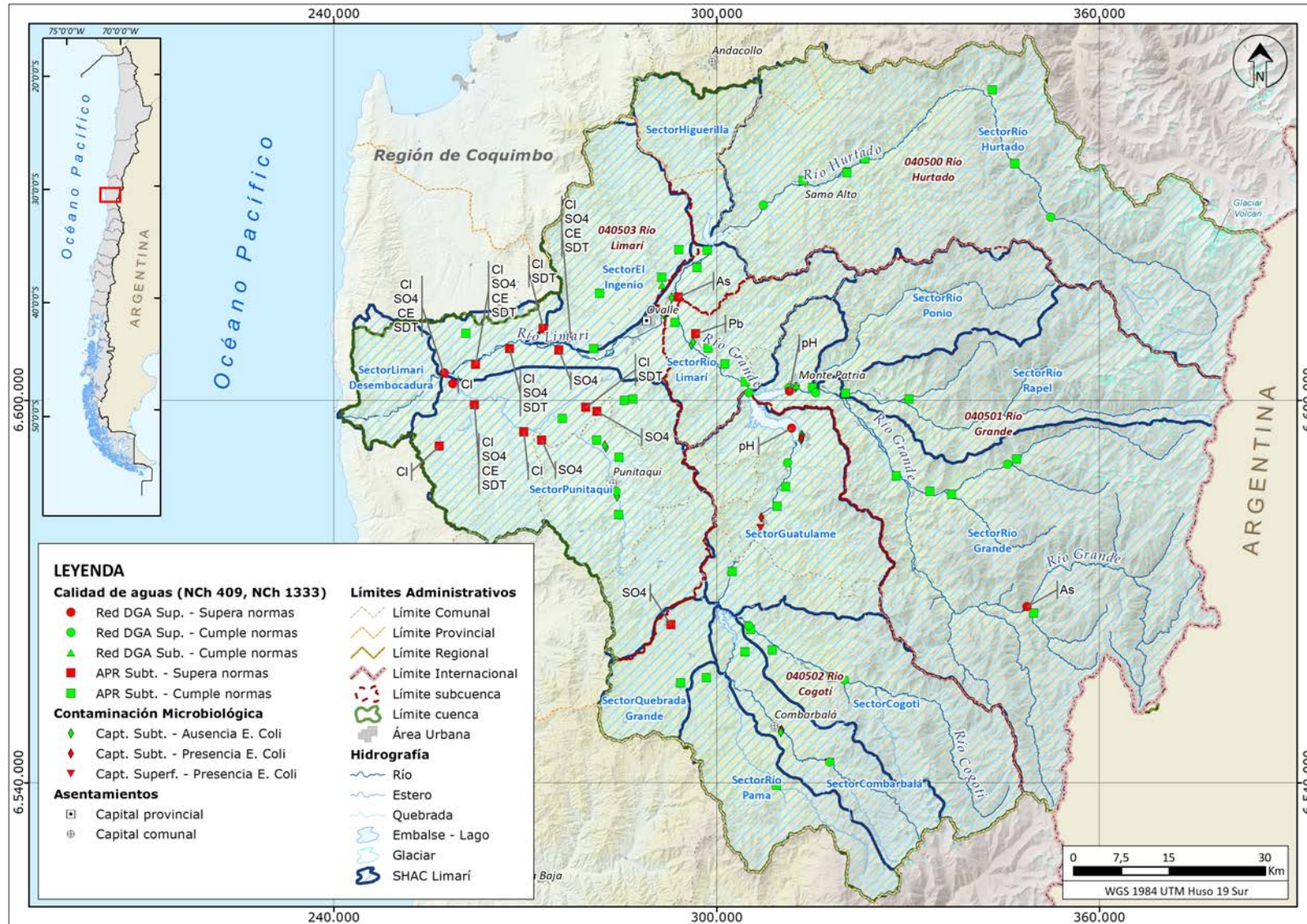
4.2.4 Fuentes de contaminación

Con base a la disponibilidad de 2 pozos con registros analizados procedentes de la red hidrométrica de la DGA, se observa que los parámetros analizados presentan valores bajo NCh409/05 y NCh1333/78. No obstante, la información aportada por el estudio de calidad del agua de pozos APR (DGA, 2017b y 2018b), arrojan contenidos de Fe y Mn por encima de la normativa en diferentes puntos espacialmente dispersos de la cuenca, aunque concentrados en algunos SHAC como "Punitaqui", "Río Limarí" y "Río Hurtado". También se registraron elementos como Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ y SDT donde las cantidades observadas superaron los límites normativos. Lo mismo ocurre con el NO_3^- donde se destaca la superación de las normas en los SHAC "Río Pama", "Quebrada Grande", "Río Limarí" y "Punitaqui". En general, se observa una disminución de la calidad de las aguas a desde la parte alta hacia la parte baja, lo que puede ser influenciado por la situación climática, que se vuelve más áridas aguas abajo, favoreciendo la evaporación y concentraciones de las especies disueltas. De esta forma, se observa que la mayoría de los pozos con calidad general Insuficiente o Intratable se encuentran en los SHAC "Río Limarí", "El Ingenio" y "Punitaqui".

En relación a la contaminación de componentes microbiológicos, fue detectada la presencia de *E. coli* en solo 3 distintas fuentes de abastecimiento de agua subterránea evidenciando que la contaminación a partir de aguas residuales o contaminación de residuos animales en la cuenca no se presenta de manera extendida.

4.2.4.1 Relación entre aguas superficiales y subterráneas según su calidad

En la Figura 4.2-7 se aprecian las estaciones analizadas y presentadas en el complemento, mostrando aquellos puntos con registros por encima de las normas NCh409/05 y/o NCh1333/78 en algún o algunos parámetros estudiados.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a) y DGA (2017b).

Figura 4.2-7 Estado de la calidad de agua en la Red Hidrométrica DGA y pozos APR

De la figura anterior, se analiza seguidamente los parámetros críticos más representativos de la cuenca:

- **CE y SDT:** Los altos valores registrados en la parte baja de la cuenca se deben a la existencia de terrenos áridos con escasas precipitaciones y alta radiación solar, situación que favorece la evaporación, razón por la cual los iones tienden a concentrarse (DGA, 2004).
- **Cl⁻:** Con las concentraciones más altas presentes en la parte baja de la cuenca, donde el efecto de las aguas subterráneas sobre la calidad se manifiesta como aguas de contenido salino, debido a las lixiviaciones volumétricas (DGA, 2004). Es así como en esta zona también hay ocurrencia de aguas termales, como lo son las Termas de Socos. También se asocia al aumento de las concentraciones de Cl⁻ el efecto de la larga sequía en la zona (GORE, 2013).
- **SO₄²⁻:** Al igual que el Cl⁻, las concentraciones más altas se presentan en la parte baja de la cuenca, ya sea tanto por el efecto del clima como por la influencia de las aguas subterráneas.
- **E. coli:** Los puntos de muestreo que dieron positivo en la presencia de este parámetro, se encuentran concentrados en la subcuenca "Río Cogotí", evidenciando que la contaminación a partir de aguas residuales o contaminación de residuos animales en dicho sector.

Dentro de la cuenca del río Limarí existen 3 grandes embalses (Paloma, Recoleta y Cogotí); estos controlan las concentraciones de distintos parámetros aguas abajo, ya sean sólidos disueltos o metales. Los sectores de los ríos Punitaqui y Limarí, en la parte baja de la cuenca (subcuenca "Río Limarí", BNA 040504), son los de condición más desmejorada dentro de la cuenca en su calidad (DGA, 2004), situación que persiste actualmente.

También cabe mencionar algunos elementos metálicos que se observan por sobre la normativa de referencia en la cabecera de la cuenca, así como productos de la minería (SO₄²⁻), se debe a las dos franjas metalogénicas (Cretácico Temprano en la Cordillera de la Costa y Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano en la Cordillera Principal), que no cuentan con la presencia de un gran yacimiento en la cuenca, y un clima semiárido, generando una influencia mucho mayor de estos parámetros (DGA, 2004). Cabe señalar, al respecto, que el Mn y el Fe son elementos abundantes en la corteza terrestre, siendo muy frecuente encontrarlos en solución en distintos cuerpos de agua. Según lo sugerido en la Minuta DCPRH N°19 (DGA, 2018b), en el próximo cálculo de indicador de calidad se debería evaluar la exclusión de estos dos parámetros.

En relación con riesgo de contaminación por acción antrópica, es importante considerar el peso de las faenas mineras, tanto actuales como históricas, sobre la calidad de las aguas. En la Tabla 4.2-8 se resumen las instalaciones del Catastro de Depósitos de Relaves (SERNAGEOMIN, 2019), donde puede apreciarse la concentración de este tipo de infraestructuras en la parte media (subcuenca "Río Cogotí", BNA 040502) y baja (subcuenca "Río Limarí", BNA 040503) de la cuenca,

específicamente cercanas a las localidades de Combarbalá y Punitaqui respectivamente.

Tabla 4.2-8 Depósitos de relave, según estado, en la cuenca del río Limarí

Cuenca	Subcuenca	Activo	No Activo	Abandonado	Total
Río Limarí	Río Hurtado		1	1	2
	R. Grande Medio (arriba junta R. Rapel y R. Guatulame o Muro Emb. Paloma)			2	2
	R. Grande Alto (hasta arriba junta R. Rapel)	1	9		10
	R. Cogotí (Muro Emb. Paloma)		12	9	21
	Río Limarí	5	23	8	36
Total		6	45	20	71

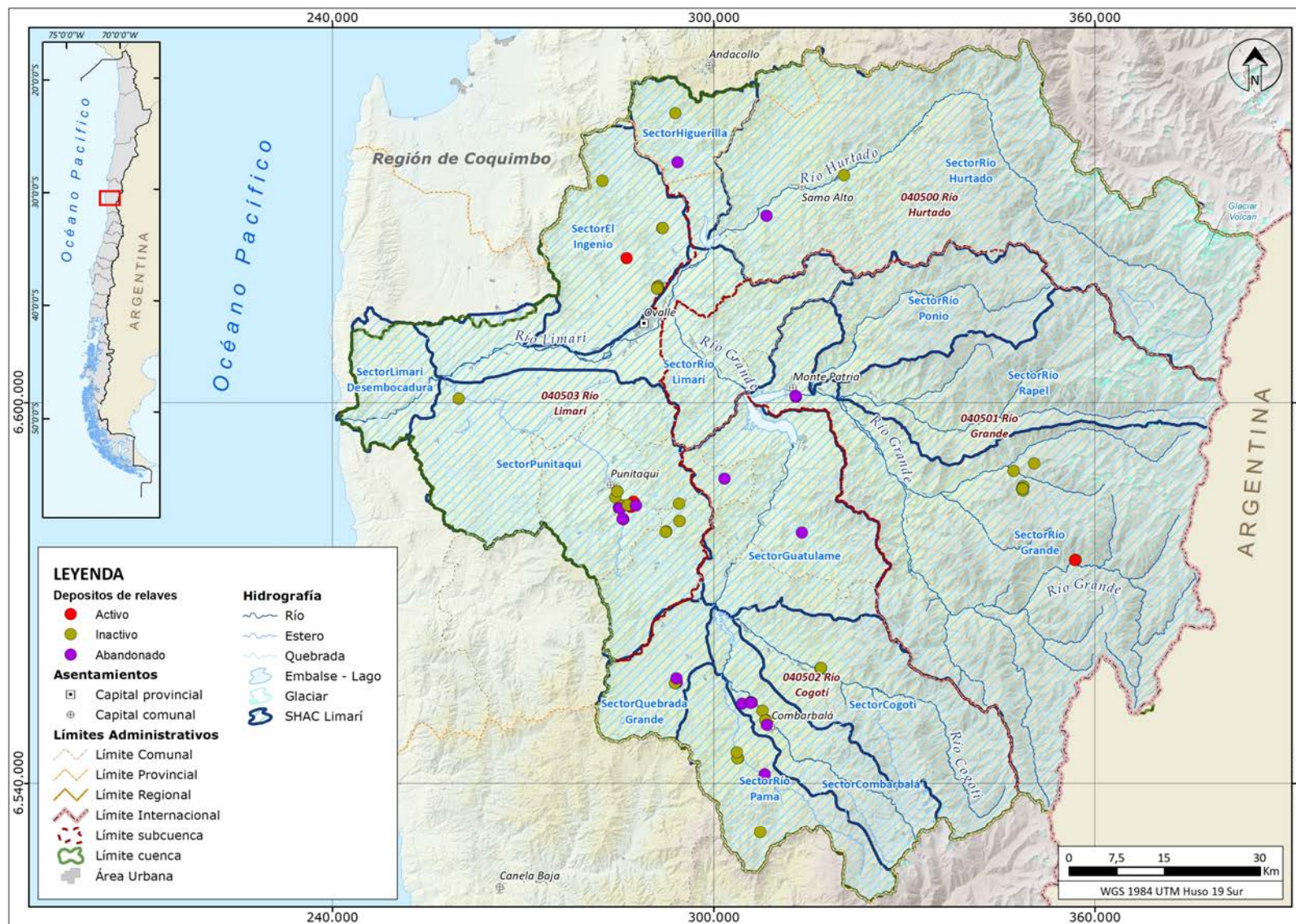
Fuente: SERNAGEOMIN (2019).

En la Figura 4.2-8 se presenta la distribución espacial de los depósitos de relaves en la cuenca del río Limarí.

Con respecto a la contaminación microbiológica esta puede ser de carácter antrópico, las cuales se atribuyen principalmente al vertido de desechos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. La contaminación de aguas subterráneas, también se puede asociar al fácil acceso de los animales domésticos a los pozos, y a su material de revestimiento permeable. Como se mencionó anteriormente, este tipo de contaminación fue únicamente detectado en la subcuenca “Río Cogotí” (040502).

En relación a una posible influencia marina en el borde costero de la cuenca, si bien las fuentes superficiales y subterráneas mostraron un incremento de la salinidad y de parámetros como el Cl⁻, SDT y CE, no llegaron a niveles comparables con el mar, además de presentarse a una distancia considerable. De esta forma, no es posible evaluar procesos de intrusión salina en el acuífero del SHAC “Limarí Desembocadura”. De todas maneras, un monitoreo de pozos más exhaustivo y de mayor área proporcionaría más claridad, considerando que todo el borde costero forma parte del Sitio Estratégico Regional de Biodiversidad (ERB) “Desembocadura Río Limarí (SP2-026)”.

Finalmente, se identifica como brecha que, a diferencia de otras cuencas, en la cuenca del río Limarí no se ha dado inicio a la elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca, en la que podrían participar organizaciones e instituciones públicas y privadas con competencia ambiental ligados al agua, con el propósito de elaborar dicha normativa. De esta forma, se podrían tomar medidas para incrementar el control y la protección de las aguas continentales en la cuenca.



Fuente: Elaboración propia, basado en SERNAGEOMIN (2019).

Figura 4.2-8 Depósitos de relaves en la cuenca del río Limarí

4.2.5 Derechos concedidos

A continuación, se presenta el análisis de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneas otorgados en la cuenca del río Limarí. Los resultados son presentados en función de las siguientes variables:

- DAA otorgados según tipo de solicitud.
- DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho.

Para el análisis se utilizó la base de datos “Planilla Nacional de Derechos de Aprovechamiento de Aguas” obtenida mediante solicitud formal a la Inspección Fiscal con fecha enero del año 2020.

En la Tabla 4.2-9 se entrega el total de DAA subterráneas otorgados en la cuenca del río Limarí.

Tabla 4.2-9 DAA otorgados y Caudal otorgado

Naturaleza del Agua	Nº	Caudal (l/s)
Subterránea	2.705	5.668

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Según se desprende de la Tabla 4.2-9, la base cuenta con 3.107 DAA subterráneas en la cuenca, correspondiente a 5.668 l/s otorgados.

DAA otorgados según tipo de solicitud

En la Tabla 4.2-10 se entrega la distribución de los DAA subterráneas de acuerdo al tipo de solicitud, esto es, Nuevos Derechos (ND), Solicitudes de Regularización (NR) y Derechos de Usuarios Antiguos (UA).

Tabla 4.2-10 DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud

Tipo de solicitud ¹⁸	Nº	%	Caudal	
			l/s	%
Solicitudes de Nuevos Derechos (ND)	2.651	98	4.806	85
Solicitud de Regularización (NR)	52	1,92	712	13
Derechos de Usuarios Antiguos (UA)	2	0,07	150	3
Total	2.705	100	5.668	100

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Según se desprende de la Tabla 4.2-10, la mayor parte del caudal otorgado está asociada a solicitudes tipo ND, lo que equivale al 85% del total, seguido por NR, representando el 13%.

DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho

En la Tabla 4.2-11 se presenta la distribución de los DAA subterráneas otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA.

¹⁸ Clasificación de la DGA respecto a las solicitudes de DAA: ND=Nuevos derechos; NR=Regularización de derechos; UA=Usuarios antiguos o merced de agua: derechos de aprovechamiento de aguas, otorgados y reconocidos como tal, antes de la creación de la DGA (1981).

Tabla 4.2-11 DAA y caudal otorgado según tipo de DAA y ejercicio del DAA

Tipo de DAA	Ejercicio del DAA	N°	%	Caudal	
				l/s	%
Consuntivo	Permanente y Continuo	2.701	99,85	5.633	99,38
	Permanente y Discontinuo	2	0,07	20	0,36
	Provisional y Continuo	2	0,07	15	0,26
Total		2.705	100,00	5.668	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Según se desprende de la Tabla 4.2-11, la mayor parte de los DAA subterráneos otorgados son del tipo consuntivo y de ejercicio permanente y continuo, lo que equivale al 99,85% del total de DAA subterráneo otorgados en la cuenca, a su vez estos equivalen a 5.633 l/s de un total de 5.668 l/s otorgados, equivalente al 99,38% del caudal total otorgado.

Georreferenciación de DAA en la cuenca del río Limarí

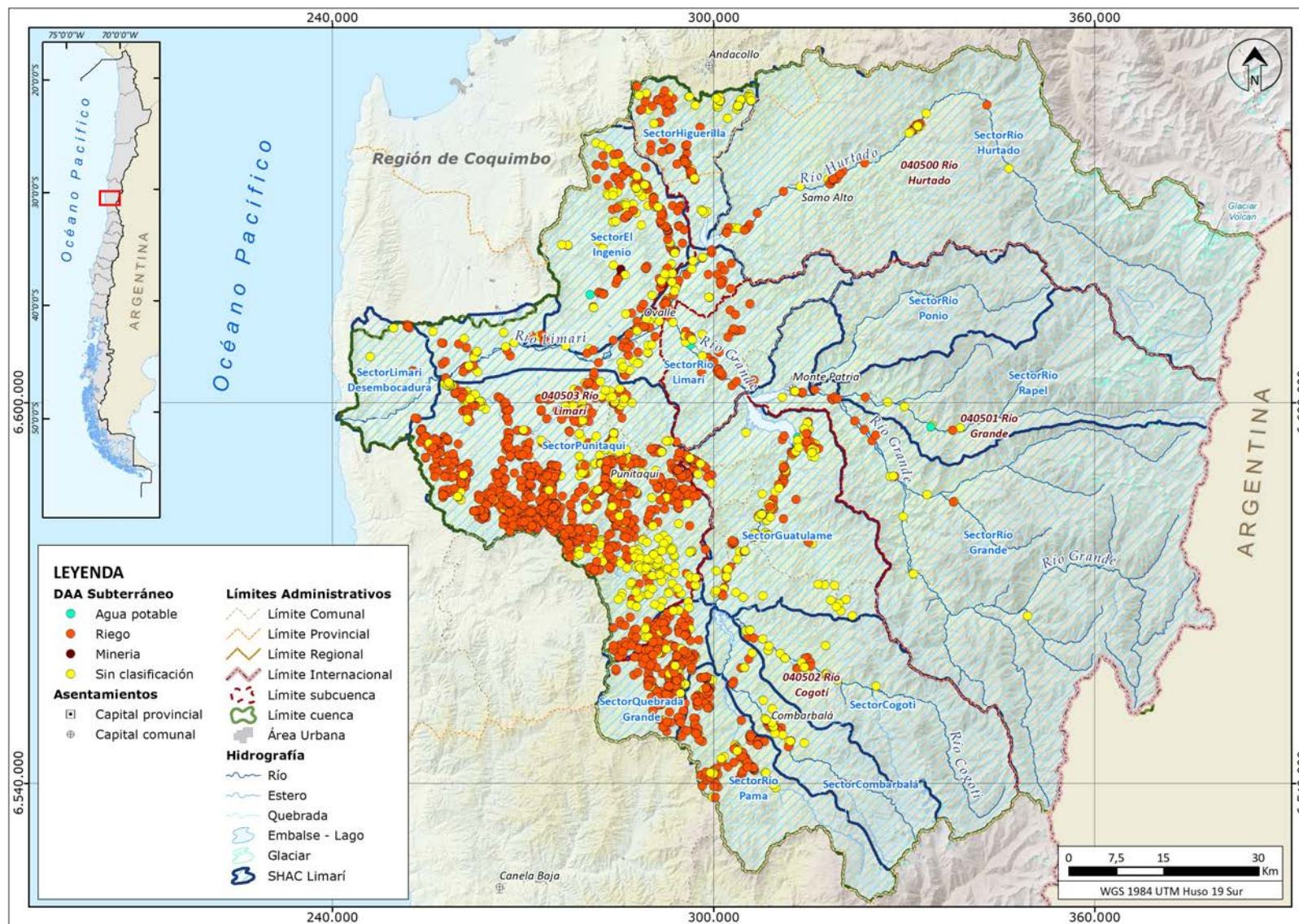
De la base de datos, 2.687 DAA cuentan con información necesaria para su georreferenciación, esto es, coordenadas UTM, Datum y Huso, lo que equivale al 99% del total de registros (Tabla 4.2-12).

Tabla 4.2-12 Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados

Naturaleza del Agua	N°	DAA georreferenciado		DAA no georreferenciado	
		N°	%	N°	%
Subterránea	2.705	2.687	99	18	1

Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

En la Figura 4.2-9 se muestra la ubicación geográfica de los puntos de captación subterráneos asociados a cada DAA en la cuenca de Limarí.



Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2020c).

Figura 4.2-9 Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la cuenca del río Limarí

4.3 GLACIARES

4.3.1 Glaciares

4.3.1.1 Identificación de fuentes

Los glaciares presentes en la cuenca del río Limarí pertenecen a la zona glaciológica de Los Andes Desérticos. En la Tabla 4.3-1 se resumen los glaciares identificados por la DGA en el Inventario Público de Glaciares, que data del año 2014, y los clasifica a nivel de subcuencas BNA. Cabe señalar que durante el presente año (2020) se liberara al público el Inventario Público de Glaciares actualizado (IPG2020), usando como parámetro de clasificación las cuencas DARH.

Tabla 4.3-1 Tipología y número de glaciares en la cuenca del río Limarí

Cód. Subcuenca	Nombre Subcuenca	Tipo Glaciar	Cantidad (n°)	Área (km ²)	Volumen (km ³)	Vol. Equiv. Agua (km ³)
040500	Río Hurtado	Glaciar de montaña	3	0,9	0,02	0,02
		Glaciar rocoso	123	7,5	0,12	0,05
		Glaciarete	20	0,8	0,01	0,01
	Subtotal		146	9,2	0,15	0,08
040501	Río Grande	Glaciar rocoso	137	5,6	0,06	0,03
	Subtotal		137	5,6	0,06	0,03
040502	Río Cogotí	Glaciar rocoso	6	0,2	0,001	0,001
		Glaciarete	2	0,04	0,0002	0,0002
	Subtotal		8	0,2	0,002	0,001
Total			291	15,0	0,21	0,11

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

Así mismo, en la Tabla 4.3-2 se muestran los glaciares con un área mayor a 0,5 km² (100 hectáreas) de la cuenca.

Tabla 4.3-2 Glaciares de mayor superficie en la cuenca del río Limarí

N°	Cód. Glaciar	Nombre Glaciar	Área (km ²)	Tipo Glaciar	Nombre Subcuenca
1	CL104500050	s/n	1,0	Glaciar rocoso	Río Hurtado
2	CL104500076	s/n	0,5	Glaciar rocoso	Río Hurtado
3	CL104500073	Volcán	0,5	Glaciar de montaña	Río Hurtado

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

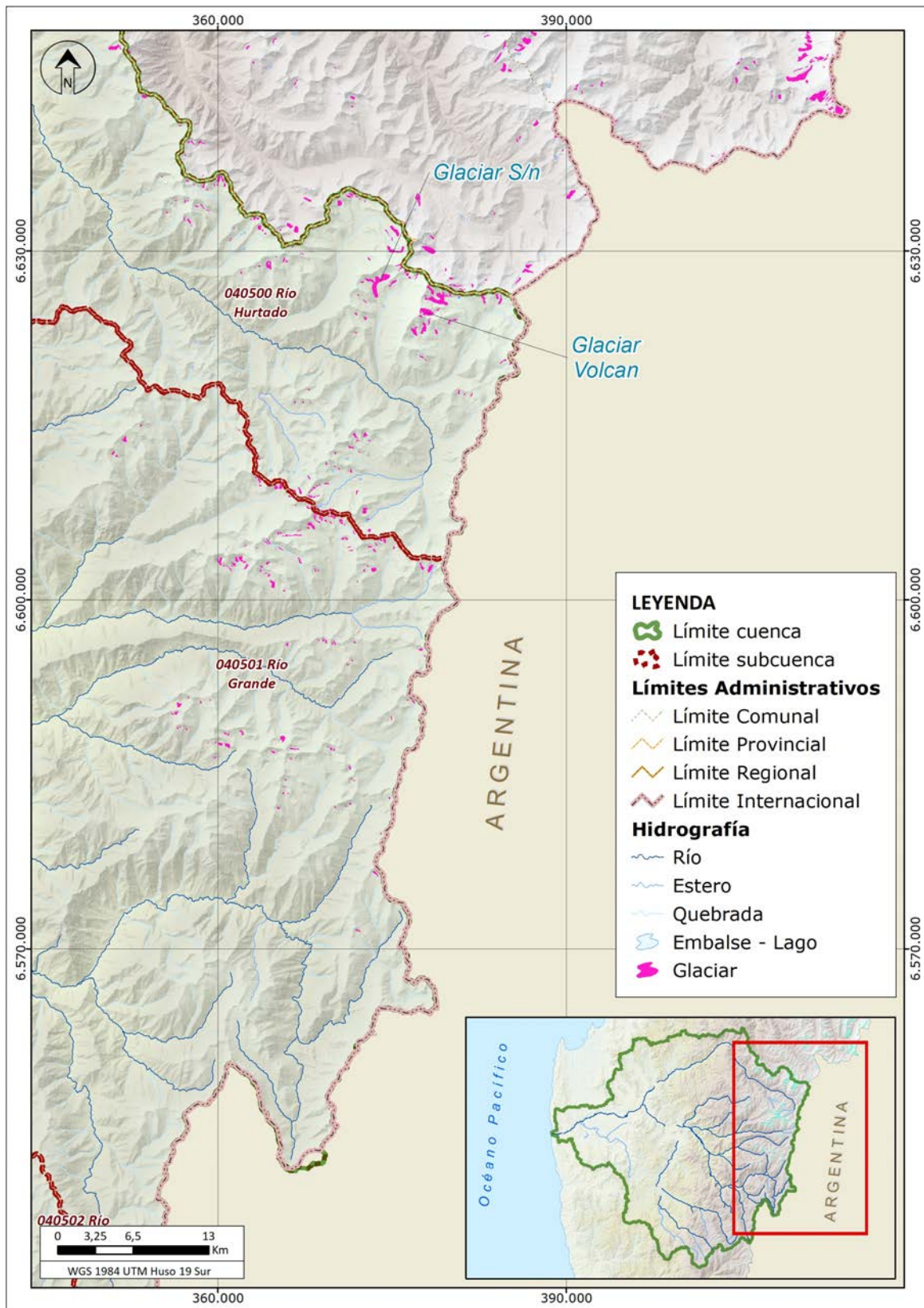
De la Tabla 4.3-1 y la Tabla 4.3-2 se desprende que los principales glaciares se sitúan en la subcuenca del río Hurtado; también en este sector se encuentra el mayor número de glaciares, ya que existen 146 de un total de 291, suponiendo un 50% en cantidad y un 61% en área glaciar. Cabe señalar la importancia de estos cuerpos, considerando sobre todo que las cabeceras de las distintas subcuencas tienen un régimen hidrológico nival, y en su conjunto la cuenca río Limarí tiene un régimen mixto.

4.3.1.2 Restricciones de uso sobre glaciares

No se identifica superficie glaciar en la cuenca del río Limarí ubicada en figuras de conservación bajo protección oficial (apartado 2.3.1.3 y Figura 4.3-1), ni en sitios prioritarios.

4.3.1.3 Diagnóstico del estado de la información sobre glaciares

A pesar de la importancia que suponen estos cuerpos para la cuenca, no existen estaciones glaciológicas que sean parte de la red hidrométrica descrita en el acápite 2.4.2. De la misma forma, en el estudio “Variaciones Recientes en Glaciares en Chile” (DGA, 2011b) se presentó solo la variación del área del glaciar Cerro Volcán (1986 y 2010) ubicado en la subcuenca del río Hurtado, donde se evidencia un importante retroceso en dicho periodo, de 0,14 km². De esta forma, hay una brecha de información sobre el resto de los glaciares y también sobre el estado actual del glaciar Cerro Volcán, para el cual han pasado casi 10 años desde su última medición de área glaciar. De la misma forma, no hay estudios sobre sus aportes hídricos por lo que se genera una brecha para la posterior incorporación de la escorrentía que generan a los modelos, lo cual dificulta su gestión.



Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).
Figura 4.3-1 Glaciares en la cuenca río Limarí

CAPÍTULO 5 BALANCE DE AGUA

5.1 MODELO DE SIMULACIÓN

5.1.1 Situación actual

5.1.1.1 Actualización de Modelo Superficial

En el Anexo H (acápito 2.2) se presenta la descripción del modelo superficial WEAP de Limarí, utilizado como base en la elaboración del modelo integrado del presente estudio (abril 1990 – marzo 2019), junto a las modificaciones realizadas en la actualización de éste.

5.1.1.2 Actualización de Modelo Subterráneo

En el Anexo H (acápito 1.1.2) se presenta la descripción del modelo subterráneo Groundwater Vistas de Limarí, utilizado como base en la elaboración del modelo integrado del presente estudio (abril 1992 – marzo 2019), junto a las modificaciones realizadas en la actualización de éste.

5.1.1.3 Construcción de Modelo Integrado Superficial Subterráneo

En el Anexo H (capítulo 3) se presenta la construcción del modelo integrado WEAP-GWV de Limarí (abril 1992 – marzo 2019), conforme a la metodología del presente estudio.

5.1.1.4 Calibración y Resultados de Modelo de Simulación Superficial Subterráneo

En el Anexo H (capítulo 4) se presenta en detalle la calibración y resultados del modelo integrado WEAP-GWV de la cuenca del río Limarí (abril 1992 – marzo 2019), siguiendo los lineamientos indicados en la metodología (acápito 3.4.3 del Anexo F).

En lo que respecta a la componente superficial, se verifican medidas de desempeño del modelo integrado utilizando las medidas de bondad de ajuste en los puntos del modelo donde hay estaciones de medición de caudal. En términos generales, se verificó que los indicadores entregasen valores aceptables de calibración.

En particular, el mejor ajuste se obtiene en las estaciones fluviométricas del río Grande, donde el promedio de los KGE y NSE superan ampliamente los valores de 0,3 y 0,5 respectivamente, lo que indica una buena representación de la variabilidad y la media de las series observadas según lo estipulado en el acápito 3.4.3 del Anexo F. Los valores de R^2 indican que gran parte de la variabilidad observada puede explicarse en base a las series simuladas (más del 75%). Sin embargo, para las estaciones Grande Cuyano y Grande Puntilla San Juan, se está subestimando el caudal en un 23% y 26%, respectivamente. Para las sub-cuencas de los ríos Rapel, Mostazal, Tascadero, Combarbalá, Huatulame y Los Molles, se supera el umbral mencionado anteriormente para los indicadores KGE y NSE. Los valores de R^2 se encuentran por sobre el 50%, explicándose más de la mitad de la variabilidad observada en base a las simulaciones. La sub estimación de caudales no supera el 14% respecto a las series observadas, de acuerdo a los valores de PBIAS presentados.

En la estación Combarbalá en Ramadillas se obtienen buenos ajustes a nivel mensual y de flujos totales anuales, con excepción del año 1997, donde se subestima el caudal generado. Si bien en el periodo 2005 – 2019 el modelo sobreestima los caudales totales, se recomienda analizar para una mejora en la generación de escorrentía del catchment representativo de la cuenca AN-07 (una de las cuencas de cabecera de la cuenca). Por otra parte, se obtiene un excelente ajuste en la curva de promedios mensuales y curva de duración, donde se aprecian diferencias menores entre curva modelada y observada.

En el caso de la estación Limarí en Panamericana, si bien se obtienen indicadores que implicarían una correcta representación de la variabilidad de la serie simulada, se subestima el caudal generado. Este efecto se aprecia en mayor medida en los caudales con probabilidad de excedencia inferior a 40%, generando el valor de PBIAS obtenido de -49,48. Lo anterior puede deberse a una brecha de este modelo al no incorporar la interacción río-acuífero dado el esquema de interacción de los modelos (no acoplado, sino que integrado), donde es posible que se genere un déficit en el flujo superficial modelado especialmente considerando que los afloramientos desde el acuífero pueden ser significativos. Además, dado que esta estación se encuentra en la salida de la cuenca, se tiene un efecto agregado de subestimación al no incorporar afloramientos para las diferentes sub-cuencas.

Respecto a la sub-cuenca del Estero Punitaqui, en particular según lo observado en la estación Punitaqui Antes Junta Limarí, se obtienen valores de indicadores aceptables, obteniendo un KGE de 0,58. Si bien el NSE calculado es de 0,19, el valor positivo del indicador daría cuenta de un modelo que sigue siendo una mejor representación que el promedio observado. Sin embargo, la calibración es mejorable por cuanto existen peaks que el modelo no es capaz de representar, para lo cual se recomienda revisar la generación de escorrentía en los catchments AN-11, CL-30 a CL-33 y re-validar en terreno la representatividad de los nodos de extracción del modelo asociados a riego, consumo de agua potable y otros consumos de la cuenca del Estero Punitaqui. También se debe considerar el factor del esquema de interacción de los modelos superficial y subterráneo mencionado para el caso de la estación Limarí en Panamericana.

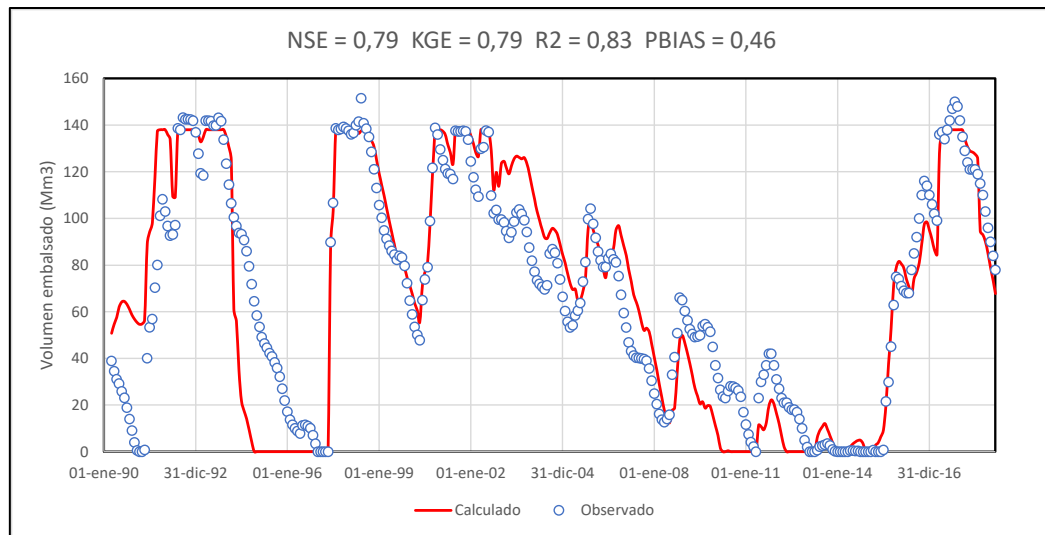
De igual forma para la sub-cuenca del río Pama, si bien se obtiene un valor de NSE de 0,38, la serie simulada sigue siendo una mejor representación respecto al promedio de observaciones. Cabe mencionar que esta última sub-cuenca corresponde a una de las 4 sub-cuencas que alimentan el embalse Cogotí.

En parte alta del río Hurtado (estación río Hurtado en San Agustín), se aprecia que la serie modelada se ajusta de forma correcta a nivel mensual, anual y estacional. En términos de curva de duración, también se obtiene un buen ajuste de acuerdo a la serie generada a partir de los datos observados. Aguas abajo de este punto, en la estación Hurtado en Angostura Pangué, se obtiene un buen ajuste en términos de series mensuales, anuales y curva de duración. Sin embargo, la estacionalidad promedio requiere de un trabajo posterior de análisis tanto de la calibración realizada como un análisis crítico más detallado de los datos observados, tomando en cuenta

la historia de la estación. Por otra parte, se recomienda revisar la calibración de los catchments CL-20 a CL-24, centrando la atención en los parámetros asociados a la generación y posterior derretimiento de nieve. Finalmente, se recomienda además realizar un análisis en terreno de la validez de los nodos de extracción ubicados en la zona mencionada.

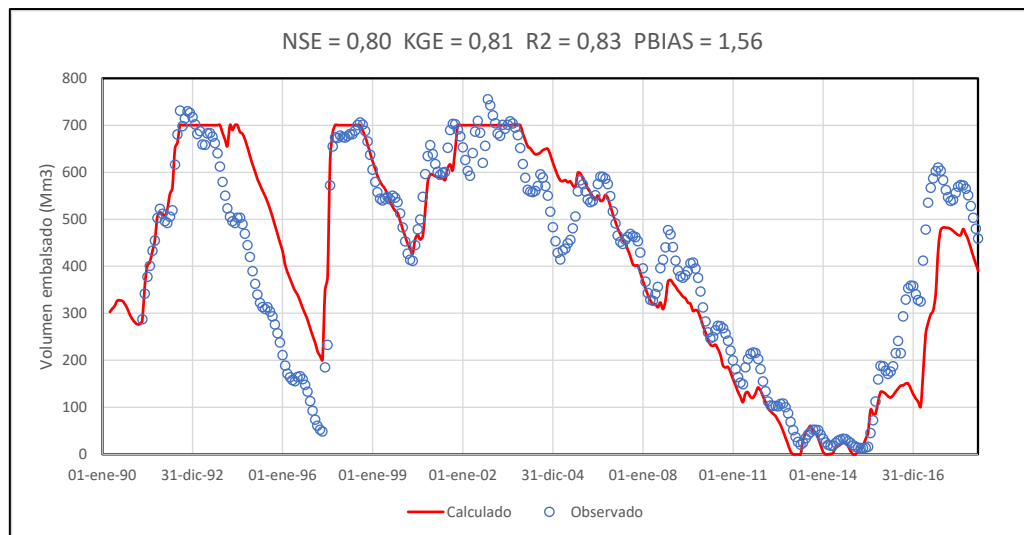
Verificación de Flujos Simulados para Elementos Operacionales

Se presentan los resultados de calibración de los embalses Cogotí, La Paloma y Recoleta, obteniéndose en cada uno de ellos un buen ajuste con los datos observados. En particular, es de gran relevancia la capacidad del modelo de simular correctamente los mínimos históricos de los reservorios (Figura 5.1-1, Figura 5.1-2 y Figura 5.1-3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-1 Calibración embalse Cogotí 2001-2019



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-2 Calibración embalse La Paloma 2001-2019

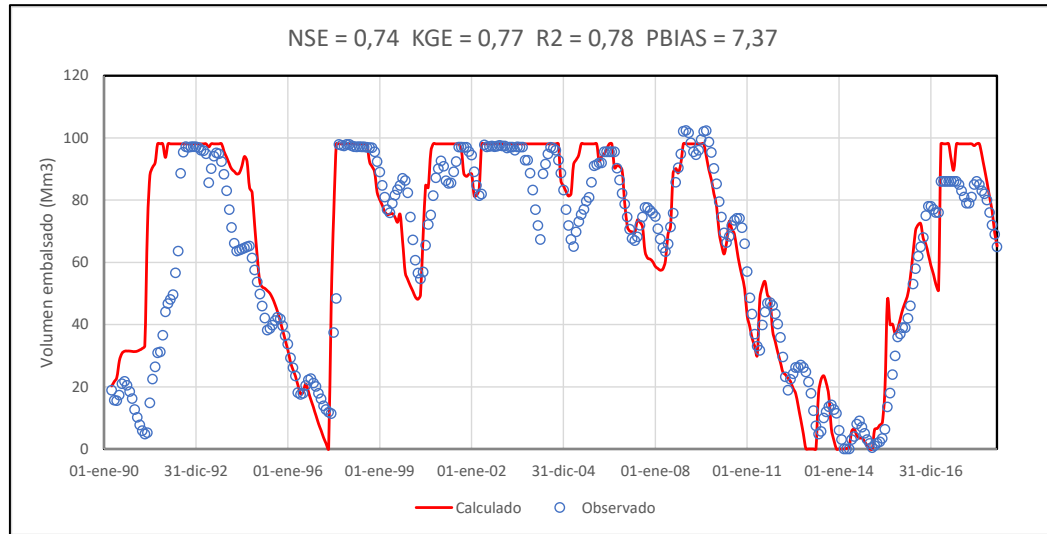


Figura 5.1-3 Calibración embalse Recoleta 2001-2019

Además, se aprecia que, en todos los casos, se encuentra bien representado los llenados y desembalses históricos en los periodos 2009-2014 y 2014-2017, respectivamente, para los embalses La Paloma y Recoleta.

De esta forma es posible establecer que se cuenta con un modelo *autocontenido* (dependiente únicamente de variables meteorológicas del Balance Hídrico Nacional), capaz de representar de buena manera los aspectos relevantes que permitan realizar una correcta gestión del recurso hídrico a nivel de cuenca.

Niveles Simulados-Observados y Flujos de Intercambio

Se observa una buena calidad en los ajustes del periodo 1992-2019; con un MAE y RMS normalizado inferior a 5% y un valor del error de balance inferior al 1% para todo el periodo de modelación acorde con los criterios de cierre recomendados por la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA".

De manera de poder revisar el balance hidrogeológico en cada SHAC, se presenta en la Tabla 5.1-1 la nomenclatura a utilizar.

Tabla 5.1-1 Nomenclatura usada para SHACs Limarí

SHAC Nombre	SHAC ID	SHAC Nombre	SHAC ID
Limarí Desembocadura	LD	Río Ponio	RP
Punitaqui	P	Río Pama	Rpa
Río Limarí	RL	Combarbalá	Com
El Ingenio	EI	Cogoti	Cog
Higuerilla	H	Río Grande	RG
Q. Grande	QG	Río Rapel	RR
Guatulame	G	Río Hurtado	RH

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.1-2 se presenta el balance hídrico del modelo integrado para el periodo 1992-2019. Si bien el modelo inicia en abril de 1990, los dos primeros años se consideran de "calentamiento" del modelo, durante los cuales las variables del modelo tienden al equilibrio del sistema.

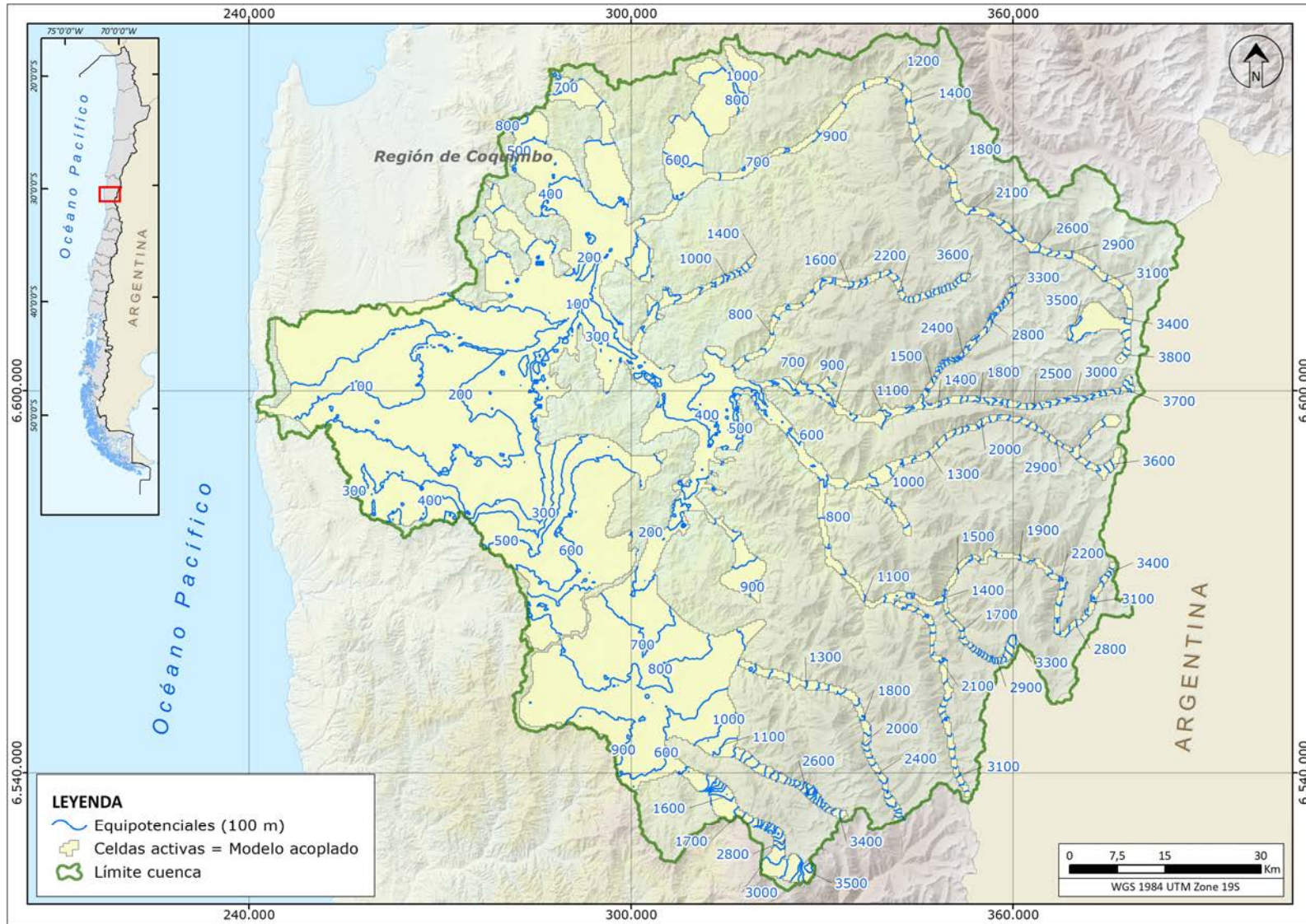
Tabla 5.1-2 Balance Hídrico por SHAC en Periodo 1992-2019, modelo integrado

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuifero	1,9	4,7	109,7	38,1	0,1	1,1	1,1	
Entradas extras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	7,3	
Recarga desde río	11,8	295,3	746,3	128,0	23,9	45,3	85,4	
Recarga superficial	10,4	407,1	346,5	112,7	7,1	39,8	209,0	
Total	24,1	707,0	1.202,4	278,8	31,4	86,1	302,8	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuifero	2,5	3,4	5,6	1,4	9,7	0,9	0,1	
Entradas extras	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0	12,6	48,7
Recarga desde río	32,0	47,9	27,3	39,6	221,2	29,5	107,2	1.840,7
Recarga superficial	4,7	45,3	32,7	28,1	103,1	94,6	29,2	1.470,4
Total	39,3	96,7	65,6	69,0	362,4	125,1	149,1	3.359,7
Salidas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuifero	0,1	12,2	43,4	84,2	0,7	0,8	2,4	
Afloramiento río	17,3	553,7	1.246,9	243,2	19,2	48,8	129,5	
Pozos de bombeo	0,7	234,0	204,2	130,7	2,0	14,0	72,1	
Descarga mar/otros	2,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	14,3	
Total	20,2	799,9	1.494,5	458,1	22,5	63,5	218,3	
Var. Almacenamiento	4,0	-92,9	-292,1	-179,3	8,9	22,6	84,5	
Salidas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuifero	4,8	3,0	4,8	2,5	5,0	3,6	12,7	
Afloramiento río	37,0	101,3	83,7	57,8	361,6	247,2	103,4	3.250,6
Pozos de bombeo	0,0	13,8	9,6	1,6	40,3	10,0	1,0	733,9
Descarga mar/otros	0,0	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	0,5	40,2
Total	41,8	118,1	120,7	62,0	406,9	260,8	117,6	4.024,6
Var. Almacenamiento	-2,5	-21,5	-55,1	7,1	-44,5	-135,8	31,5	-665,0

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el modelo integrado representa de buena manera la evolución histórica de los niveles freáticos en los pozos de observación DGA. Se verifica una tendencia relativamente plana en los registros y resultados de modelación, existiendo variaciones como en el pozo Asentamiento Unión Campesina (Pun_5) y en los pozos Pun_3 y Pun_6 (Apéndice H-4) en los cuales no es posible reproducir la baja de niveles observada desde el año 2011. La correcta reproducción de niveles dinámicos se asocia directamente a la posibilidad de incluir las extracciones efectivas en el dominio de modelación. El modelo ha estimado las demandas subterráneas de acuerdo a la base de derechos registrados en la DGA, existiendo una brecha de información que se

estima posible de subsanar mediante la realización de un catastro de extracciones y la inclusión de la información que se ha comenzado a incorporar dentro de la plataforma de la DGA de Monitoreo Efectivo de Extracciones. A pesar de lo anterior, este registro se considera de impacto puntual y no una tendencia generalizada en el SHAC o la cuenca, lo cual se apoya en el registro del resto de la red DGA y en el mapa de equipotenciales resultantes para marzo de 2019 presentada en la Figura 5.1-4. Mediante estas curvas, se verifica la inexistencia de conos de depresión que darían cuenta de una fuerte explotación del sistema, observándose más bien un descenso suave de los niveles en sentido del flujo preferencial de cada cuenca asociados al descenso de cota altimétrica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-4 Curvas Equipotenciales Modelo Integrado marzo 2019

5.1.2 Situación proyectada

5.1.2.1 Selección de Modelo de Circulación General Disponibles

Conforme a lo especificado en el acápite 3.4.8 del Anexo F, para la evaluación de los dos escenarios de cambio climático (CC) del PEGH, se seleccionan los Modelos de Circulación General (MCG) que generan las menores variaciones de precipitación y escorrentía para las cuencas, según lo especificado en la Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018c)

En particular, en el caso de Limarí, los modelos seleccionados como prioridad 1 y 2 para ser evaluados fueron CSIRO y CCSM4 respectivamente.

De esta manera, los escenarios que se evalúan, de manera de verificar el correcto funcionamiento de los modelos integrados en la situación futura (2019-2050) se implementan según lo especificados en la Tabla 5.1-3, tomando como base el modelo calibrado integrado WEAP-GWV (1992-2019) descrito en los acápites anteriores.

Tabla 5.1-3 Escenarios de cambio climático modelados

Escenarios CC	Periodo	OBS
E1 CC	Abr 2019 - Mar 2050	
Forzantes	Abr 2019 - Mar 2050	MCG CSIRO
Demandas	Abr 2019 - Mar 2050	Replicadas desde 2019 para analizar variación de oferta hídrica y cómo responde el sistema para garantizar funcionamiento
E2 CC	Abr 2019 - Mar 2050	
Forzantes	Abr 2019 - Mar 2050	MCG CCSM4
Demandas	Abr 2019 - Mar 2050	Replicadas desde 2019 para analizar variación de oferta hídrica y cómo responde el sistema para garantizar funcionamiento

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el análisis comparativo en términos de balances hídricos, los modelos fueron comparados en ventanas de tiempo equivalentes. Es decir, ya que la modelación de escenarios se realiza hasta el año 2050, y que el modelo calibrado comprende el período 1992-2019, la ventana de comparación futura fue 2023-2050.

Conforme a lo especificado, en los siguientes puntos se describen los principales resultados comparativos y selección del MCG para evaluar los escenarios. El análisis en detalle es posible consultarlo en el Capítulo 5 del Anexo H.

Comparaciones de Resultados E1 CC y E2 CC

En términos generales, es importante destacar que ambos modelos pudieron ser ejecutados de manera integrada entre 2019-2050, sin presentar problemas de convergencia ni inestabilidad numérica, dada la implementación de las forzantes del cambio climático.

Para comparar el descenso promedio de niveles entre ambos modelos, en la Tabla 5.1-4 se presenta el análisis, considerando la diferencia para la totalidad de celdas activas que comprenden cada SHAC.

Tabla 5.1-4 Descenso promedio entre 2019-2050 para E1 CC y E2 CC

SHAC	Descenso promedio (m)		SHAC	Descenso promedio (m)	
	E1 CC	E2 CC		E1 CC	E2 CC
L. Desemb.	0,00	-0,06	Río Ponio	-0,08	-0,16
Punitaqui	-0,16	-0,52	Río Pama	-0,13	-0,34
Río Limarí	-1,15	-1,45	Combarbalá	0,51	0,33
El Ingenio	0,62	0,13	Cogotí	-0,22	-0,39
Higuerilla	-0,11	-0,18	Río Grande	-0,17	-0,65
Q. Grande	-0,07	-0,20	Río Rapel	-0,36	-1,39
Guatulame	-1,44	-1,91	Río Hurtado	-0,06	-0,15

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la recarga superficial, CSIRO presenta una reducción del 6%, mientras que CCSM4 presenta un incremento de 3% en esta componente. Es importante considerar que para la evaluación del escenario no se consideró un incremento en la demanda de riego.

Finalmente, para la oferta superficial, al considerar la variación del caudal promedio simulado entre 1992-2019 y 2023-2050, en las estaciones fluviométricas que registra mejor calibración en el periodo histórico, los modelos de cambio climático indican una variación de la escorrentía superficial de un -2,3% y +7% para el MCG CSIRO y CCSM4, respectivamente. Lo anterior es concordante para el MCG CSIRO, con los resultados de la modelación hidrológica de DGA (2018), en el cual, según lo especificado en el acápite 3.4.8 del Anexo F, se espera una variación porcentual de -4% en la escorrentía de la cuenca; al comparar las ventanas 1985-2015 y 2030-2060.

Modelo de Circulación General Seleccionado para evaluar Escenarios

Conforme a lo anterior, se escogió el MCG CSIRO como representativo del cambio climático para la evaluación de escenarios del PEGH Limarí, puesto que presenta una condición más desfavorable en términos subterráneos, ya que presenta mayores descensos y menor recarga en el sistema; y también una condición más desfavorable en términos superficiales, ya que presenta una disminución de la oferta superficial (siendo concordante con lo planteado en DGA (2018c)). En este sentido, el escenario de cambio climático con MCG CSIRO se denomina E CC.

5.1.2.2 Escenario 1: Caso Base

Esta simulación futura de la cuenca de Limarí, corresponde a la situación en la cual la oferta natural de la cuenca está dada por la implementación de las forzantes meteorológicas obtenidas del MCG CSIRO, de acuerdo a lo determinado en el acápite anterior; la demanda se proyecta principalmente debido a la actividad agrícola de la zona; y se implementan las iniciativas de gestión en la cuenca que se realizarán con certeza como base entre 2019 y 2050.

Si bien las condiciones de simulación del modelo base se definieron en la construcción del modelo integrado calibrado (Anexo H), en la Tabla 5.1-6 se presenta un resumen con las principales características numéricas del modelo integrado para escenario 1, evaluación 2019-2050.

Tabla 5.1-5 Descripción Escenario 1, Caso Base

Escenarios	Periodo	OBS
E1	Abr 2019 - Mar 2050	
Forzantes	Abr 2019 - Mar 2050	MCG CSIRO
Demandas	Abr 2019 - Mar 2050	Proyección de demandas a 2050
Iniciativas Base	-	Implementación Embalse Valle Hermoso desde 2020

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.1-6 Características Básicas Modelo Integrado E1

Item	Descripción
Periodo de modelación	Abr 1992 - Mar 2050 (1992-2019 corresponde a modelo calibrado)
Periodo de evaluación	Abr 2019 - Mar 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC

Fuente: Elaboración propia.

5.2 BRECHAS

5.2.1 Resultados de Escenario Cambio Climático Seleccionado

El análisis de resultados de manera detallada se presenta en el Capítulo 5 del Anexo H, mientras que los resultados de la implementación del escenario E CC se encuentran en los Apéndices H-4 y H-5.

Para realizar un análisis comparativo en términos de balances hídricos, los modelos fueron comparados en ventanas de tiempo equivalentes; puesto que el modelo calibrado comprende el período 1992-2019, la ventana de comparación futura utilizada fue 2023-2050.

En términos generales, se aprecia un incremento en los flujos proyectados para probabilidades de excedencia entre un 5% y 20%, aproximadamente. Así también, para probabilidades de excedencia sobre 40% se observa una baja en los flujos proyectados.

En la estacionalidad promedio proyectada se aprecia que el peak del régimen nival del río se adelanta desde noviembre a octubre, probablemente debido al aumento de las temperaturas; así también, es de menor magnitud. A su vez, las estaciones que presentaron una mejor calibración en la ventana 1992-2019, muestran una reducción de la escorrentía promedio para la ventana 2023-2050, de aproximadamente un 2,3%.

En cuanto a la componente subterránea se presenta la Tabla 5.2-1, la cual muestra la variación en el balance hídrico en l/s entre el modelo integrado calibrado (1992-2019) y el escenario de cambio climático.

Tabla 5.2-1 Variación en l/s entre el modelo integrado calibrado (1992-2019) y Escenario Cambio Climático, Entradas modelo 2023-2050

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	0,1	-1,6	-28,4	-0,1	0,0	0,3	0,0	
Entradas extras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,0	
Recarga desde río	0,1	9,6	-120,0	14,9	0,5	-0,6	-3,9	
Recarga superficial	-0,9	-16,7	-59,1	-2,1	-0,6	-3,6	-32,2	
Total	-0,7	-8,8	-207,5	12,7	-0,1	-3,9	-43,2	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	-2,2	-0,7	0,1	0,0	-1,7	-0,8	0,0	
Entradas extras	0,0	2,7	0,0	0,0	-26,4	0,0	-0,1	-30,8
Recarga desde río	0,1	2,2	4,1	1,2	-21,2	1,3	-9,6	-121,1
Recarga superficial	-0,3	10,1	-2,5	-2,2	-12,6	-9,3	-8,5	-140,6
Total	-2,4	14,2	1,7	-0,9	-61,8	-8,8	-18,2	-292,5

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados con los obtenidos en el modelo integrado calibrado (1992-2019), se observa que la disminución de precipitación repercutiría en la disminución de la recarga. Cabe recordar que el escenario de cambio climático considera demandas replicadas desde 2019 a 2050, por lo que no hay una variación en la recarga por concepto de riego que genere la variación. En este sentido, el escenario de cambio climático genera una disminución en las entradas totales al sistema de un 8%, pasando de 3.360 l/s en la ventana 1994-2019, a 3.067 l/s en la proyección futura.

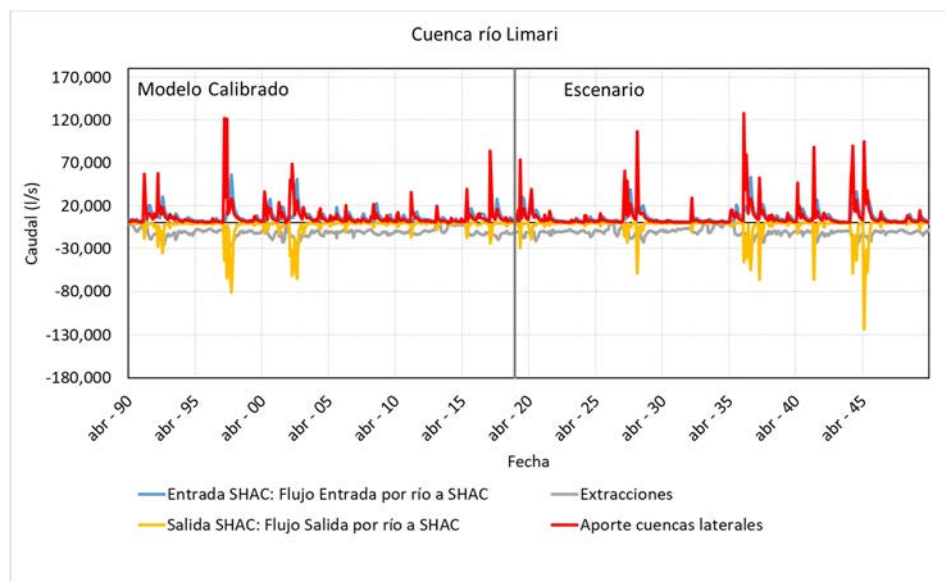
En particular, el SHAC de Río Limarí es el que más flujo deja de recargar, con 292 l/s; siguiéndolo Guatulame y Río Hurtado con 182 l/s y 21 l/s, respectivamente.

En consecuencia, respecto al escenario de cambio climático, la principal brecha detectada ante variación de la oferta hídrica (precipitación y escorrentía), es que ésta repercute directamente en una disminución de la recarga al acuífero del Limarí.

5.2.2 Resultados Escenario 1: Caso Base

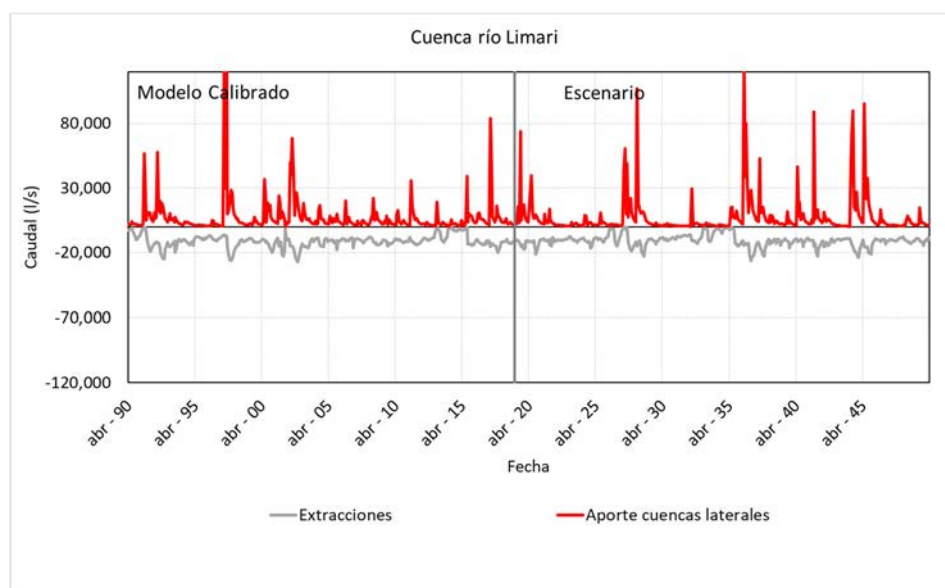
De acuerdo al planteamiento del escenario 1, Caso Base, presentado en el acápite 5.1.2.2, a continuación, se presentan los resultados de dicha modelación. El análisis detallado a nivel de SHAC se presenta en el Capítulo 5 del Anexo H, mientras que la totalidad de los resultados se encuentra en los Apéndices H-4 y H-5 del Anexo H.

En la Figura 5.2-1 se presentan las principales componentes del balance hídrico superficial de la cuenca del río Limarí; entrada y salida superficial, aporte de cuencas laterales, y extracciones; en función del tiempo para el periodo de modelación. Complementando lo anterior, en la Figura 5.2-2 se presentan las componentes sin considerar los caudales de entrada y salida para ver la variabilidad del resto de las componentes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-1 Componentes Balance Hídrico Superficial en Limarí



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-2 Extracciones y aportes intermedios cuenca Limarí

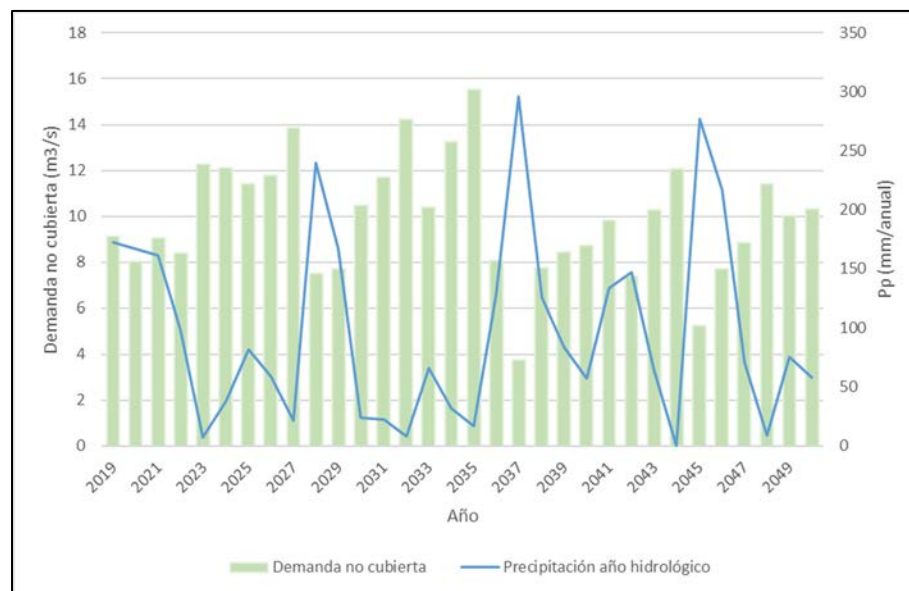
En términos generales, y al igual que en el periodo base, los flujos de entrada y salida por tramos son la mayor componente simulada en el balance superficial futuro. Así también, el aporte de las cuencas laterales tiene un rol importante, puesto que generan

gran parte de la escorrentía que escurre por la cuenca del Limarí. En este sentido, la simulación futura en la ventana 2019-2050 indica que esta configuración se mantiene como la situación del caso base.

De las Figuras es posible observar que, en general, la oferta hídrica en la cuenca (aportes laterales y flujos de entrada), disminuye levemente el flujo base aportante para el periodo 2019-2050, en relación al periodo 1992-2019; así como los peaks son más marcados; situaciones que fueron mencionadas en el acápite referente al escenario de cambio climático.

Un punto importante que se aprecia de los gráficos, es que la extracción de la cuenca no varía en tendencia ni valor promedio. Sí lo hace en su variabilidad, puesto que depende directamente del régimen hidrológico, como se observa al compararla con la serie de caudal lateral ingresado en la cuenca. Cuando hay más oferta hídrica, aumenta el caudal extraído, y cuando hay menos flujo por el río, disminuye la cantidad extraída. En este sentido, es importante destacar que la demanda futura proyecta modificaciones de cultivos en las zonas de riego, que, sumado al nivel de tecnificación de riego en la cuenca, mantienen una demanda en torno a los 19 m³/s.

Por otra parte, para el volumen de demanda insatisfecha anual a nivel de cuenca, se identifica cierta relación de la variable con la precipitación anual, como se observa en la Figura 5.2-3. Para ciclos como el periodo 2030-2035 la demanda insatisfecha en la cuenca es del orden de 12 m³/s, con una precipitación media anual del de aproximadamente 30 mm; mientras que en la ventana 2036-2038 la demanda insatisfecha bordea 6 m³/s, con una precipitación media anual de aproximadamente 180 mm. Por lo anterior, se establece que la precipitación es una componente que influye considerablemente en el contexto de la proyección de los cultivos y una progresiva tecnificación del riego.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-3 Brechas demanda superficial periodo 2019-2050

Respecto al sistema subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5.2-2 se presenta el resultado del balance hídrico para el periodo 2023-2050 y en la Tabla 5.2-3 la variación entre el modelo integrado calibrado en el periodo 1992 – 2019 frente al Escenario 1.

Al comparar los resultados con los obtenidos en el modelo integrado calibrado (1992-2019), se observa la disminución de las entradas totales al sistema en un 10% (desde 3.360 l/s a 3.016 l/s), por concepto de la disminución de la oferta superficial debido a la proyección de cambio climático, mencionado en el acápite anterior, y a la tecnificación del riego en la cuenca.

El desembalse del acuífero, para la ventana 2023-2050, se estima de 483 l/s promedio, disminuyendo respecto del periodo de calibración, principalmente debido a que el incremento del bombeo promedio en el sistema es sopesado por una baja considerable en el afloramiento neto de éste. Es decir, la baja en la recarga superficial del sistema, junto al incremento del bombeo en la proyección a 2050, repercuten en el afloramiento promedio del modelo subterráneo, respecto de la ventana de comparación base.

El SHAC más afectado es Punitaqui, el cual desembalsa 60 l/s más en la ventana futura, puesto que por concepto de recarga superficial deja de recibir del orden de 40 l/s. A este SHAC le sigue Guatulame, con un incremento del desembalse de 84 l/s.

Tabla 5.2-2 Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2023-2050

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	1,9	3,0	81,5	38,1	0,1	1,4	1,1	
Entradas extras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	
Recarga desde río	11,9	308,8	633,5	144,3	24,4	44,7	82,1	
Recarga superficial	9,6	367,6	243,9	111,4	6,5	36,2	168,8	
Total	23,4	679,4	958,9	293,8	31,3	82,3	252,3	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	0,3	2,7	5,7	1,4	8,0	0,1	0,0	
Entradas extras	0,0	2,7	0,0	0,0	2,0	0,0	12,6	17,9
Recarga desde río	32,2	50,1	31,4	41,9	200,7	30,9	98,1	1.734,8
Recarga superficial	4,4	56,2	30,2	25,9	93,1	88,6	21,2	1.263,5
Total	36,9	111,6	67,3	69,2	303,8	119,6	131,9	3.016,2
Salidas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	0,1	8,6	41,8	59,8	0,7	0,7	2,7	
Afloramiento río	17,2	320,2	674,6	142,8	18,7	45,7	93,8	
Pozos de bombeo	5,9	503,8	272,2	261,2	5,3	53,4	128,4	
Descarga mar/otros	2,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	26,3	
Total	25,2	832,6	988,6	463,8	25,4	99,8	251,2	
Var. Almacenamiento	-1,9	-153,2	-29,8	-170,1	6,0	-17,6	1,0	
Salidas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	4,7	3,1	4,1	2,8	1,7	2,0	12,7	
Afloramiento río	32,1	83,0	62,9	53,4	243,2	163,4	104,0	2.054,8
Pozos de bombeo	0,0	35,0	17,5	10,0	74,2	25,9	6,8	1.399,6
Descarga mar/otros	0,0	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,5	45,0
Total	36,8	121,1	99,8	66,2	319,1	191,3	123,9	3.499,4
Var. Almacenamiento	0,1	-9,4	-32,5	3,0	-15,3	-71,7	7,9	-483,3

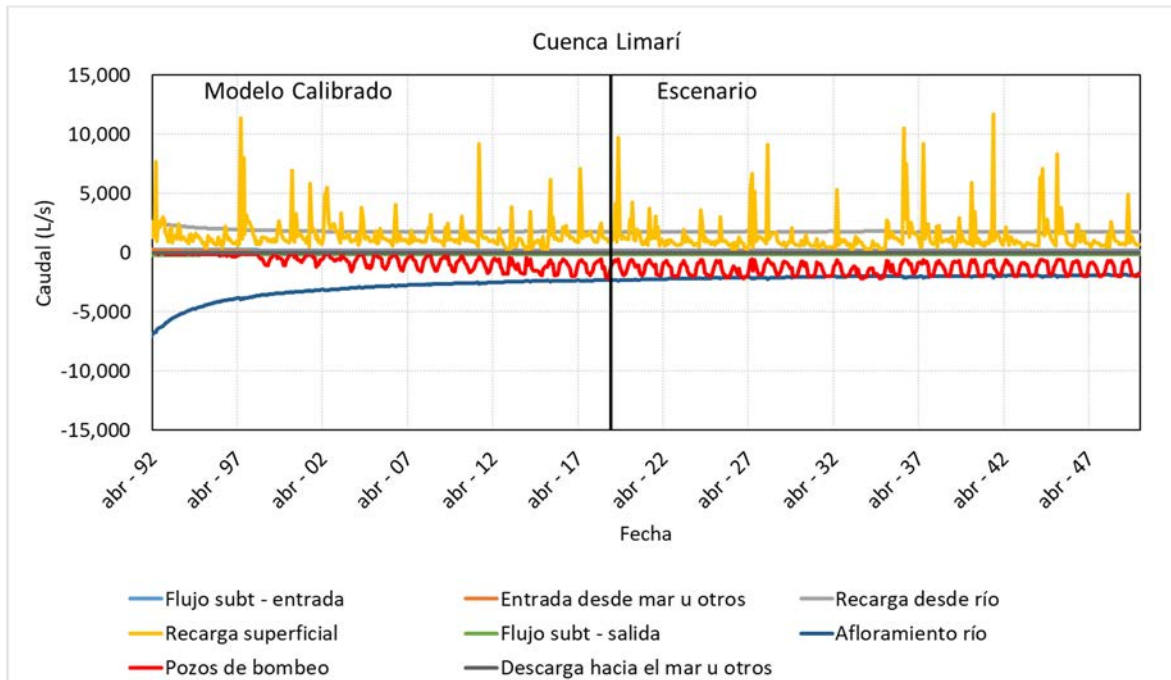
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2-3 Variación en I/s entre el modelo integrado calibrado (1992-2019) y Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2023-2050

Entradas (I/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	0,0	-1,7	-28,2	0,0	0,0	0,3	0,0	
Entradas extras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,0	
Recarga desde río	0,1	13,5	-112,8	16,3	0,5	-0,6	-3,3	
Recarga superficial	-0,9	-39,5	-102,6	-1,3	-0,6	-3,6	-40,2	
Total	-0,8	-27,6	-243,6	15,0	-0,1	-3,9	-50,6	
Entradas (I/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	-2,2	-0,7	0,1	0,0	-1,7	-0,8	0,0	
Entradas extras	0,0	2,7	0,0	0,0	-26,4	0,0	-0,1	-30,8
Recarga desde río	0,1	2,1	4,1	2,3	-20,5	1,4	-9,2	-105,8
Recarga superficial	-0,3	10,9	-2,5	-2,2	-10,0	-6,1	-8,0	-206,9
Total	-2,4	15,0	1,7	0,2	-58,6	-5,5	-17,3	-343,5
Salidas (I/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	0,0	-3,6	-1,6	-24,4	0,0	-0,1	0,3	
Afloramiento río	-0,1	-233,5	-572,3	-100,4	-0,5	-3,1	-35,7	
Pozos de bombeo	5,2	269,8	68,1	130,5	3,4	39,5	56,4	
Descarga mar/otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	
Total	5,1	32,7	-505,9	5,8	2,9	36,3	32,9	
Var. Almacenamiento	-5,9	-60,3	262,3	9,2	-2,9	-40,2	-83,5	
Salidas (I/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	-0,2	0,1	-0,7	0,3	-3,3	-1,6	0,0	
Afloramiento río	-4,8	-18,3	-20,8	-4,5	-118,4	-83,8	0,6	-1.195,7
Pozos de bombeo	0,0	21,2	7,9	8,4	33,9	15,8	5,7	665,7
Descarga mar/otros	0,0	0,0	-7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
Total	-5,0	2,9	-20,9	4,2	-87,8	-69,6	6,3	-525,2
Var. Almacenamiento	2,6	12,1	22,6	-4,0	29,2	64,1	-23,6	181,7

Fuente: Elaboración propia.

De manera de tener una visión integral de las componentes que formulan el balance subterráneo, en la Figura 5.2-4 se presentan las variables a nivel de cuenca Limarí.

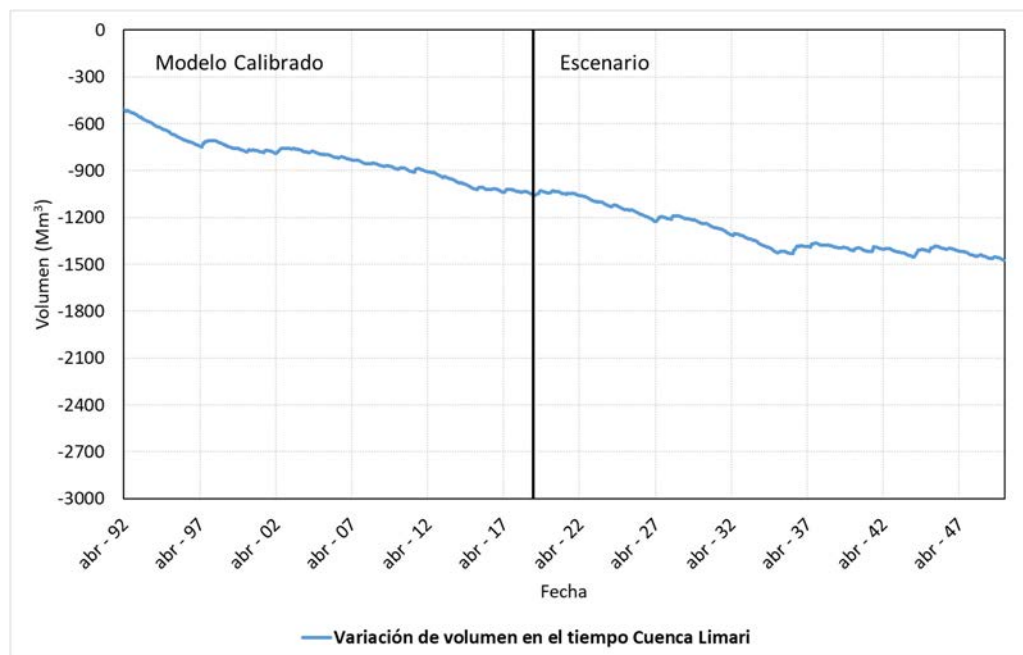


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-4 Componentes de Balance Hídrico Subterráneo Cuenca Limarí – Escenario 1

Es importante observar el comportamiento de la recarga y afloramientos de río, los cuales tienden a estabilizarse en el tiempo. En este aspecto, es importante recordar, que, de acuerdo a lo estipulado en el acápite 3.4 del Anexo F, el modelo integrado no incorpora la variabilidad del elemento "río" en la modelación, por lo que la componente se estabiliza en un afloramiento neto del orden de los 340 l/s, dando la variabilidad al sistema en la ventana futura la recarga superficial, y la demanda de las extracciones subterráneas; obtenidas desde la integración con WEAP.

Finalmente, en la Figura 5.2-5, se presenta la variación del volumen almacenado de agua en la cuenca del Limarí. Cabe mencionar, que tal como se detalla en el acápite 5.2.2 del Anexo H, se estima que el modelo base subterráneo considerado en el modelo integrado, cuenta con una profundidad al basamento rocoso que tiende a sobreestimar la profundidad a la que éste realmente se encontraría. Trabajos posteriores, como SERNAGEOMIN (2019), han incorporado nueva información estratigráfica a la cuenca, que permitiría realizar mejores estimaciones de la geometría del acuífero, y por ende, del embalsamiento en la cuenca. De esta manera, el siguiente gráfico se presenta de manera esquemática, de forma de poder ver la tendencia de embalse y desembalse en el periodo de modelación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-5 Variación del volumen en el tiempo embalsado en Cuenca Limarí

Se observa que la cuenca del Limarí desembalsa aproximadamente 364 Mm³ entre 2019 y 2050, a una tasa promedio de 377 l/s. En particular, desde aproximadamente el año 2035 se observa una atenuación en la curva de desembalse, dado el incremento en recarga superficial (Figura 5.2-4), como consecuencia del aumento de precipitaciones (Figura 5.2-3) y escorrentía superficial (Figura 5.2-1), en el periodo 2035-2040. Esto indica la estricta dependencia del volumen almacenado con el régimen de precipitaciones que se registre en la cuenca.

En conclusión, una vez desglosados los análisis para las componentes superficial y subterráneas, y la proyección de demanda insatisfecha en la cuenca, las principales brechas detectadas en la simulación de E1, Caso Base (2019-2050), se resumen en:

- Disminución de oferta hídrica superficial (flujos laterales y de cabecera)
- Aumento de demanda no cubierta hacia el año 2035.
- Disminución de recarga superficial en cuenca, como consecuencia del cambio climático y la tecnificación de cultivos.
- Desembalse de la cuenca del Limarí de 364 Mm³, con un promedio de 377 l/s.

5.3 SUSTENTABILIDAD

5.3.1 Oferta Hídrica Sustentable Superficial Actual y proyectada

De acuerdo a la metodología expuesta en el acápite 3.4.6 del Anexo F, se realiza un análisis sobre las subcuencas de del río Hurtado, río Grande, río Cogotí y río Limarí, para efectos de evaluar la oferta hídrica sustentable del sistema. Los siguientes apartados presentan un resumen de los resultados obtenidos. El detalle del trabajo realizado se encuentra en el Apéndice H-6.

5.3.1.1 Curvas de variación estacional

Las subcuencas poseen regímenes mixtos y pluviales, heredados principalmente del régimen de las cuencas de cabecera y laterales. El detalle de las curvas de variación estacional se presenta en el Apéndice H-6.

5.3.1.2 Actualizar los derechos otorgados, en trámite, de todo tipo y distribución

Las Tabla 5.3-1 a Tabla 5.3-4 presentan los flujos totales asociados a Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales (DAAS) Eventuales y Permanentes para cada subcuenca.

Tabla 5.3-1 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Hurtado (m³/s)

Ejercicio	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Event.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perman.	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,21	2,22	2,22

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-2 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Grande (m³/s)

Ejercicio	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Event.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Perman.	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-3 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Cogotí (m³/s)

Ejercicio	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Event.	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Perman.	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-4 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para subcuenca río Limarí (m³/s)

Ejercicio	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Event.	2,63	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	2,63	2,63	2,63	2,63
Perman.	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Oferta hídrica sustentable y caudal ecológico

A partir de los caudales modelados se estima el caudal ecológico, que se presenta en la Tabla 5.3-5. Para la determinación de este caudal se considera un caudal igual al 50% del caudal mínimo de estiaje del año a un 95% de probabilidad de excedencia.

Tabla 5.3-5 Caudales ecológicos para las cuencas analizadas

Cuenca	Q ecológico (m ³ /s)
Río Hurtado	0,28
Río Grande	0,80
Río Cogotí	0,20
Río Limarí	1,32

Fuente: Elaboración propia.

En base al caudal ecológico estimado, DAAS y generación de escorrentía del sistema, se calcula la oferta hídrica en cada una de las subcuencas y los saldos que se transfieren. Con esto, es posible calcular la oferta hídrica en cada una de las cuencas y los saldos que se heredan de cada tramo hacia el tramo siguiente.

Tabla 5.3-6 Oferta hídrica del río Hurtado (m³/s)

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	6,26	20,02	16,37	16,57	25,02	4,89	6,53	11,48	14,78	14,28	11,32	7,63
Eventual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q85%	0,95	0,92	1,45	1,36	1,14	1,21	1,13	1,15	0,94	0,88	0,96	0,99
Perman.	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
Q ecol	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Saldo Eventual	5,98	19,73	16,08	16,29	24,74	4,61	6,25	11,20	14,50	13,99	11,04	7,35
Saldo Perman.	-1,55	-1,58	-1,06	-1,14	-1,36	-1,29	-1,37	-1,35	-1,56	-1,62	-1,54	-1,52

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5.3-6 se puede desprender que, en términos de derechos eventuales la oferta hídrica no presenta un déficit del recurso. En el caso permanente, la oferta hídrica presenta un déficit del recurso en todos los meses del año.

Tabla 5.3-7 Oferta hídrica del río Grande

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	13,54	22,46	33,86	19,52	28,65	20,97	46,02	59,53	52,79	34,10	23,32	15,96
Eventual	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Q85%	2,24	2,59	3,37	2,79	2,97	3,30	6,10	5,21	3,68	2,88	2,71	2,40
Perman.	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,31	5,37	5,37
Q ecol	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Saldo Eventual	12,72	21,65	33,05	18,71	27,84	20,15	45,21	58,71	51,98	33,29	22,51	15,14
Saldo Perman.	-3,93	-3,57	-2,79	-3,38	-3,19	-2,86	-0,06	-0,95	-2,48	-3,23	-3,45	-3,76

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5.3-7 se puede desprender que, en términos de derechos eventuales la oferta hídrica no presenta un déficit del recurso. En el caso permanente, la oferta hídrica presenta un déficit del recurso en todos los meses del año.

Tabla 5.3-8 Oferta hídrica del río Cogotí

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	3,85	24,92	37,17	15,16	39,51	13,77	17,03	25,90	22,82	10,38	4,12	3,14
Eventual	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Q85%	0,52	0,64	0,99	1,31	1,26	1,32	1,44	1,21	0,81	0,71	0,57	0,44
Perman.	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,06	6,18	6,18	6,18
Q ecol	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Saldo Eventual	3,58	24,65	36,90	14,89	39,24	13,50	16,76	25,63	22,55	10,10	3,84	2,87
Saldo Perman.	-5,85	-5,73	-5,38	-5,06	-5,11	-5,05	-4,93	-5,16	-5,45	-5,66	-5,80	-5,93

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5.3-8 se puede desprender que, en términos de derechos eventuales la oferta hídrica no presenta un déficit del recurso. En el caso permanente, la oferta hídrica presenta un déficit del recurso en todos los meses del año.

A partir del saldo eventual y permanente de las subcuencas río Cogotí, río Grande y río Hurtado, se migran los caudales a la subcuenca del río Limarí, en el caso de valores negativos se consideran como cero, ya que no hay oferta que pueda trasladarse al nodo siguiente. Con esto se establece la oferta hídrica para la subcuenca del Río Limarí, como se muestra en la Tabla 5.3-9.

Tabla 5.3-9 Oferta Hídrica de Río Limarí

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	22,22	84,50	113,62	59,27	116,71	37,85	67,83	93,26	88,16	57,26	37,77	27,02
Eventual	2,63	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	2,63	2,63	2,63	2,63
Saldo E Cogotí	3,58	24,65	36,90	14,89	39,24	13,50	16,76	25,63	22,55	10,10	3,84	2,87
Saldo E Grande	12,72	21,65	33,05	18,71	27,84	20,15	45,21	58,71	51,98	33,29	22,51	15,14
Saldo E Hurtado	5,98	19,73	16,08	16,29	24,74	4,61	6,25	11,20	14,50	13,99	11,04	7,35
Q85%	3,65	4,35	6,91	5,92	6,20	6,43	8,90	7,62	5,23	4,55	4,24	3,67
Perman.	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75
Saldo P Cogotí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saldo P Grande	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saldo P Hurtado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q ecol	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318	1,318
Saldo Eventual	40,56	146,20	195,31	104,82	204,19	71,77	131,72	184,46	173,23	110,69	71,22	48,42
Saldo Perman.	-8,42	-7,72	-5,16	-6,15	-5,87	-5,64	-3,17	-4,45	-6,84	-7,52	-7,83	-8,40

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la zona de desembocadura del Río Limarí, se puede apreciar que en el caso eventual la oferta hídrica es positiva. En el caso permanente, los saldos son negativos todo el año.

5.3.2 Sustentabilidad de Sectores Acuíferos DGA

De acuerdo a la metodología expuesta en el acápite 3.4.7 del Anexo F, el estudio y análisis de los criterios de sustentabilidad se aplica en aquellos SHAC ubicados dentro del dominio del modelo integrado.

Para la implementación de escenarios y análisis de sustentabilidad de los acuíferos, se consideró el modelo descrito en la Tabla 5.3-10, tomando como base el modelo E CC, seleccionado en el acápite 5.1.2.

Tabla 5.3-10 Descripción modelo considerado para sustentabilidad sectores acuíferos

Sustentabilidad Acuifero	Periodo	OBS
Periodo de modelación	Abr 1990 - Mar 2050	-
Periodo de evaluación	Abr 2000 - Mar 2050	-
Forzantes	Abr 2019 - Mar 2050	MCG CSIRO
Demandas	Abr 2019 - Mar 2050	Replicadas desde 2019 a 2050, para ver actual operación de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1 Análisis Sustentabilidad en SHACs

Para la cuenca del río Limarí se han analizado los siguientes SHACs: Limarí Desembocadura, Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuierilla, Punitaqui, Quebrada Grande, Río Grande, Río Pama, Río Ponio, Río Rapel, Río Limarí y Río Hurtado. Inicialmente se procedió determinando la condición actual de cada SHAC, definidas a través de la declaración de restricción y prohibición de la DGA, presentadas en la Tabla 5.3-11.

Tabla 5.3-11 Condicion Actual SHACs Limarí

SHAC	Condición
Cogotí	Cerrado
Combarbalá	Cerrado
El Ingenio	Cerrado
Guatulame	Cerrado
Higuierilla	Cerrado
Limarí Desembocadura	Abierto
Punitaqui	Abierto
Quebrada Grande	Cerrado
Río Grande	Abierto
Río Pama	Cerrado
Río Ponio	Abierto
Río Rapel	Abierto
Río Limarí	Abierto
Río Hurtado	Abierto

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis de los criterios de sustentabilidad aplicados a la cuenca del río Limarí se presentan de manera individual, a continuación.

Criterio 1: Volumen Sustentable

Utilizando el valor de nivel freático de cada celda activa dentro del dominio de modelación del modelo integrado, se obtuvo la variación del volumen para los 50 años de análisis, siendo sus resultados presentados en la Tabla 5.3-12.

Tabla 5.3-12 Criterio 1 Cuenca Río Limarí

SHAC	$\Delta V50$ (%)	Cumplimiento Criterio
Cogotí	1,39	Cumple
Combarbalá	-2,03	Cumple
El Ingenio	-2,75	Cumple
Guatulame	-1,11	Cumple
Higuerilla	0,71	Cumple
Limarí Desembocadura	0,08	Cumple
Punitaqui	0,53	Cumple
Quebrada Grande	-0,07	Cumple
Río Grande	-0,08	Cumple
Río Pama	-0,50	Cumple
Río Ponio	-0,02	Cumple
Río Rapel	-13,16	No cumple
Río Limarí	-1,55	Cumple
Río Hurtado	0,56	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el volumen de explotación sustentable para un periodo de 50 años corresponde a una variación de 5%, todos los SHACs en estudio, a excepción del SHAC del río Rapel, cumplen el primer criterio.

Conforme al no cumplimiento del criterio 1 por el SHAC río Rapel, se procede al análisis de los siguientes criterios en los SHACs restantes.

Criterio 2: Interferencia Río Acuífero

Este criterio implica inicialmente el cálculo del caudal medio anual con una probabilidad de excedencia del 85% (Q85). Para su obtención, en el modelo superficial WEAP se incorporan estaciones de control de flujo superficial a la salida de cada SHAC. Con aquel valor se definió el caudal máximo de interferencia río acuífero posible para cada SHAC, correspondiente al 10% del Q85. El análisis del criterio se concluye mediante el cálculo de la diferencia en el afloramiento neto entre dos escenarios en el periodo de estudio de 50 años, correspondientes a los escenarios con y sin demanda (ΔQ). Finalmente, los resultados son presentados en la Tabla 5.3-13.

Tabla 5.3-13 Criterio 2 Cuenca Río Limarí

SHAC	Q85% (l/s)	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio
Cogotí	811,75	81,18	0,36	Cumple
Combarbalá	1121,59	112,16	2,90	Cumple
El Ingenio	239,72	23,97	11,24	Cumple
Guatulame	72,95	7,29	4,00	Cumple
Higuerilla	0,35	0,04	0,23	No cumple
Limarí Desembocadura	85,38	8,54	0,00	Cumple
Punitaqui	33,86	3,39	20,62	No cumple
Quebrada Grande	88,34	8,83	0,55	Cumple
Río Grande	2134,92	213,49	12,21	Cumple
Río Pama	81,23	8,12	0,66	Cumple
Río Ponio	516,77	51,68	0,02	Cumple
Río Limarí	637,00	63,70	37,46	Cumple
Río Hurtado	920,54	92,05	0,17	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, se aprecia que los SHACs Higuerilla y Punitaqui no cumplen el criterio 2, superando el afloramiento neto a la restricción de flujo.

Conforme al no cumplimiento del criterio 1 por el SHAC río Rapel y al no cumplimiento del criterio 2 por los SHACs Higuerilla y Punitaqui, se procede análisis de los siguientes criterios para los SHACs restantes.

Criterio 3: Cumplimiento de Demanda Subterránea

Mediante el escenario de simulación que considera un periodo de 50 años, se determinó el porcentaje de cumplimiento de la demanda subterránea en los SHACs Guatulame, Río Ponio, Río Limarí, El Ingenio, Quebrada Grande, Río Hurtado, Río Pama, Río Grande, Cogotí, Combarbalá, Limarí Desembocadura. Actualmente el SHAC Río Ponio no presenta derechos de aprovechamiento subterráneo, por lo cual no es posible verificar el cumplimiento del criterio para este SHAC.

El no cumplimiento de la demanda por parte de una explotación subterránea se asocia a la incapacidad del pozo de seguir bombeando debido al descenso de niveles que deja pozos "colgados" o sin la altura de agua suficiente para la utilización de la bomba. Al no contar con información de la habilitación de cada pozo en la cuenca, los pozos se han incorporado con cribas en todo lo alto del estrato. Por lo tanto, para un mejor análisis del presente criterio se considera necesario un mayor detalle en la representación de las explotaciones subterráneas que permitan obtener valores con un menor grado de incertidumbre. El supuesto base considerado para la evaluación de la sustentabilidad, es que el pozo solo deja de bombear si es que la celda en la cual se encuentra se seca.

La Tabla 5.3-14 sintetiza los resultados de la aplicación del criterio.

Tabla 5.3-14 Criterio 3 Cuenca Río Limarí

SHAC	Demanda Total (l/s)	Demanda Suplida (l/s)	Cumplimiento Demanda (%)	Cumplimiento Criterio
Guatulame	134,96	110,97	88,2	No Cumple
Río Limarí	354,95	341,33	96,2	Cumple
El Ingenio	370,34	221,53	59,8	No Cumple
Quebrada Grande	43,19	40,62	94,0	No Cumple
Río Hurtado	3,70	3,70	100,0	Cumple
Río Pama	32,13	28,89	89,9	No Cumple
Río Grande	62,83	61,59	98,0	Cumple
Cogotí	5,67	5,67	100,0	Cumple
Combarbalá	13,00	13,00	100,0	Cumple
Limarí Desembocadura	3,65	3,65	100,0	Cumple
Río Ponio	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el criterio supone un cumplimiento del 95% de la demanda, los SHACs Río Limarí, Río Hurtado, Río Grande, Cogotí, Combarbalá, Limarí Desembocadura, cumplen el criterio y se procederá a analizar el cumplimiento del criterio 4.

Criterio 4: Pozos Secos

Este criterio plantea que no debe haber más de un 5% de pozos desconectados o colgados. De igual manera que para el criterio 3, debido a que el SHAC Río Ponio no posee derechos de aprovechamiento subterráneo constituidos, su análisis no se realizó.

Tabla 5.3-15 Criterio 4 Cuenca Río Limarí

SHAC	Pozos Totales	Pozos secos	Porcentaje de pozos secos (%)	Cumplimiento Criterio
Río Limarí	161	14	8,70%	No Cumple
Río Hurtado	46	0	0,00%	Cumple
Río Grande	25	3	12,00%	No Cumple
Cogotí	33	0	0,00%	Cumple
Combarbalá	50	0	0,00%	Cumple
Limarí Desembocadura	8	0	0,00%	Cumple
Río Ponio	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Los SHACs río Hurtado, Cogotí, Combarbalá, Limarí Desembocadura y Río Ponio cumplen el criterio 4 y serán analizados en el criterio 5.

Criterio 5: Afectación SHACs Abiertos

El presente criterio busca que el aumento de extracciones en un SHAC no afecte la disponibilidad hídrica de otro SHAC. Para ello, se procede a aumentar en 25 l/s la demanda en los SHACs río Hurtado, Cogotí, Combarbalá y Limarí Desembocadura y re-evaluar los criterios 1 a 4. No fue posible la evaluación de este criterio para el SHAC río Ponio debido a que no cumple los requerimientos del criterio. En la Tabla 5.3-16 a Tabla 5.3-19 se presenta un resumen de esta evaluación.

Tabla 5.3-16 Criterio 5 – Aumento extracciones en SHAC Río Hurtado

SHAC	ΔV_{50}	Cumplimiento Criterio 1	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio 2	Cumplimiento Criterio 5
Cogotí	-0,13	Cumple	81,18	1,91	Cumple	No cumple
Combarbalá	1,07	Cumple	112,16	7,00	Cumple	
El Ingenio	0,58	Cumple	23,97	56,08	No cumple	
Guatulame	0,27	Cumple	7,29	42,07	No cumple	
Higuerilla	-0,32	Cumple	0,04	0,45	No cumple	
Limarí Desembocadura	-0,10	Cumple	8,54	0,03	Cumple	
Punitaqui	-0,76	Cumple	3,39	106,67	No cumple	
Quebrada Grande	0,32	Cumple	8,83	1,11	Cumple	
Río Grande	0,32	Cumple	213,49	15,66	Cumple	
Río Pama	0,37	Cumple	8,12	3,18	Cumple	
Río Ponio	0,06	Cumple	51,68	1,59	Cumple	
Río Rapel	6,17	No cumple	-	-	-	
Río Limarí	0,15	Cumple	92,05	180,79	No cumple	
Río Hurtado	0,04	Cumple	81,18	-11,36	Cumple	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-17 Criterio 5 – Aumento extracciones en SHAC Río Cogotí

SHAC	ΔV_{50}	Cumplimiento Criterio 1	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio 2	Cumplimiento Criterio 5
Cogotí	0,01	Cumple	81,18	1,07	Cumple	No cumple
Combarbalá	1,00	Cumple	112,16	8,13	Cumple	
El Ingenio	1,19	Cumple	23,97	37,28	No cumple	
Guatulame	0,91	Cumple	7,29	35,20	No cumple	
Higuerilla	-0,32	Cumple	0,04	0,45	No cumple	
Limarí Desembocadura	-0,10	Cumple	8,54	0,03	Cumple	
Punitaqui	-0,31	Cumple	3,39	70,31	No cumple	
Quebrada Grande	-0,18	Cumple	8,83	1,11	Cumple	
Río Grande	-0,09	Cumple	213,49	4,90	Cumple	
Río Pama	0,34	Cumple	8,12	7,93	Cumple	
Río Ponio	0,06	Cumple	51,68	1,54	Cumple	
Río Rapel	5,96	No cumple	-	-	-	
Río Limarí	0,94	Cumple	92,05	137,81	No cumple	
Río Hurtado	-0,35	Cumple	81,18	-3,32	Cumple	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-18 Criterio 5 – Aumento extracciones en Combarbalá

SHAC	ΔV_{50}	Cumplimiento Criterio 1	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio 2	Cumplimiento Criterio 5
Cogotí	-0,17	Cumple	81,18	2,81	Cumple	No cumple
Combarbalá	1,36	Cumple	112,16	2,73	Cumple	
El Ingenio	1,19	Cumple	23,97	37,28	No cumple	
Guatulame	0,91	Cumple	7,29	35,20	No cumple	
Higuerilla	-0,32	Cumple	0,04	0,45	No cumple	
Limarí Desembocadura	-0,10	Cumple	8,54	0,03	Cumple	
Punitaqui	-0,31	Cumple	3,39	70,31	No cumple	
Quebrada Grande	-0,18	Cumple	8,83	1,11	Cumple	
Río Grande	-0,09	Cumple	213,49	4,90	Cumple	
Río Pama	0,34	Cumple	8,12	7,93	Cumple	
Río Ponio	0,06	Cumple	51,68	1,54	Cumple	
Río Rapel	5,96	No cumple	-	-	-	
Río Limarí	0,94	Cumple	92,05	137,81	No cumple	
Río Hurtado	-0,35	Cumple	81,18	-3,32	Cumple	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-19 Criterio 5 – Aumento extracciones en Limarí Desembocadura

SHAC	$\Delta V50$	Cumplimiento Criterio 1	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio 2	Cumplimiento Criterio 5
Cogotí	-0,13	Cumple	81,18	1,91	Cumple	No cumple
Combarbalá	1,07	Cumple	112,16	7,00	Cumple	
El Ingenio	0,58	Cumple	23,97	56,08	No cumple	
Guatulame	0,27	Cumple	7,29	42,07	No cumple	
Higuerilla	-0,32	Cumple	0,04	0,45	No cumple	
Limarí Desembocadura	0,04	Cumple	8,54	0,03	Cumple	
Punitaqui	-0,76	Cumple	3,39	106,67	No cumple	
Quebrada Grande	-0,18	Cumple	8,83	1,11	Cumple	
Río Grande	0,32	Cumple	213,49	15,66	Cumple	
Río Pama	0,37	Cumple	8,12	3,18	Cumple	
Río Ponio	0,06	Cumple	51,68	1,59	Cumple	
Río Rapel	6,17	No cumple	-	-	-	
Río Limarí	0,15	Cumple	92,05	180,79	No cumple	
Río Hurtado	-0,28	Cumple	81,18	-5,04	Cumple	

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas anteriores, se observa que un aumento de 25 l/s en la demanda en los SHACs evaluados para el criterio 5, afecta la disponibilidad sustentable de los SHACs El Ingenio, río Limarí y Guatulame los cuales, con este aumento, ya no cumplen el criterio 2. En la Tabla 5.3-20 se muestra un resumen del cumplimiento de criterios antes mencionados.

Tabla 5.3-20 Resumen sustentabilidad acuífera Cuenca Río Limarí

SHAC	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Limarí Desembocadura	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Punitaqui	Cumple	No Cumple	-	-	-
Río Limarí	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	-
El Ingenio	Cumple	Cumple	No Cumple	-	-
Higuerilla	Cumple	No Cumple	-	-	-
Quebrada Grande	Cumple	Cumple	No Cumple	-	-
Guatulame	Cumple	Cumple	No Cumple	-	-
Río Ponio	Cumple	Cumple	-	-	-
Río Pama	Cumple	Cumple	No Cumple	-	-
Combarbalá	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Cogotí	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple
Río Grande	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	-
Río Rapel	No cumple	-	-	-	-
Río Hurtado	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Oferta Subterránea Sustentable

Debido a que solo el SHAC río Ponio cumple con la totalidad de los criterios posibles de analizar se da paso a la estimación de la oferta subterránea sustentable. Considerando, como se presenta en la Tabla 5.3-21, la posibilidad de explotar hasta un 5% del volumen almacenado en un horizonte de explotación de 50 años, se estima una oferta sustentable de 16,9 l/s.

Tabla 5.3-21 Volumen de Explotación Sustentable SHAC Río Ponio

Volumen año 2000 (Mm ³)	536,12
Volumen año 2050 (Mm ³)	535,99
ΔV_{50}	-0,02%
Oferta sustentable l/s	16,92

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta que el SHAC Río Ponio no cuenta con derechos de aprovechamiento que permitieran el análisis de sustentabilidad de los criterios 3, 4 y 5, se determinó la inclusión de 3 pozos ficticios de 5 l/s cada uno y así evaluar su oferta sustentable. Como se observa en la Tabla 5.3-22, la inclusión de pozos ficticios en el SHAC por un caudal de 15 l/s, acorde al resultado de explotación máxima sustentable, no cumple con el criterio 3.

Tabla 5.3-22 Volumen de Explotación Sustentable SHAC Río Ponio

SHAC	Demanda Total (l/s)	Demanda Suplida (l/s)	Cumplimiento Demanda (%)	Cumplimiento Criterio
Río Ponio	15,0	9,9	66,1	No Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, de acuerdo al no cumplimiento de la sustentabilidad de acuerdo a los criterios de análisis, se estima que el SHAC Río Ponio no contaría con caudal de oferta subterránea sustentable.

5.4 ESCENARIOS DE GESTIÓN ESPECÍFICOS

Los escenarios de gestión específicos corresponden a iniciativas identificadas en trabajo conjunto con DGA, en base a la información recabada en las reuniones de Participación Ciudadana (PAC) (detalles en apartado 2.6.2 y Anexo I). De esta forma, en base a la información disponible por actores de la cuenca y entidades públicas, fue posible definir dos escenarios:

- Escenario 2: uso de flujos desde Planta Desaladora Aguas del Valle, ubicada en La Serena, hacia Ovalle, para suplir aumento de demanda en Agua Potable.
- Escenario 3: tecnificación de hortalizas desde un 50% hasta un 90% en eficiencia de riego.

Los siguientes apartados describen, en primera instancia, en qué consiste la implementación de estos escenarios para, posteriormente, proporcionar un diagnóstico

técnico en términos del beneficio que cada alternativa representaría para la cuenca, de acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo desarrollado.

Cabe destacar que la formulación de los modelos de gestión (E2 y E3), consideran como modelo base el Escenario 1, definido en el acápite 5.1.2.2 y 5.2.2; sumando las iniciativas propias de cada escenario. Conforme a lo anterior, en la Tabla 5.4-1 se resumen los escenarios de gestión específicos desarrollados, en lo que respecta a forzantes, demandas, e iniciativas.

Tabla 5.4-1 Resumen descriptivo de Escenario 2 y Escenario 3

Item	Descripción
Periodo de modelación	Abr 1992 - Mar 2050 (1992-2019 corresponde a modelo calibrado)
Periodo de evaluación	Abr 2019 - Mar 2050
Forzantes Abr 2019 - Mar 2050	MCG CSIRO
Demandas Abr 2019 - Mar 2050	Proyección de demandas a 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC
Iniciativa desarrollada E2	Uso de desalación para suplir aumento de demanda en Agua Potable – sector de Ovalle
Iniciativa desarrollada E3	Tecnificación de hortalizas en toda la cuenca

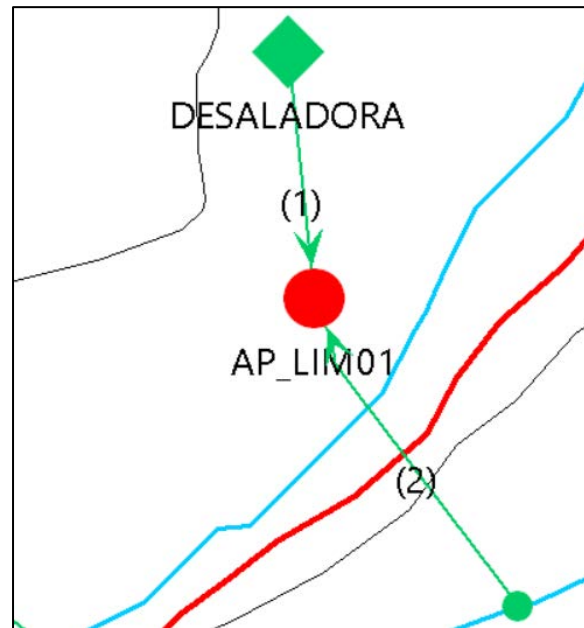
Fuente: Elaboración propia.

5.4.1 Escenario 2

Este escenario contempla el uso de la Planta Desaladora de Aguas del Valle, ubicada en La Serena, para suplir demanda en Ovalle. Dado que la desalación de la planta contempla como prioridad el abastecimiento de la zona costera de la Serena, se proyectó que dicha obra abastece a Ovalle sólo para el aumento de la demanda 2025-2050 en Ovalle

En términos de modelación, este escenario se implementó a través de un nodo *Other Supply* que representa los flujos provenientes de la desaladora. Esta nueva fuente del sistema tiene por objetivo suplir la demanda superficial de agua potable superficial correspondiente al sector de Ovalle (AP_LIM01), que incrementa linealmente desde 198 l/s en marzo del 2019 a 260 l/s en marzo del 2050. El flujo aportante por la desaladora debe ser capaz de abastecer esta diferencia, que alcanza los 63 l/s en marzo del 2050. El año de inicio de este flujo aportante se establece en 2025.

Como solo se estará aportando con una fracción de la demanda mediante la desaladora, el nodo de demanda representante de las extracciones de agua potable en Ovalle debe extraer también del río. Para eso, se define la prioridad del nodo de demanda en los *Transmission Links*, de manera que se priorice el abastecimiento desde desaladora, y en segundo lugar se obtenga la diferencia desde el río. El esquema de implementación topológica se presenta en la Figura 5.4-1.

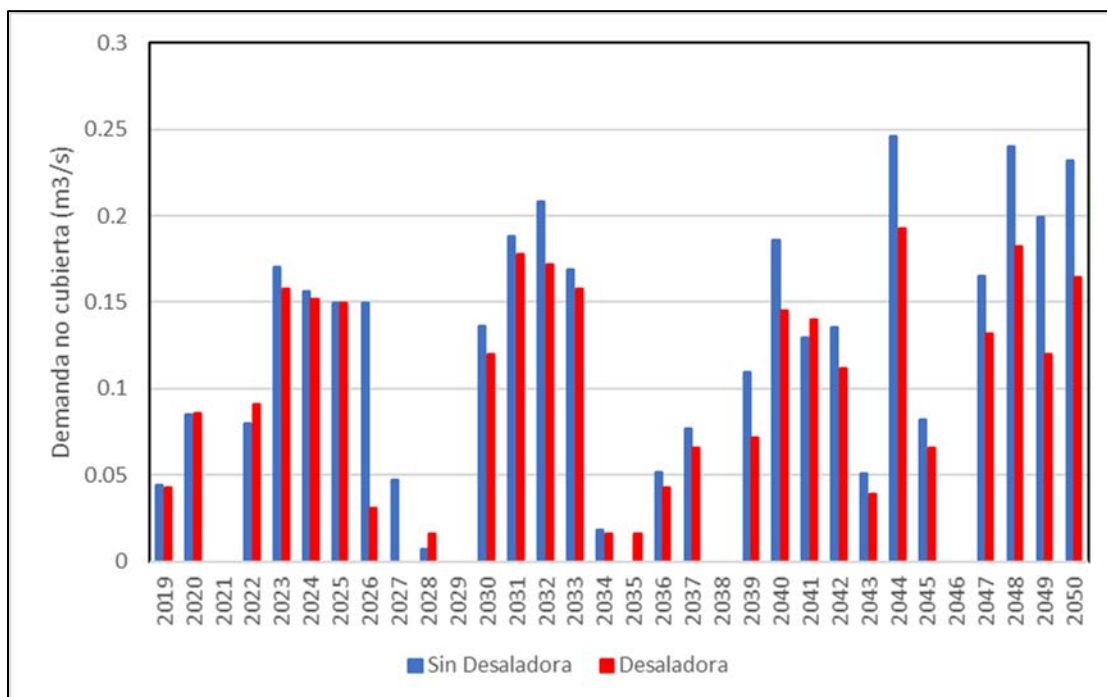


Fuente: Elaboración propia a partir de modelo integrado.

Figura 5.4-1 Implementación esquemática de aporte desde desaladora en WEAP

En cuanto a la componente subterránea del modelo, se consideró que la desaladora solo sería capaz de suplir el crecimiento de demanda en aquellos pozos cercanos al sector de Ovalle, y que fueron informados en virtud del principio de transparencia por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Esto permitiría cubrir esta demanda en 9 l/s, de manera que el bombeo asociado a estos pozos se ve reducido en este valor.

Conforme a lo anterior, el modelo se implementó y ejecutó, obteniéndose los resultados que se detallan en la Figura 5.4-2, donde se presentan los resultados de demanda potable no cubierta anual, entre 2019 y 2050. En barras azules se presenta los resultados de E1, y en barras rojas los resultados de E2.



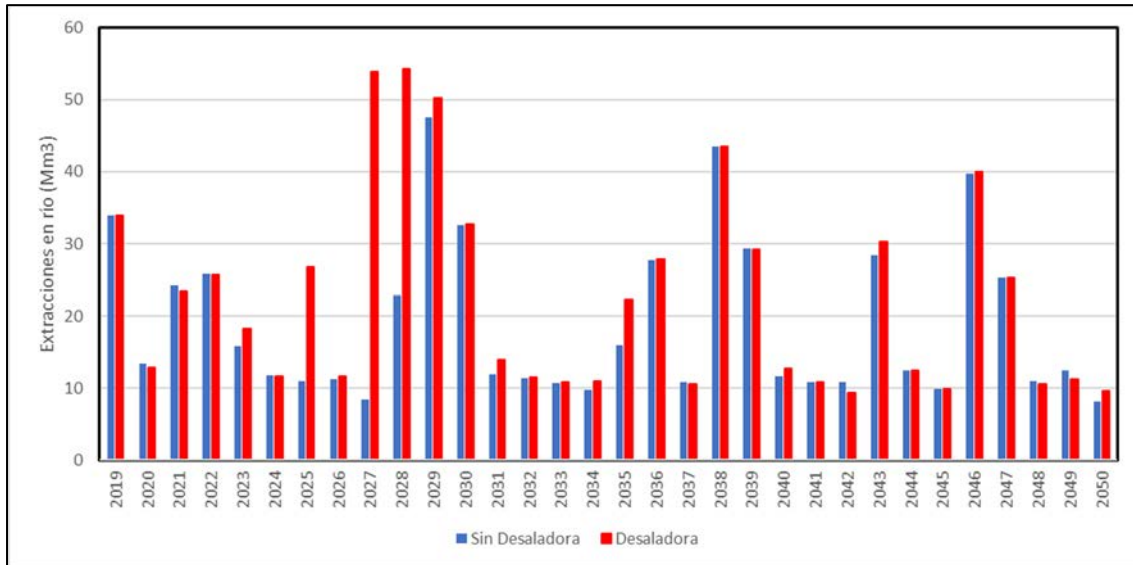
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-2 Demanda potable no cubierta anual en nodo AP_LIM01 – Comparación de escenario base y escenario desaladora

Se aprecia que previo al año 2025, al depender la demanda potable de la disponibilidad superficial del recurso hídrico, existe una fracción importante de la demanda que no se alcanza a suplir. A partir del año 2025, que es el año definido como el inicio del sistema de abastecimiento mediante desalación, la satisfacción de la demanda de agua potable superficial para este sector aumentaría hasta en un 18%.

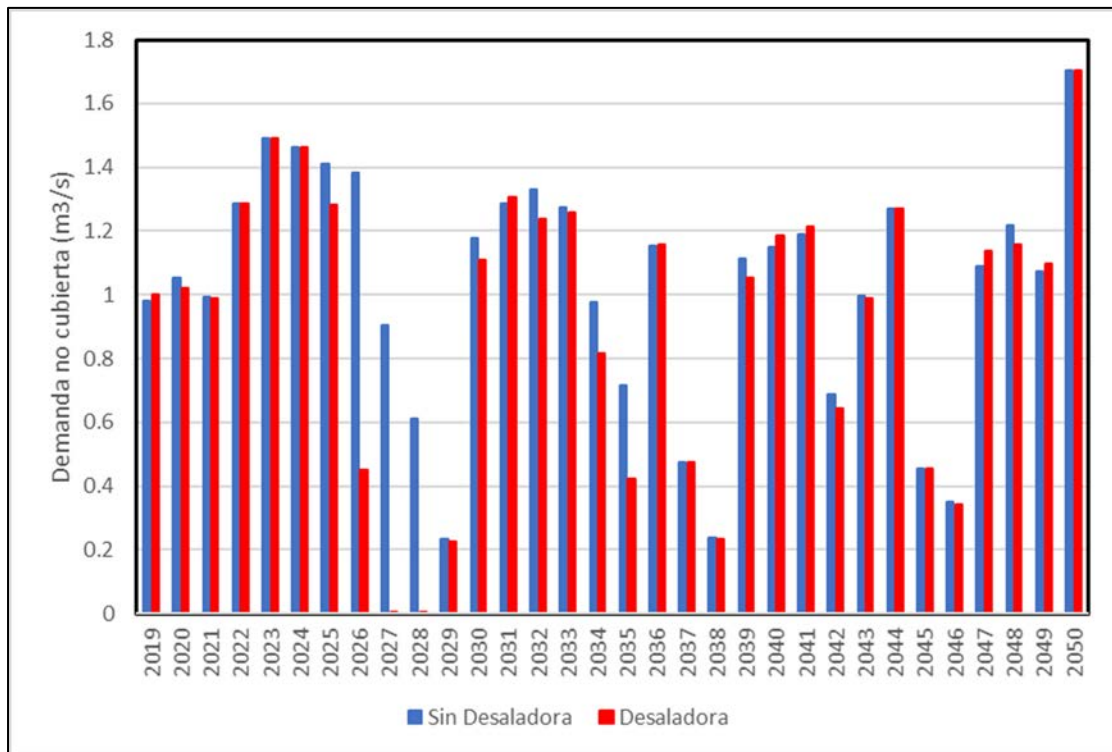
Por otro lado, dado que la desaladora sopesa el aumento de la demanda potable, la demanda agrícola puede ser abastecida de mejor manera en la ventana 2025-2050, puesto que se cuenta con un volumen de agua adicional para esto. Es decir, hay una disponibilidad de flujo mayor que puede ser utilizado por los sectores de riego aguas debajo de esta extracción superficial destinada a agua potable. Lo anterior se aprecia en la Figura 5.4-3, donde se comparan las extracciones agrícolas anuales totales asociadas a estos sectores de riego, cuyo valor se incrementa en un 35% respecto al escenario base.

Por otra parte, a nivel superficial se aprecia que, respecto al Escenario 1, la demanda insatisfecha sobre los sectores de riego aguas abajo de la desaladora disminuye. De la Figura 5.4-4 se aprecia que los años más favorables respecto al Escenario 1 serían el 2026, 2027 y 2028, disminuyendo la demanda insatisfecha en 930 l/s, 904 l/s y 613 l/s, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-3 Comparación extracciones superficiales agrícolas aguas abajo de desaladora Escenario 1 y Escenario 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-4 Demanda agrícola no cubierta aguas abajo de desaladora

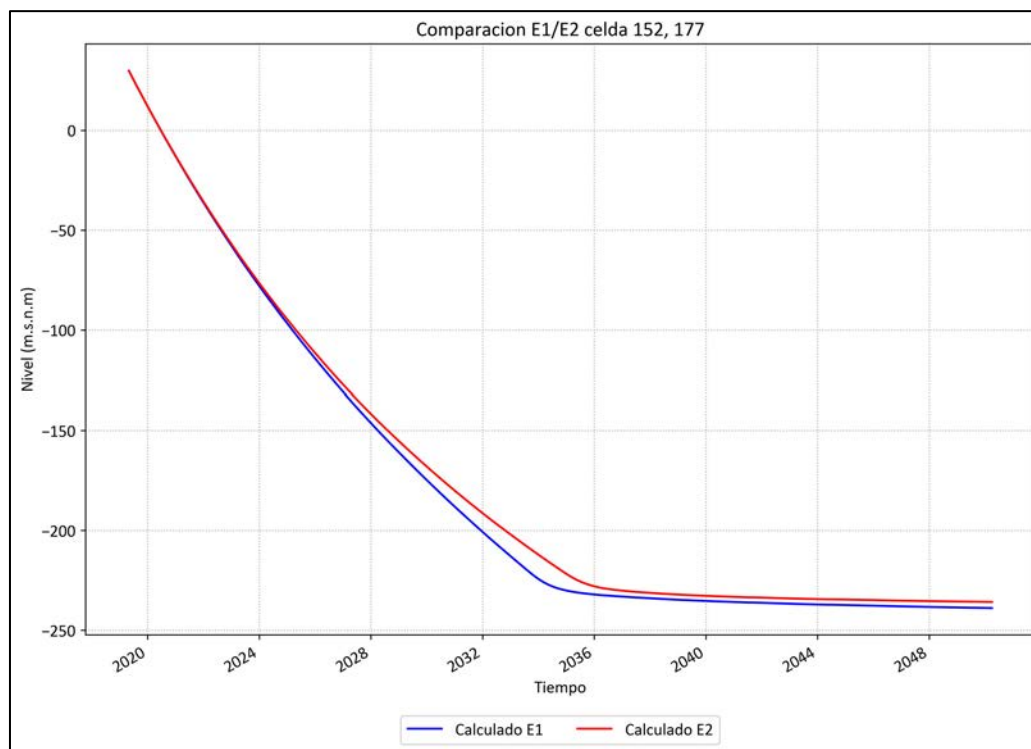
En lo que respecta al balance hídrico subterráneo de la zona integrada del modelo, en la Tabla 5.4-2 se muestran las componentes, promedio para la ventana de tiempo 2019-2050.

Tabla 5.4-2 Escenario 2, Balance Hídrico Subterráneo 2019 – 2050

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuifero	1,88	3,07	82,54	38,05	0,14	1,34	1,12	
Entradas extras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,31	
Recarga desde río	11,89	304,57	631,91	143,40	24,37	44,73	81,89	
Recarga superficial	10,10	381,80	258,21	114,05	6,74	38,20	172,33	
Total	23,9	689,4	972,7	295,5	31,6	84,3	255,6	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuifero	0,37	2,72	5,74	1,39	7,96	0,12	0,04	
Entradas extras	0,00	2,74	0,00	0,00	2,29	0,00	12,58	18
Recarga desde río	32,10	49,87	31,15	40,73	199,71	29,97	97,63	1.724
Recarga superficial	4,63	59,04	31,77	27,15	99,68	94,31	22,05	1.320
Total	37,1	114,4	68,7	69,3	309,6	124,4	132,3	3.209
Salidas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuifero	0,08	8,71	41,82	60,75	0,69	0,73	2,69	
Afloramiento río	17,20	325,40	687,98	145,17	18,64	45,82	95,38	
Pozos de bombeo	5,32	487,43	259,71	255,37	5,38	53,44	121,22	
Descarga mar/otros	2,12	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	25,98	
Total	24,7	821,5	989,5	461,3	25,4	100,0	245,3	
Var. Almacenamiento	-0,9	-132,1	-16,9	-165,8	6,2	-15,7	10,4	
Salidas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuifero	4,62	3,06	4,06	2,84	1,73	2,02	12,67	
Afloramiento río	32,25	83,85	63,63	53,89	246,28	168,02	104,23	2.088
Pozos de bombeo	0,00	34,54	15,33	7,79	66,43	23,10	5,06	1.340
Descarga mar/otros	0,00	0,00	15,61	0,00	0,03	0,00	0,47	45
Total	36,9	121,4	98,6	64,5	314,5	193,1	122,4	3.619
Var. Almacenamiento	0,2	-7,1	-30,0	4,8	-4,8	-68,7	9,9	-411

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se aprecia la disminución de casi 10 l/s totales promedio de bombeo (periodo 2019-2050), para el sector de Río Limarí, correspondiente a la demanda subterránea suplida por la desaladora. A su vez, el efecto que esto tiene en el modelo subterráneo es un menor descenso sostenido en el tiempo en el sector. En la Figura 5.4-4 se entrega el nivel simulado por el modelo subterráneo en el sector donde se ubica la batería de pozos de agua potable en la cercanía de Ovalle, informada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-5 Nivel calculado en batería de pozos SISS – Escenarios 1 y 2

De acuerdo a lo anteriormente presentado, se establece que esta iniciativa genera un impacto significativo en la cuenca, especialmente en términos de disponibilidad del recurso superficial para demandas aguas abajo del aporte generado por la desaladora.

5.4.2 Escenario 3

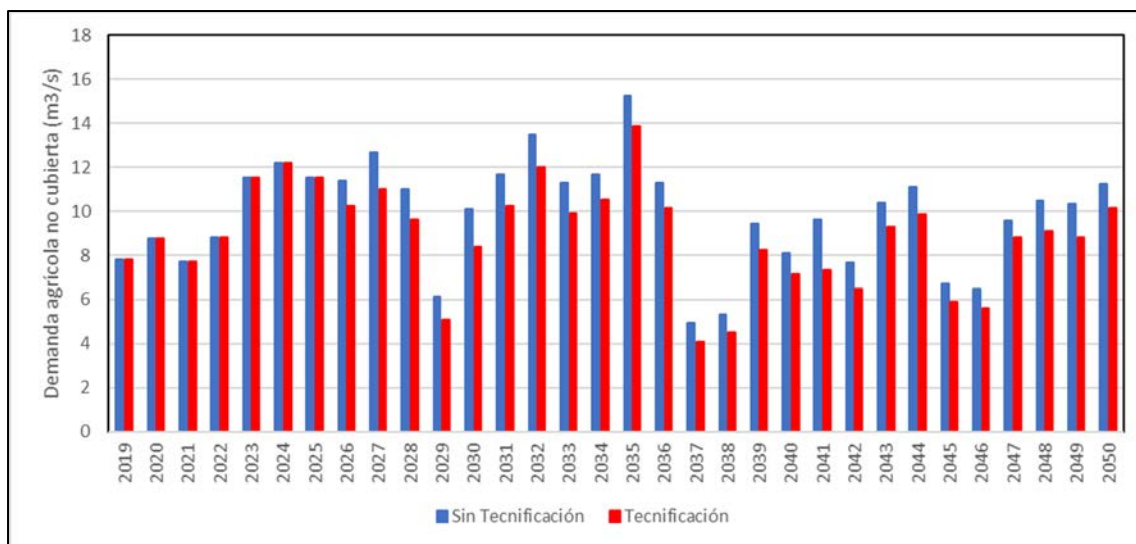
El escenario 3 considera un aumento en la tecnificación de hortalizas desde un 50% hasta un 90% como plan de gestión a nivel de cuenca, con el fin de evaluar el impacto de la tecnificación en la cuenca y en su balance hídrico.

En términos de modelación, se llevó a cabo generando un nuevo *Key Assumption* en WEAP, que representa la eficiencia del riego solo para hortalizas en este escenario (Key\A_EFICIENCIA_RIEGO\HORTALIZAS_E3). El incremento se hizo de manera uniforme en toda la cuenca, iniciándose en el año 2025.

Como parte de los resultados, en la Figura 5.4-6 se aprecia el efecto que tiene esta tecnificación a partir del año 2025, en donde la demanda no cubierta se reduce en 12% en promedio para toda la cuenca.

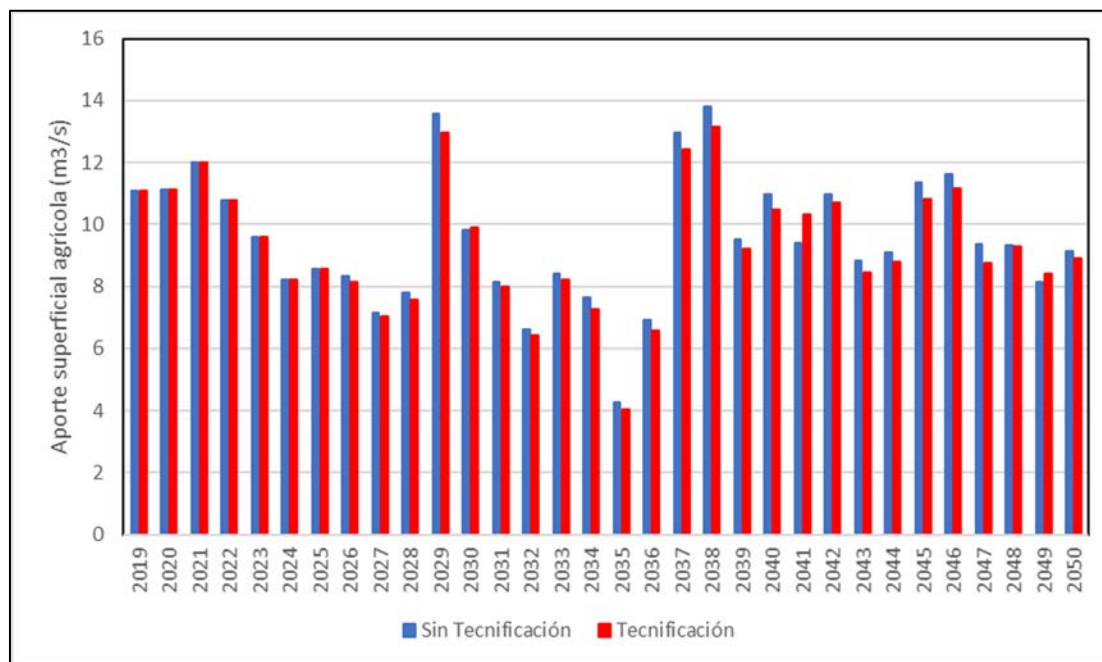
Otro punto importante, es que, como resultado de la tecnificación, existe una menor demanda superficial agrícola a nivel de bocatoma, y una mayor disponibilidad en caudales superficiales. En la Figura 5.4-7 se comparan los flujos extraídos en bocatoma del escenario base con el escenario de tecnificación, en donde las extracciones se

reducen hasta en 667 l/s durante el 2038. En promedio, la tecnificación conllevaría una reducción de 247 l/s.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-6 Demanda agrícola no cubierta para toda la cuenca de Limarí – Escenarios 1 y 3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-7 Aporte superficial agrícola a sectores de riego para escenarios 1 y 3 – Cuenca del río Limarí

En cuanto a la componente subterránea, una mayor tecnificación implica una menor percolación desde zonas de riego, lo que se traduce en una menor recarga superficial. En la Tabla 5.4-3 se presenta el balance hídrico subterráneo para el periodo de

modelación futura. Se observa que la recarga superficial disminuye a 1.213 l/s, siendo casi 100 l/s menor que en el escenario base futuro. Esto, a su vez, genera un mayor desembalse en el acuífero en la misma magnitud, alcanzando un valor de -519 l/s.

Tabla 5.4-3 Escenario 3, Balance Hídrico Subterráneo 2019 – 2050

Entradas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	1,83	3,01	82,75	37,97	0,14	1,33	1,14	
Entradas extras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,32	
Recarga desde río	11,89	307,60	637,17	143,41	24,37	44,72	83,11	
Recarga superficial	10,11	356,74	222,95	110,20	6,75	38,24	141,36	
Total	22,0	664,3	860,1	253,6	31,5	83,0	224,8	
Entradas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	0,36	2,72	5,69	1,35	7,93	0,11	0,04	
Entradas extras	0,00	2,74	0,00	0,00	2,32	0,00	12,58	18
Recarga desde río	32,11	49,89	31,16	41,72	202,07	30,73	98,20	1.738
Recarga superficial	4,64	59,08	31,81	27,18	93,27	89,38	21,40	1.213
Total	36,7	111,7	63,0	68,9	297,7	120,1	132,2	2.970
Salidas (l/s) / SHAC	LD	P	RL	EI	H	QG	G	
Flujo interacuífero	0,08	8,78	41,63	60,86	0,70	0,73	2,55	
Afloramiento río	17,20	323,93	681,04	145,06	18,64	45,82	93,29	
Pozos de bombeo	5,81	493,87	268,16	255,17	5,38	53,44	126,19	
Descarga mar/otros	2,12	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	25,57	
Total	25,1	817,8	949,2	400,2	24,7	99,3	245,0	
Var. Almacenamiento	-1,4	-159,2	-48,0	-169,5	6,2	-15,7	-21,7	
Salidas (l/s) / SHAC	RP	Rpa	Com	Cog	RG	RR	RH	Total
Flujo interacuífero	4,64	3,06	4,07	2,83	1,74	2,03	12,68	146
Afloramiento río	32,24	83,59	63,54	53,62	243,94	166,03	104,07	2.072
Pozos de bombeo	0,00	35,03	17,30	9,76	71,32	24,11	6,57	1.372
Descarga mar/otros	0,00	0,00	15,57	0,00	0,03	0,00	0,47	44
Total	32,2	118,6	96,4	63,4	315,3	190,1	111,1	3.489
Var. Almacenamiento	0,2	-7,3	-31,8	4,0	-11,4	-72,0	8,4	-519

Fuente: Elaboración propia.

5.5 BRECHAS DE MODELACIÓN

Dado que este modelo corresponde a una herramienta que ayude en la toma de decisiones para la gestión de recursos hídricos que debe mantenerse en validación y desarrollo continuo en el futuro, se presentan a continuación las principales brechas de modelación en términos de operación de la cuenca. En el capítulo 6 del Anexo H se encuentra en detalle lo anteriormente descrito:

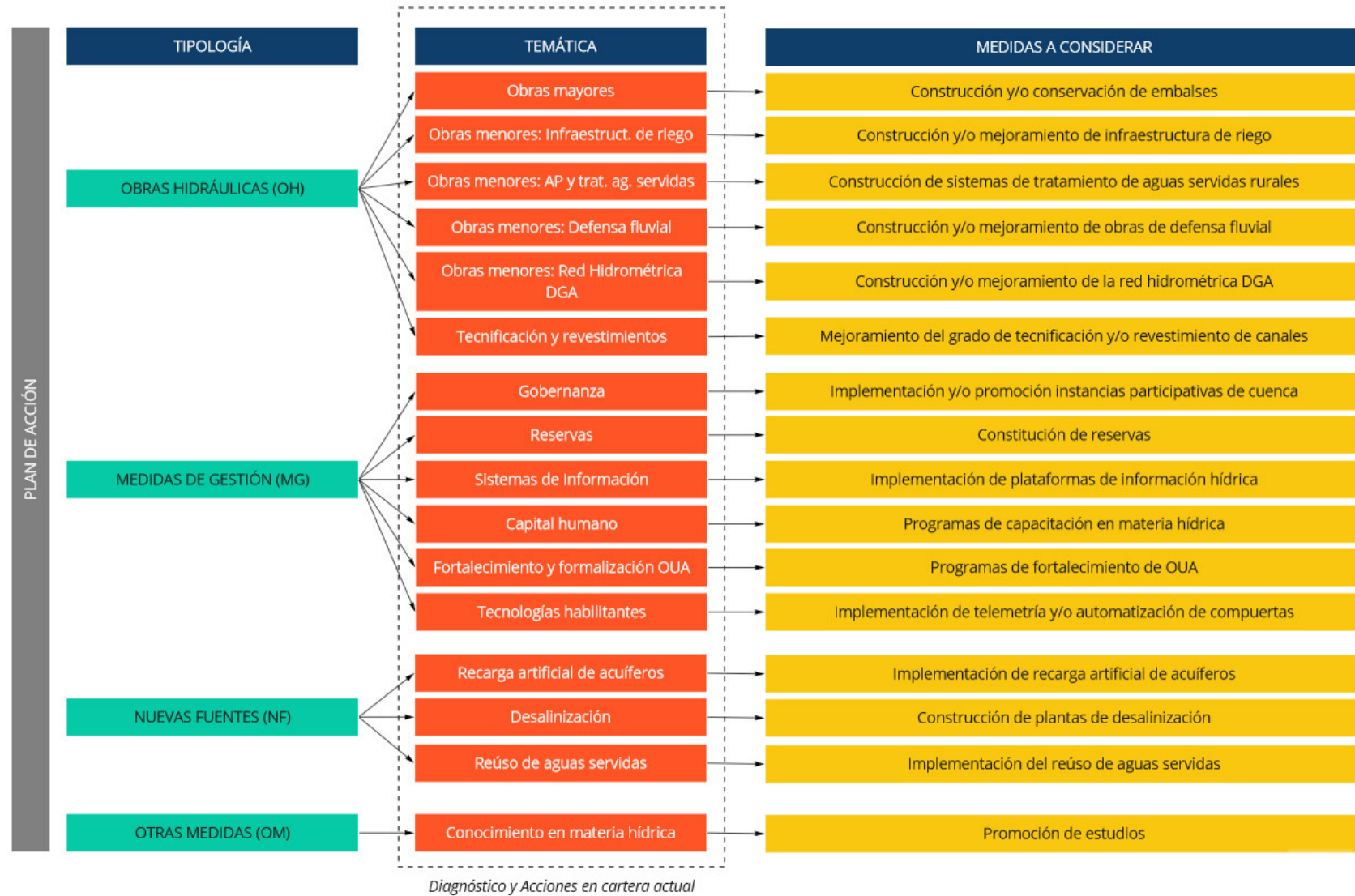
- Es deseable en el futuro contar con una representación más detallada de la red de canales existente en la cuenca, con el fin proporcionar un análisis más detallado de la operación de la cuenca. Además, este esquema permitiría evaluar el impacto de unificación de canales.

- Dada la identificación de la complejidad de los procesos físicos en las cuencas de cabecera, se recomienda realizar un estudio acabado de la generación de escorrentía a partir de la interacción de procesos de deshielo de nieve, glaciares y el efecto de las características climáticas sobre los mismos.
- Considerando la diferencia en la recurrencia de eventos extremos entre el periodo histórico y futuro, se recomienda validar esta herramienta año a año, con el fin de controlar eventuales sesgos que produzca la utilización de MCGs.
- La recarga y afloramientos de río tienden a estabilizarse en el tiempo. En este aspecto, el modelo integrado no incorpora la variabilidad del elemento "río" en la modelación, por lo que la componente se estabiliza en un afloramiento neto relativamente constante, dando la variabilidad al sistema en la ventana futura la recarga superficial, y la demanda de las extracciones subterráneas; obtenidas desde la integración con WEAP. En este aspecto, para abordar este aspecto y la versatilidad que ofrece el acople WEAP-MODFLOW, la conceptualización del actual modelo subterráneo se ha desarrollado de manera tal que futuros estudios en la cuenca, tomen como base los modelos generados y realicen el acople WEAP-MODFLOW en la cuenca de Limarí.
- En relación con lo expuesto en el punto 5.3.1 relacionado con la estimación de la oferta sustentable superficial, se recomienda complementar el análisis a través del desarrollo de un estudio que considere el efecto de los embalses sobre la cuenca.

CAPÍTULO 6 ACCIONES

En este capítulo se identifican las potenciales iniciativas a incorporar en el Plan de Acción de la cuenca, como resultado de un diagnóstico previo y la evaluación de la cartera de acciones actualmente existente, resumiendo cada acción en una ficha resumen identificatoria. Las acciones se analizan abordando los siguientes temas: obras hidráulicas, medidas de gestión, nuevas fuentes de agua y otras medidas; para cada uno de ellos, se analizan diferentes ejemplos de medidas, tal como se muestra en la Figura 6.0-1.

Dichas medidas están clasificadas según los Ejes y objetivos definidos para el Plan de Acción (acápites 3.6.1 de Anexo F), a propósito de la participación ciudadana (Anexo J.12).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.0-1 Diagrama de medidas analizadas

6.1 OBRAS HIDRÁULICAS

Seguidamente se expone el análisis, la revisión de cartera de iniciativas actual y las iniciativas incluidas en el Plan de Acción en lo relativo a obras hidráulicas, tanto mayores, menores como referentes a tecnificación y revestimientos.

6.1.1 Obras mayores

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 18 del Reglamento del CPA, el Inventario Público de Obras Hidráulicas está constituido, entre otros, por el Inventario Público de Obras Hidráulicas Mayores, y el Inventario Público de Obras Hidráulicas Menores. Entre las obras hidráulicas mayores, y de acuerdo al artículo 294 del Código de Aguas, se contemplan los embalses con capacidad superior a 50.000 m³ o con muros superiores a 5 metros de altura.

A continuación, se presenta el diagnóstico de los embalses existentes La Paloma, Cogotí, Recoleta y Valle Hermoso. Si bien en la cuenca existen otros embalses con capacidad superior a 50.000 m³, éstos se presentan en el punto 6.1.2, diferenciándolos de las grandes obras de acumulación que se exponen a continuación.

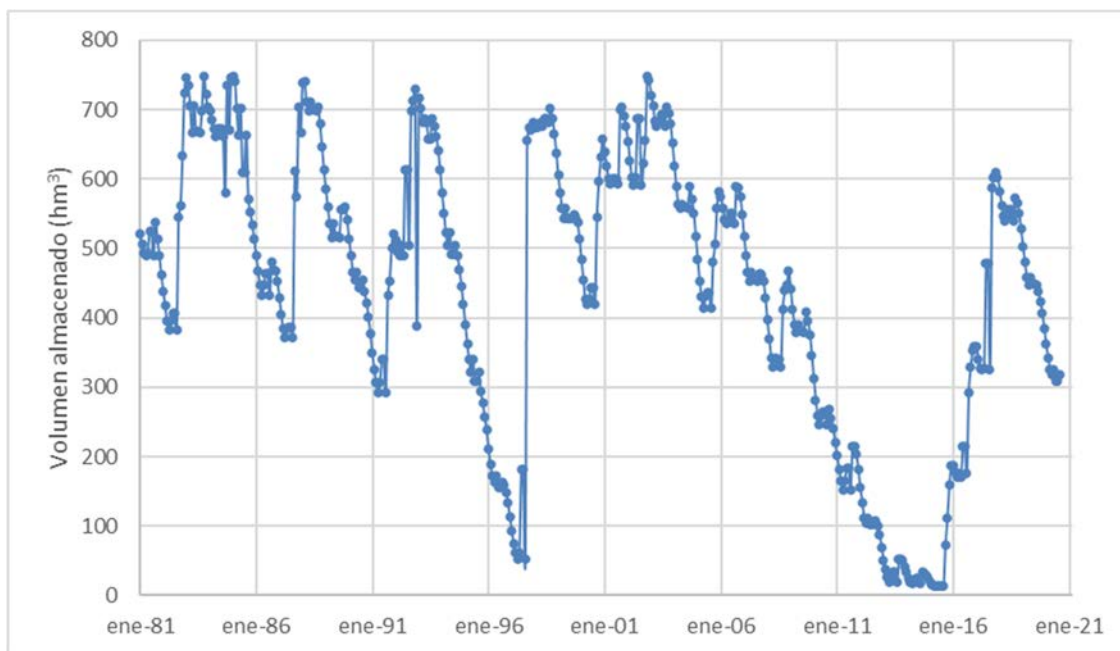
6.1.1.1 Diagnóstico

A continuación, se presenta el análisis respecto de los cuatro embalses existentes en la cuenca del río Limarí, La Paloma, Cogotí, Recoleta y Valle Hermoso.

La Paloma

El embalse La Paloma se ubica en la comuna de Monte Patria, en la confluencia de los ríos Grande y Huatulame, aproximadamente a 25 km al sureste de la ciudad de Ovalle. Fue construido entre los años 1959 y 1967, con una capacidad de almacenamiento útil de 750 hm³ y una superficie de 3.000 hectáreas. Forma parte del "Sistema Paloma", que incluye a los embalses Cogotí y Recoleta, además de una red de canales matrices y derivados. Constituye un sistema de riego fundamental para la agricultura de la zona, manteniendo la seguridad de riego de los terrenos que sirve, además de realizar un proceso de regulación de crecidas.

En la Figura 6.1-1 se presenta la variación histórica en el volumen de agua acumulado en el embalse La Paloma. Se aprecian dos descensos importantes de los volúmenes almacenados entre los años 1993-1997 y 2002-2015, con volúmenes mínimos de 52 y 13 hm³ respectivamente. El mayor volumen almacenado de los últimos 5 años fue en noviembre del año 2017 con 610 hm³ (81% de la capacidad máxima).



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2020e).

Figura 6.1-1 Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse La Paloma

Respecto al estado actual del embalse La Paloma, se tiene que el volumen de sedimentación está en el orden de los 9,5 millones de m³ (Filosa, 2017), lo que ha significado una mínima disminución en su capacidad de almacenamiento.

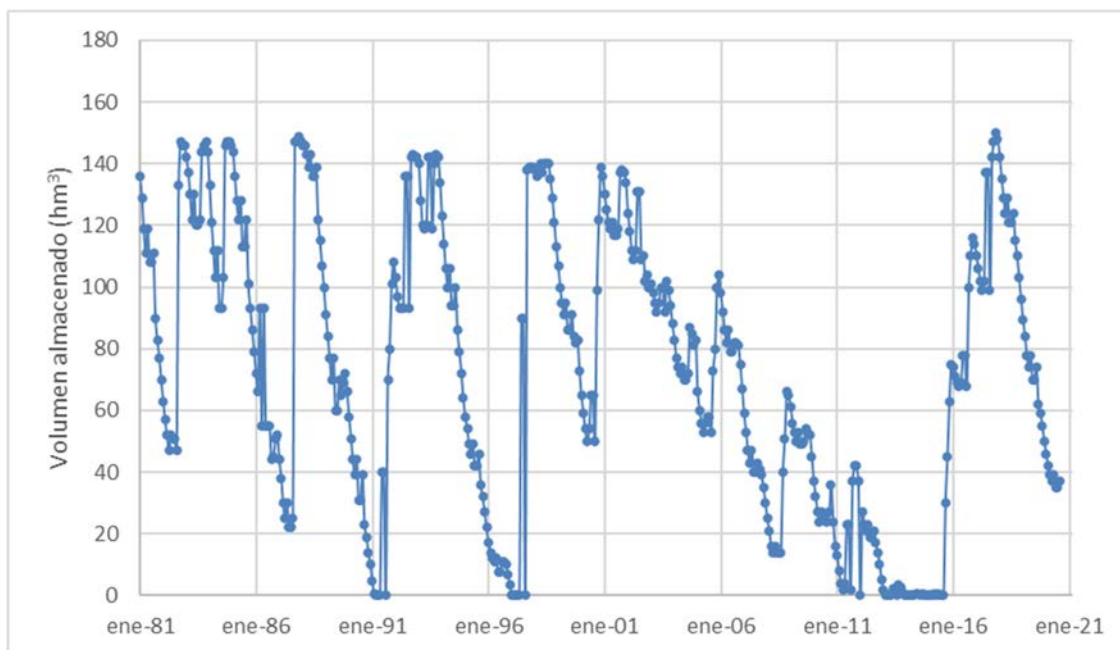
Sobre el actual estado de esta infraestructura, según lo expresado por el presidente de la CASEP en la reunión de participación ciudadana del estudio, las pérdidas por filtraciones que aparecen bajo la cortina del embalse La Paloma son del orden de 50 l/s; debido a partiduras y grietas que tiene la roca desde la construcción, se filtraba un caudal mayor; no obstante, al respecto la DOH realizó las reparaciones correspondientes.

Cogotí

El embalse Cogotí se ubica en la comuna de Combarbalá, en la confluencia de los ríos Pama y Cogotí. Fue construido entre los años 1934 y 1939 con una capacidad de almacenamiento útil de 150 hm³ y una superficie de 850 hectáreas. Al igual que el embalse La Paloma, constituye un sistema de riego fundamental para la agricultura de la zona manteniendo la seguridad de riego de los terrenos que sirve, además de realizar un proceso de regulación de crecidas.

En la Figura 6.1-2 se presenta la variación histórica en el volumen de agua acumulado en el embalse Cogotí. Se pueden apreciar, en distintos periodos de tiempo, bruscos descensos de los niveles de almacenaje, así como también la recuperación del volumen hacia su capacidad máxima. Durante el periodo 2002 al 2015 existe una merma prolongada en el uso de la capacidad del embalse, condición que es

contrarrestada entre el periodo 2016 a 2017 aumentando el uso de la capacidad del embalse y llegando a su capacidad máxima en noviembre del 2017.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2020e).

Figura 6.1-2 Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Cogotí

Respecto al estado actual del embalse Cogotí, se tiene que tras 50 años de funcionamiento el volumen de sedimento alcanza los 23 millones de m³ (Filosa, 2017), lo que ha significado una disminución en su capacidad de almacenamiento.

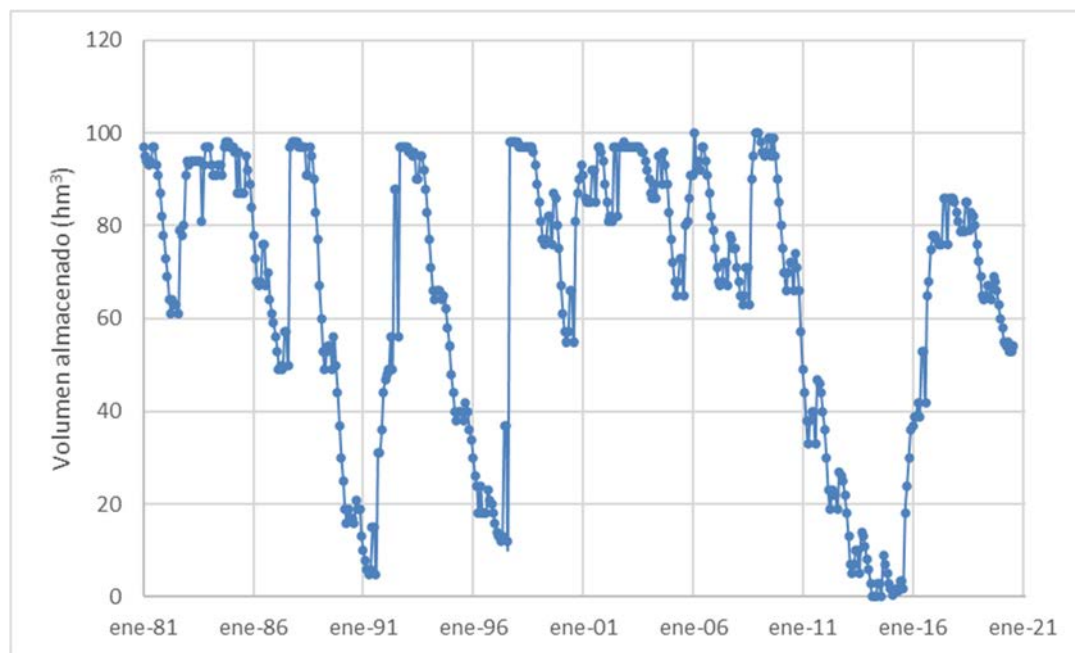
Recoleta

El embalse Recoleta se ubica en la comuna de Ovalle, en la confluencia de los ríos Higuierillas y Hurtado, a 18 km al noreste de la ciudad de Ovalle. Fue construido entre los años 1929 y 1934 con el objetivo de regular los excedentes de sus afluentes. En la actualidad, es propiedad de sus usuarios y administrada por la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta. Tiene una capacidad de almacenamiento útil de 100 millones de metros cúbicos, destinados exclusivamente al riego de casi 15 mil hectáreas de uso agrícola. Al igual que los embalses La Paloma y Cogotí, constituye un sistema de riego fundamental para la agricultura de la zona manteniendo la seguridad de riego de los terrenos que sirve, además de realizar un proceso de regulación de crecidas.

Con respecto a su funcionalidad, si bien se encuentra inserto en la unidad territorial río Hurtado, entrega los mayores beneficios a la zona que se encuentra aguas abajo, aportando diferencias significativas al desarrollo agrícola de este territorio, especialmente en cuanto a seguridad de riego (CNR, 2016a).

En la Figura 6.1-3 se presenta la variación histórica en el volumen de agua acumulado en el embalse Recoleta. Se puede apreciar, en distintos periodos de tiempo, bruscos

descensos de los niveles de almacenaje, así como también la recuperación del volumen hacia su capacidad máxima. Durante el periodo 2009 al 2015 existe una merma prolongada en el uso de la capacidad del embalse, condición que es contrarrestada entre el periodo 2016 a 2017 aumentando el uso de la capacidad del embalse.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2020e).

Figura 6.1-3 Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Recoleta

Respecto del embalse Recoleta, cabe señalar que, durante el periodo 2009 al 2015, existió una merma prolongada en el uso de la capacidad del embalse, condición que fue contrarrestada entre el periodo 2016 a 2017 aumentando el uso de la capacidad del embalse.

Valle Hermoso

El embalse Valle Hermoso se ubica en la comuna de Combarbalá, en el sector Paso del Buey, a unos 35 km al sur oriente de la localidad de Combarbalá. Fue terminado de construir en el año 2019 por la DOH; esta obra formaba parte del "Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 de la región de Coquimbo".

La justificación para la construcción del embalse, de acuerdo a lo indicado en el Estudio de Impacto Ambiental asociado al mismo, se indica a continuación:

- Embalsar una gran cantidad de agua (20 hm³), dando paso al almacenamiento de la mayor cantidad posible de las acciones permanentes y eventuales de los regantes.

- Satisfacer necesidades de riego de los tres sectores del río Pama, aumentando la seguridad de riego de 44% a 85%, lo que implica un excedente agrícola por concepto de nuevas superficies cultivables (1.206 ha).
- Al localizarse en un sitio alto, presenta ventajas por estar sobre las cotas de toma de los canales de riego, presentar un mayor potencial de generación eléctrica, y poder beneficiar a toda el área de riego del valle del río Pama, y no sólo a un sector.
- Al ser un embalse frontal en un sitio alto permite captar gran parte de las crecidas sin necesidad de alimentarse por un canal que limita los caudales de alimentación. Además, los sitios altos permiten un mejor servicio de alimentación a los APR.
- En cuanto a la generación eléctrica, su ubicación en un sitio alto permite ganar alturas de carga de más de 400 m.

Las principales características del embalse se presentan en la Tabla 6.1-1.

Tabla 6.1-1 Características técnicas del embalse Valle Hermoso

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen Acumulado	20,3	hm ³
Altura	117	m
Cota de Coronamiento	1.671	m s.n.m.
Longitud de Coronamiento	455	m
Ancho de Coronamiento	8	m
Volumen de Relleno	2.597.004	m ³
Relación V.Acum/V.Relleno	9,0	
Área Inundada	117	ha

Fuente: Consorcio Valle Hermoso S.A. (2011).

Según lo expresado por la Junta de Vigilancia del río Pama y sus Afluentes¹⁹ durante la reunión de participación ciudadana del estudio, sobre el embalse Valle Hermoso, esperan que con las lluvias de esta temporada pueda completarse, lo que les permitirá cambiar la estructura de uso de la tierra. Por otro lado, expresa que la administración del embalse tendrá costos, por lo que se están buscando nuevos recursos para ayudar a financiar, una alternativa es la producción de energía eléctrica a través de dos minicentrales, una al pie del embalse y un 4 km más abajo, complementado con paneles solares para que el volumen de energía sea suficiente.

Cabe señalar que, durante las reuniones PAC sostenidas para este estudio, diferentes actores plantearon la necesidad de ampliar los volúmenes de almacenamiento en la cuenca, identificando a los embalses "La Tranca" y "Murallas Viejas" como posibles iniciativas, no obstante, durante la reunión sostenida con autoridades de la región²⁰, se informó que estas iniciativas no han sido evaluadas favorablemente para su ejecución estratégica por MIDESO.

¹⁹ Los comentarios fueron expresados por don Sady Guzmán, anterior presidente de la Junta de Vigilancia del río Pama.

²⁰ Reunión con autoridades, 19 de mayo de 2020.

6.1.1.2 Acciones en cartera actual

A continuación, se entrega el conjunto iniciativas públicas y privadas vinculadas a obras mayores de acumulación.

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

De acuerdo a la información disponible en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO), actualmente se encuentran en cartera cuatro (4) proyectos asociados a obras mayores, tres (3) de construcción y uno (1) de conservación. En la Tabla 6.1-2 se identifica cada iniciativa.

Tabla 6.1-2 Acciones públicas en carretera asociadas a obras mayores

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
20188777	Construcción embalse La Tranca en río Cogotí año y etapa a financiar: 2020-diseño	Riego	Diseño	DOH Coquimbo	480.281
30076159	Construcción Embalse río Rapel, comuna Monte Patria año y etapa a financiar: 2016-factibilidad	Riego	Factibilidad	DOH Coquimbo	855.414
30065689	Construcción embalse Murallas Viejas río Combarbalá año y etapa a financiar: 2018-diseño	Riego	Diseño	DOH Coquimbo	3.638.142

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020).

La justificación y descripción de cada uno de estos proyectos, según lo indicado en la Ficha IDI asociada a cada iniciativa se indica a continuación, así como información del estado actualizado en cada caso:

- **Construcción Embalse La Tranca en río Cogotí:** Este proyecto pertenece al Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la región de Coquimbo y busca consolidar las infraestructuras de riego a través de la construcción de obras de regulación, lo cual permitirá optimizar el recurso hídrico y utilizarlo en forma eficiente.

El proyecto contempla la construcción de un embalse de 50 hm³ de capacidad, el cual consta de una presa de tipo CFRD (gravas compactadas) cuyo coronamiento mide 8 m de ancho, una altura de muro de 115 m y el tipo de presa es enrocado con pantalla de hormigón aguas arriba. Este diseño considera el estudio definitivo del proyecto de construcción evacuador de crecidas, obras de desvío, obras complementarias y obra de desagüe. Este embalse se encuentra ubicado en el río Cogotí, comuna de Combarbalá y entrega un 85% de seguridad de riego a 4.940 hectáreas.

Este embalse forma parte del Plan Nacional de Embalses del Gobierno anunciado en el año 2019, el cual prioriza la construcción de 26 embalses a nivel nacional e

incluido en la cartera MOP actualizada²¹. No obstante, según lo recogido en las reuniones PAC, la DOH expresó que el estudio se encuentra detenido por presentar afectaciones a terceros (específicamente inundaciones a un pueblo, “El Durazno”), y que se está viendo la posibilidad de modificar la ubicación.

- **Construcción Embalse río Rapel, comuna Monte Patria:** La justificación de este proyecto es solucionar el problema de déficit de recursos hídricos propios de la cuenca del río Rapel, dado que los principales afluentes del río corresponden a pequeños cauces de recursos eventuales, de pequeños caudales.

Este embalse forma parte del Plan Nacional de Embalses del Gobierno anunciado en el año 2019, el cual prioriza la construcción de 26 embalses a nivel nacional e incluido en la cartera MOP actualizada²². No obstante, según lo recogido en las reuniones PAC, la DOH aclara que este embalse se encuentra descartado de la cartera, ya que resultó una valoración desfavorable; señala que MIDESO requiere que se aumente el número de hectáreas de riego y en el caso de Rapel se requiere asegurar la superficie existente. Asimismo, se podría volver a ingresar siguiendo el modelo seguido para el embalse Valle Hermoso, el cual entrega agua a las APRs que se encuentran aguas abajo para aumentar la rentabilidad social.

- **Construcción Embalse Murallas Viejas en río Combarbalá:** Este proyecto pertenece al Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la región de coquimbo y busca consolidar las infraestructuras de riego a través de la construcción de obras de regulación, lo cual permitirá optimizar el recurso hídrico y utilizarlo en forma eficiente.

El embalse considera una capacidad de 50 hm³ y beneficiará a 3.250 hectáreas con 85% de seguridad de riego. la obra contempla la construcción de una presa de tipo CFRD (gravas compactadas) de 594 m de longitud y 8 m de ancho y una altura de 109 m., además de evacuador de crecidas, túnel de desvío, entrega y desagüe de fondo, obras complementarias.

Cabe mencionar que, el resultado del análisis técnico económico del Ministerio de Desarrollo Social, según lo indicado en la Ficha IDI de esta iniciativa, es “Recomendación Favorable” (año 2018), no obstante en la misma se indica lo siguiente *“el proyecto necesita ser reevaluado aumentando considerablemente los costos originales establecidos para el ítem consultorías, lo anterior respondiendo a la escasa oferta de consultores calificados para realizar este tipo de estudios y los costos de mercado que en la actualidad están vigentes. El no reevaluar esta iniciativa en términos de los aumentos de costos supone que no sea posible su desarrollo”*.

Este embalse forma parte del Plan Nacional de Embalses del Gobierno anunciado en el año 2019, el cual prioriza la construcción de 26 embalses a nivel nacional e

²¹ Cartera de iniciativas del MOP facilitada por la Inspección Fiscal DGA durante el desarrollo del estudio.

²² Cartera de iniciativas del MOP facilitada por la Inspección Fiscal DGA durante el desarrollo del estudio.

incluido en la cartera MOP actualizada²³. Según lo recogido en las reuniones PAC, el embalse Murallas Viejas es un elemento clave para la Junta de Vigilancia del río Combarbalá y durante el mes de junio entra a reevaluación.

ii. Acciones en cartera del sector privado

No se identifican acciones propuestas por el sector privado vinculadas a obras mayores de acumulación.

6.1.1.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, no se consideran iniciativas estratégicas en relación a la construcción de obras de acumulación mayores en la cuenca. No obstante, se insta, en futuras revisiones del presente PEGH, seguir analizando el aporte estratégico de los embalses mencionados en el ítem 6.1.1.2.i, actualmente en cartera de DOH.

6.1.2 Obras medianas y menores

Según el Inventario Público de la DGA, las obras hidráulicas menores corresponden a aquellas normadas por el Artículo 151 del Código de Aguas. En este apartado se ha considerado como obras menores, la construcción, modificación, cambio y unificación de bocatomas, canales, embalses menores a 50.000 m³, entre otros.

Se han incorporado también en este apartado las obras relativas a abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas, así como obras de defensa fluvial. Adicionalmente, se ha considerado un apartado relativo a construcción de obras de ampliación y/o mejora de la Red Hidrométrica de la DGA.

6.1.2.1 Diagnóstico

i. Infraestructura de riego

Una causa de la baja eficiencia hídrica en la cuenca guarda relación con las deficiencias de la infraestructura de riego, que se especifican tanto para las obras de captación (bocatomas) y almacenamiento (estanques o tranques). De acuerdo a la identificación de obras realizada en el acápite 2.4.1.2, a continuación, se presenta el diagnóstico de esta tipología de obras.

Bocatomas

En el levantamiento de información efectuado en el acápite 2.4.1, se identificaron 739 bocatomas en la cuenca (CNR, 2020a), no se cuenta con información del estado de las obras en esta base de datos. Por otro lado, y de acuerdo al catastro efectuado en el estudio "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), la cuenca cuenta con un total de 575 bocatomas, existiendo una diferencia del 20% entre este catastro y la información de la mapoteca CNR (2020a).

²³ Cartera de iniciativas del MOP facilitada por la Inspección Fiscal DGA durante el desarrollo del estudio.

En dicho estudio se realizó un diagnóstico de las bocatomas de la cuenca, que indica que el 75% de las bocatomas presenta una clasificación de funcionamiento regular; esta clasificación considera variables tanto estructurales como de funcionamiento hidráulico. Cogotí, Río Grande, Río Hurtado, Mostazal, Pama, Rapel y Turbio concentran gran parte de las bocatomas clasificadas como regulares, corresponde a un grupo de ríos que presentan sus bocatomas sobre material de tierra; mientras que solo el 16% presenta un funcionamiento óptimo. El río Huatulame concentra el mejor grupo de bocatomas, en su mayoría construidas en concreto y metal, y solo una pequeña parte en material de tierra. La Tabla 6.1-3 muestra un resumen de este diagnóstico.

Tabla 6.1-3 Resumen de cantidad y estado de bocatomas

Estado	Cantidad	Porcentaje (%)
Bueno	92	16%
Malo	53	9%
Regular	430	75%
Total	575	100%

Fuente: Elaboración propia en base a CNR (2016a).

En cualquier caso, la diferencia entre el catastro mencionado en el estudio a CNR (2016a) y la base de datos actualizada CNR (2020a), hace necesario contar con información actualizada por las OUA del número de bocatomas operativas y su estado, con una actualización anual.

Cabe desatacar que el estudio citado anteriormente, ya identificó una serie de iniciativas de mejora relacionadas a obras de riego; sin embargo, las obras de captación superficial no están contenidas en el resultado de priorización de iniciativas en la cuenca.

Embalses y tranques de riego menores

Para el caso de obras de acumulación de agua para riego, dada la escasa o desactualizada información relacionada, no es posible determinar la cantidad y el estado real de estas obras. No obstante, se ha realizado una revisión al diagnóstico del estado actual de los tranques CORA presentes en la cuenca (CNR, 2016b). De acuerdo a este estudio, se identificó inicialmente un total de 97 tranques CORA; de estos, aproximadamente el 50% requiere algún tipo de rehabilitación, un 30% ya se encuentran rehabilitados, un 10% ya no existen y para un 10% el acceso a la visita fue negado y/o no existe interés por parte de sus dueños de mejorar el tranque. En la Tabla 6.1-4 se presenta un resumen de la condición y/o clasificación dada a los tranques.

Tabla 6.1-4 Cantidad y porcentaje de tranques según clasificación de diagnóstico

Clasificación de tranques	Cantidad	Porcentaje (%)
Por Rehabilitar	48	49,5%)
Rehabilitado	29	29,9%
No Existe	10	10,3%
Otros Escenario	10	10,3%
Total	97	100%

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2016b).

Cabe destacar que en el estudio “Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí” (CNR, 2016a), se señala que existe un déficit de infraestructura de acumulación intra y extrapredial, a nivel general en la cuenca, así también, un desconocimiento de la condición real de estas obras. Sobre lo anterior, el estudio mencionado ha identificado una serie de iniciativas, orientadas principalmente a sanear este. A continuación, se presentan las iniciativas planteadas respecto a esta tipología de obras en la Tabla 6.1-5.

Tabla 6.1-5 Iniciativas de embalses y tranques de riego menores propuestas en el Plan de Riego

Nombre de iniciativa	Ámbito	Unidad Territorial
Diagnóstico Alternativas de intercepción del Esguerrimiento superficial y subterráneo en el secano de la Provincia de Limarí	Acumulación	Provincial
Diagnóstico Elaboración de Proyectos de revestimiento de tranques intraprediales en la Provincia de Limarí	Acumulación	Provincial
Diagnóstico Elaboración Proyectos de tranques comunitarios e intraprediales en la Provincia de Limarí	Acumulación	Provincial
Construcción Alternativas obras de acumulación comuna de Ovalle	Acumulación	Río Grande Bajo, Río
Construcción Embalses de Regulación Río	Acumulación	Río Grande Alto

Fuente: Elaboración propia en base a CNR (2016a).

Respecto a los principales tranques de acumulación en la cuenca del río Limarí, cabe destacar el embalse Santa Julieta, el cual se presenta seguidamente.

Embalse Santa Julieta

El embalse Santa Julieta se ubica en el sector de los Llanos del Limarí, a unos 14 kilómetros al poniente de la ciudad de Ovalle. Su administración está a cargo de la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta.

Su volumen de acumulación actual es de 382.352 m³, volumen alcanzado posterior a las reparaciones efectuadas por el Ministerio de Obras públicas en el año 2016, previo a estas reparaciones su volumen era de 241.043 m³ (ACER, 2020).

Respecto a su funcionamiento, corresponde a una obra de regulación corta alimentado por el Canal Villalón. Sus aguas son distribuidas a la comunidad de los

Llanos de Limarí, perteneciente a la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta. El embalse posee inicialmente como fuente de abastecimiento el Embalse Recoleta, (ACER, 2020).

En cuanto a su estado actual, los usuarios han planteado como objetivo principal; impermeabilizar este embalse, a fin de aumentar la disponibilidad del recurso hídrico y disminuir las pérdidas por filtraciones de los volúmenes acumulados producto de la remoción de material al interior de la cubeta del embalse.

ii. Obras de abastecimiento de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas servidas

En términos de distribución de agua potable y recolección de aguas servidas a nivel urbano, la cuenca del río Limarí es abastecida por la compañía de agua potable y de servicios sanitarios, Aguas del Valle.

En el acápite 6.1.2.2ii se presenta la cartera de proyectos propuestos desde el sector privado por dicha empresa, relacionados con este tipo de obras.

Respecto a los sistemas APR, uno de los principales problemas identificados durante el desarrollo del presente estudio es la vulnerabilidad de las fuentes de agua que abastecen a los sistemas APR y la insuficiente infraestructura para la distribución del recurso, debido a que, que en aquellos lugares donde los sistemas APR no puedan abastecer directamente, la distribución de agua potable debe ser realizada a través de sistemas alternativos, como lo es el uso del transporte de agua por camiones aljibes. El uso de camiones aljibes también permite suministrar agua a aquellos sistemas APR que no posean los DAA suficientes para abastecer a sus beneficiarios o, permiten entregar agua en sistemas donde la fuente hídrica natural se encuentre agotada, entre otros casos.

De acuerdo a lo señalado en el “Plan de Emergencia Hídrica 2020-2021, Región de Coquimbo” (GORE, 2019), la provincia de Limarí es una de los territorios que presenta mayor y compleja demanda de agua potable por camiones aljibe y mayor concentración de la distribución en zonas rurales, registrándose, al año 2019, 11.011 personas abastecidas a través de este medio, siendo la comuna de Punitaqui la más afectada (4.118 personas), seguido de Combarbalá (3.770 personas), Monte Patria (1.692 personas), Ovalle (1.292 personas) y Río Hurtado (139 personas). En la Tabla 6.1-6 se muestra el volumen de agua distribuido por camiones aljibes, principalmente en territorios rurales con asentamientos humanos semi-concentrados y dispersos; y en territorios de secano, fuera de la influencia de zonas de riego.

Tabla 6.1-6 Volumen de agua distribuido por camiones aljibes para diferentes localidades en zonas rurales

Comunas	Volumen Entregado (litros) Año 2013	Volumen Entregado (litros) Año 2018	Variación (%)	N° de localidades Año 2013	N° de localidades Año 2018	Variabilidad (%)
Monte Patria	805.290	553.000	-31,30%	65	89	37%
Punitaqui	723.250	708.050	-2,10%	55	63	15%
Ovalle	324.814	455.700	40%	216	216	0%
Combarbalá	702.610	1.291.900	84%	83	116	40%
Totales	2.555.964	3.008.650		419	484	

Fuente: GORE (2019).

De acuerdo a lo señalado en el Plan de Emergencia (GORE, 2019), hasta a octubre 2019, los APR pertenecientes al Programa Nacional de Agua Potable Rural (PNAPR) y que presentan problemas en su funcionamiento, se encuentran en las comunas de Combarbalá con 5 APR (Sistemas Media Luna, Manquehua, Pama Arriba, El Sauce y Quilitapia) con problemas de abastecimiento de agua, que son apoyados con distinta frecuencia por camiones aljibe. Mientras que los sistemas APR de Punitaqui (El Hinojo) y Ovalle (Barraza Alto-Socos) no están produciendo agua y todos con restricción por niveles bajos de caudal y siendo apoyados por Camión Aljibe.

En cuanto al apoyo técnico para la regularización legal de los DAA de las APR y /o la nueva solicitud de derechos, actualmente se encuentra en ejecución el estudio "Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile: Análisis desde los comités de Agua Potable Rural" para la cuenca de Limarí, por lo que se recomienda considerar los resultados de dicho análisis para la reformulación de iniciativas que resuelvan las problemáticas relacionadas a las dispares capacidades técnicas y/o financieras de las APRs.

Por otro lado, en cuanto al diagnóstico frente a las obras de saneamiento rural, cabe señalar que, en diferentes puntos a lo largo de la cuenca del río Limarí se ha detectado presencia de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en las fuentes de agua cruda de abastecimiento de agua potable, de manera persistente en el tiempo. La presencia de la bacteria *E. coli* es atribuida principalmente a la contaminación por aguas residuales, considerando que las zonas rurales no cuentan en su totalidad con red de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas, donde eventualmente los contaminantes derivan a cuerpos hídricos receptores. De esta forma, los sectores rurales presentan necesidades de tratamiento de las aguas residuales que se generan.

Considerando lo mencionado anteriormente, la Dirección de Planeamiento del MOP actualmente evalúa a nivel de perfil el Estudio Básico "Análisis Plan de Inversión Pública en Saneamiento Rural para 20 Localidades Concentradas²⁴", en el cual se escogerán 20 localidades de un total de 205 estudiadas, en las regiones de Coquimbo

²⁴localidades rurales con una población mínima de 150 habitantes y una densidad de al menos 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable (DIRPLAN-IFARLE, 2018).

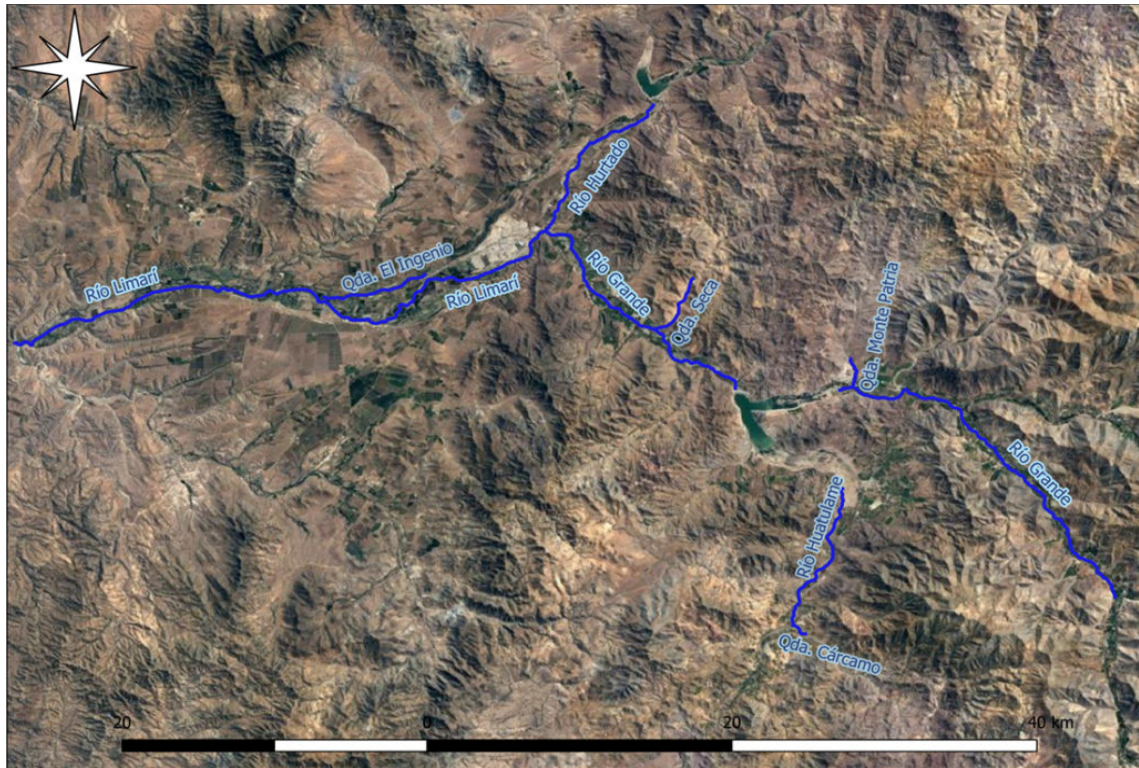
y Atacama, y se entregará un Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural, a partir del cual se seleccionarán las APR prioritarias para ejecutar diferentes iniciativas relacionadas a la implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

iii. Obras de defensa fluvial

El crecimiento económico y demográfico de los últimos años en la provincia de Limarí, ha propiciado un aumento en la intervención tanto de la caja como de las zonas ribereñas del Río Limarí y sus principales afluentes. Por otro lado, los eventos meteorológicos acontecidos en el mes de mayo del año 2017, fueron extraordinarios y significó la activación de cauces y quebradas, destruyendo y generando inundaciones de terrenos ubicados dentro de la caja de los cauces y en zonas colindantes. Producto de este evento, se dictó el Decreto de Catástrofe para las Regiones de Atacama y de Coquimbo, Decreto Supremo N° 716 y la Norma de Excepción D.S. N° 717, ambos del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, con fecha 13 de mayo de 2017.

Dado lo anterior, en octubre del año 2019, la DOH, con el objetivo de contar con una herramienta técnica que le permita la planificación de obras de defensa fluvial y protección de riberas, y a su vez entregar a otras entidades gubernamentales un instrumento técnico de planificación que complemente los existentes, licito los estudios denominados "Diagnóstico vulnerabilidad y plan de manejo de cauces cuenca río Hurtado, Región de Coquimbo" y "Diagnóstico plan de manejo cauces río Limarí, Región de Coquimbo". Se espera que ambos estudios finalicen durante el presente año 2020.

El área de estudio del "Diagnóstico plan de manejo cauces río Limarí" considera las comunas de Ovalle y Monte Patria, específicamente a partir de la confluencia de los ríos Grande y Hurtado (nacimiento), hasta 40 km aguas abajo; incluyendo también parte de los ríos Grande y Hurtado, junto con otros afluentes y quebradas (Figura 6.1-4).



Fuente: MOP (2020).

Figura 6.1-4 Área de estudio del Plan de Manejo de Cauces de la cuenca del río Limarí

Los resultados preliminares señalan que la zona de mayor riesgo de inundación corresponde a la comprendida entre la confluencia del río Hurtado y río Grande y el sector de Barraza. Ahí, la zona máxima de inundación es el sector urbano de Ovalle, el cual está delimitada por un enrocado de unos 4 metros de alto, que se encuentra protegiendo la Avenida Costanera. Por otro lado, aguas abajo de la ciudad de Ovalle, desde el puente La Chimba, el río no está confinado y se presenta como un río trenzado, con una sección transversal bastante amplia. En esta parte, se observa diferentes obras de cruce como badenes y alcantarillas. Cabe señalar que la presencia de botaderos de basura y extracciones de áridos en este sector pueden generar problemas en caso de crecidas del río (MOP, 2020).

Así mismo, los resultados preliminares del estudio, correspondientes a la etapa N° 1 del mismo concluye que para los cauces naturales de la zona de estudio, no se ha encontrado antecedentes sobre fijación de deslindes que se hayan realizado. No obstante, se estima que la fijación de deslindes es un tema relevante en la zona de estudio, toda vez que se ha verificado una ocupación creciente de terrenos ribereños, cuya propiedad –privada o pública-, podría ser materia de controversias y potenciales litigios. Por otro lado, respecto del catastro realizado, de un total de 362 obras catastradas, aproximadamente un 60% se encuentra en buen estado, un 30% en estado regular y un 10% en mal estado. Además, se observa que los cauces río Huatulame, Quebrada Seca y Estero El Ingenio, tienen la mayor proporción de obras en mal estado.

iv. Red Hidrométrica de la DGA

En este apartado se consideran las iniciativas asociadas a construcción de obras para mejorar la red hidrométrica de la cuenca, descritas con mayor detalle en el acápite 6.2.3.

6.1.2.2 Acciones en cartera actual

A continuación, se entrega el conjunto iniciativas públicas y privadas de obras medianas y menores.

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

Obras de riego

De acuerdo a la información disponible en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, actualmente se encuentra en cartera un (1) proyecto de conservación, identificado en la Tabla 6.1-7.

Tabla 6.1-7 Acciones públicas en cartera asociadas a tranques

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
40021151	Conservación sistema de riego embalse Santa Julieta, etapa 2, región de Coquimbo año y etapa a financiar: 2020-ejecución	Riego	Perfil	DOH	801.500

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020).

- Conservación sistema de riego embalse Santa Julieta:** Según el DFL 850 Art. N°17, a la Dirección de Obras Hidráulicas le corresponde realizar los trabajos de mantenimiento y reparaciones menores necesarios para mantener los estándares que garanticen la operatividad y el buen funcionamiento de las obras de riego, razón por la cual se ha propuesto un programa de rehabilitaciones de tranques y canales menores. Los trabajos a realizar corresponden a la segunda etapa de desembanque en la cubeta del tranque, recuperación del talud y reposición de la protección de enrocado, reposición de la membrana de impermeabilización y obras menores en compuertas en el canal de alimentación y descarga.

Obras de abastecimiento de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas servidas

Con respecto al abastecimiento de agua potable rural, el "Programa de Agua Potable Rural", administrado por DOH, a través de la Subdirección de Agua Potable Rural y las Direcciones Regionales respectivas, apoyadas por las Unidades Técnicas (Empresas Sanitarias), entre sus funciones comprende la gestión técnica y administrativa para la ejecución de estudios, diseños y obras de APR. Además, en la Tabla 6.1-8, se presentan las iniciativas catastradas por el "Plan de Emergencia Hídrica 2020-2021, Región de Coquimbo" (GORE, 2019), para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de APRs.

Tabla 6.1-8 Acciones públicas en cartera asociadas a obras de abastecimiento de agua potable rural

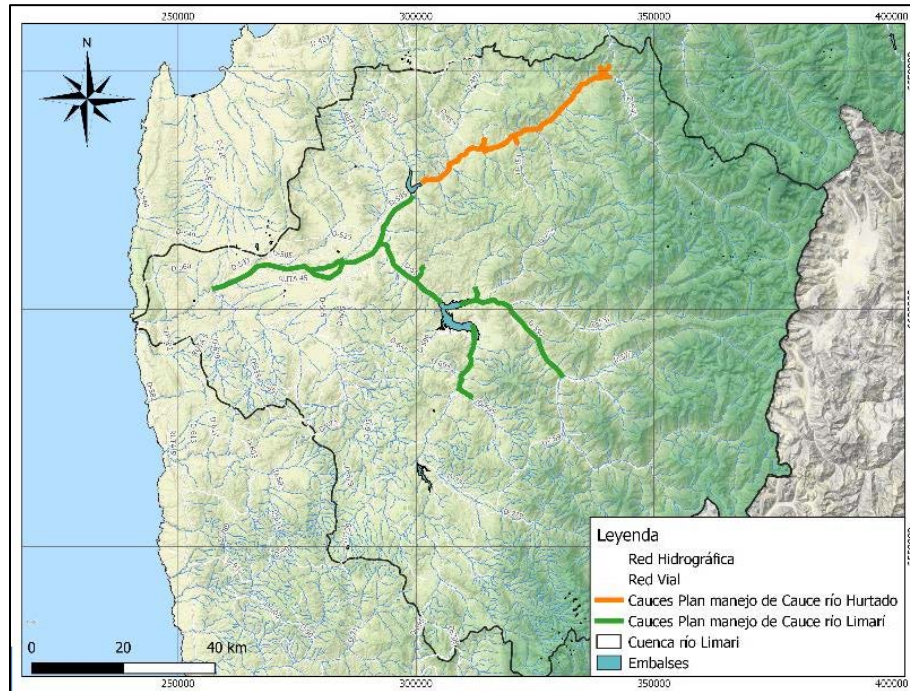
Código BIP	Descripción	Subsector	Etapa actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
30109689-0	Construcción Sistema Colectivo APR Varias Localidades, Combarbalá Año y Etapa a Financiar: 2020-Ejecución	Agua Potable	Factibilidad	DOH	1.396.324
30392034-0	Mejoramiento Sistema APR Las Breas Año y Etapa a Financiar: 2020-Ejecución	Agua Potable	Perfil	DOH	475.297
30435476-0	Conservación Sistemas de APR por Sequía 2020-2021 Año y Etapa a Financiar: 2020-Ejecución	Agua Potable	Perfil	DOH	3.641.864

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020) y GORE (2019).

Obras de defensa fluvial

Conforme a lo indicado en el acápite 6.1.2.1, se espera que durante el presente año 2020 concluyan los estudios “Diagnóstico vulnerabilidad y plan de manejo de cauces cuenca río Hurtado, Región de Coquimbo” y “Diagnóstico plan de manejo cauces río Limarí, Región de Coquimbo”, ambos desarrollados por la DOH.

El área de estudio del “Diagnóstico plan de manejo cauces río Limarí” comprende 5 tramos de ríos y 4 quebradas, con una longitud total de 125 km de cauce. Por su parte el “Diagnóstico vulnerabilidad y plan de manejo de cauces cuenca río Hurtado” abarca 53 km del río hasta el embalse recoleta y 5 quebradas (Maitenes, Pichasca, Santander, Arrayán y El Atajo) (Figura 6.1-5).



Fuente: MOP (2020).

Figura 6.1-5 Área de estudio de los Planes de Manejo de Cauce en los ríos Limarí y Hurtado

Los objetivos de ambos estudios consideran los siguientes puntos:

- Sectorizar los cauces según su aptitud para la extracción de áridos como “apto” o “no apto” y como “subexplotado” o “sobrexplotado”.
- Proponer las tasas anuales de extracción de áridos, tipo de material explotable y plazos de extracción.
- Proponer medidas no estructurales tendientes a fomentar el apropiado uso del suelo en aquellos sectores vulnerables.
- Proponer medidas estructurales, a nivel de perfil, para solucionar problemas de que afecten preferentemente población, actividad agrícola o infraestructura relevante.
- Incorporar los requerimientos ambientales en cada una de las medidas técnicas propuestas en el Plan (estructurantes y no estructurantes), acordes con las sensibilidades ambientales identificadas o según la normativa vigente.
- Realizar la evaluación económica de cada alternativa de solución según normativa del Ministerio de Desarrollo Social.
- Proponer un plan de inversiones ajustado a un marco presupuestario anual.
- Elaborar la información requerida por el Ministerio de Desarrollo Social para crear la Fichas IDI para cada proyecto.
- Identificar zonas de botaderos autorizados.
- Identificar canteras existentes y zonas de potenciales canteras.
- Validar el Plan de Manejo con los actores relevantes de la cuenca. La validación se efectuará a través de participaciones ciudadanas.

ii. Acciones en cartera del sector privado

Obras de abastecimiento de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas servidas

De acuerdo al Cronograma de Obras de la sanitaria año 2016, disponible en el portal web de la SISS (consulta octubre 2020), se espera comiencen y concluyan durante los próximos años diferentes obras asociadas a la producción y distribución de agua potable y recolección y tratamiento de aguas servidas. En la Tabla 6.1-9 y la Tabla 6.1-10 se presentan las obras vinculadas a la localidad en donde se han presentado mayores pérdidas en la distribución de agua potable, por otro lado, a fin de visualizar la existencia o no de obras de mejoramiento en la red de distribución (Tabla 6.1-11, Tabla 6.1-12 y Tabla 6.1-13). Se debe tener en consideración que el cronograma corresponde al año 2016, por tal motivo podrían existir ajustes en el cronograma no especificados.

Tabla 6.1-9 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema El Palqui

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Producción	Construcción y habilitación sondaje,	Estudio de ingeniería v compra de terreno.	2021	2021
		Construcción y habilitación 2 sondajes (Q=5 l/s c/u) e impulsión de 400 m (HDPE, D=200 mm).	2022	2022
Distribución	Mejoramiento AP Sector Estanque Santa Rosa Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=520 m, D=110-160 mm, HDPE).	2021	2021
	Planta elevadora AP Nuevo Milenio.	Estudio de Ingeniería.	2021	2021
		Ampliación PEAP Nuevo Milenio (de 18 l/s a 20 l/s; H=30 m).	2022	2022

Fuente: SISS (2020).

Tabla 6.1-10 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Sotaqui

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Disposición	Ampliación PTAS Sotaqui	Estudio de Ingeniería.	2019	2019
		Ampliación PTAS Sotaqui (Q _{máxh} =30 l/s a 45 l/s).	2021	2021

Fuente: SISS (2020).

Tabla 6.1-11 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Monte Patria

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Distribución	Mej. Sector AP Estanque Los Loros Etapa II	Estudio de Ingeniería.	2021	2021
		Mejoramientos en la red (L=1.036 m, D=110-160 mm, HDPE).	2022	2022
Recolección	Saneamiento Sector Huana Etapa I.	Construcción PEAS N° 2 (Q=8,5 l/s; H=12,6 m), instalación grupo electrógeno (10 KVA) e impulsión (D=110 mm, L=192 m, HDPE).	2020	2020

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
		Construcción PEAS N° 3 (Q=18 l/s; H=27m), instalación grupo electrógeno (16,5 KVA) e impulsión (D=200 mm, L=1.449 m, HDPE-Acero).	2020	2020
		Red principal de colectores (D=250 mm, L=1.117,5 m, HDPE).	2020	2020
	Saneamiento Sector Huana Etapa II.	Compra Terrenos PEAS N° 1 y N° 4.	2023	2023
		Construcción PEAS N° 1 (Q=4,5 l/s; H=11,3 m), instalación grupo electrógeno (7,5 KVA) e impulsión (D=110 mm, L=191 m, HDPE).	2024	2024
		Construcción PEAS N° 4 (Q=4,5 l/s; H=7,5 m), instalación grupo electrógeno (7,5 KVA) e impulsión (D=110 mm, L=80 m, HDPE).	2024	2024
		Red principal de colectores (D=200-250 mm, L=511,5 m, HDPE).	2024	2024

Fuente: Aguas del SISS (2020).

Tabla 6.1-12 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Ovalle

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Distribución	Mejoramientos Sector AP Estanque La Chimba Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=444 m, D=160 mm, HDPE).	2021	2021
	Mejoramientos Sector AP Estanque Luis Tabilo Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=27 m, D=160 mm, HDPE).	2021	2021
	Mejoramientos Sector AP Estanque Carmelitana Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=746 m, D=110-160 mm, HDPE).	2021	2021

Fuente: SISS (2020).

Tabla 6.1-13 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Punitaqui

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Producción	Ampliación Sistema de Cloración y fluoración Las Lluvias.	Estudio de Ingeniería.	2023	2023
		Ampliación Sistema de Cloración y Fluoración Las Lluvias (de 7,5 a 10 l/s)	2024	2024
Distribución	Mejoramientos Sector AP Estanque Punitaqui Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=1.938 m, D= 160-200 mm. HDPE).	2021	2021
	Mejoramientos Sector AP Estanque Las Lluvias	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=799 m. D= 160 mm, HDPE).	2021	2021

Fuente: SISS (2020).

6.1.2.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se consideran estratégicas las siguientes iniciativas:

- Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de nuevas estaciones fluviométricas (OH-02).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí recuperando y mejorando infraestructura, de manera de incrementar la cantidad y la calidad de los datos de monitoreo de las aguas superficiales.
 - Descripción: Esta iniciativa consiste en mejorar el monitoreo de caudales en la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de tres (3) nuevas estaciones fluviométricas. Todas se ubicarían en la parte baja de la cuenca, una (1) en el sector de cierre de la subcuenca río Limarí, y las otras dos (2) en el sector del estero Punitaqui, en la parte alta y media de este respectivamente.
 - Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.1-14 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.1-14 Ficha resumen Acción N°: OH-02

ACCIÓN N°:	OH-02
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	
Brecha o problemática identificada:	
Para la correcta gestión y administración del agua superficial, es necesario contar con estaciones bien distribuidas en toda la cuenca, además de servir como puntos de control, ayuda al conocimiento integral del recurso hídrico en la cuenca.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares).	
Objetivo(s) de la Acción:	
Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí recuperando y mejorando infraestructura, de manera de incrementar la cantidad y la calidad de los datos de monitoreo de las aguas superficiales, a través de la construcción de tres (3) nuevas estaciones, una (1) estación de cierre en la subcuenca del río Limarí y dos (2) estaciones en la cuenca del estero Punitaqui, en la parte alta y media de la cuenca.	
Características generales:	
Ámbito:	Red Hidrométrica DGA
Ubicación:	Subcuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	DGA, DOH, OUA
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto/Mediano plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	DGA
Entidad(es) responsable(s):	DGA
Observaciones:	
No se identifican acciones públicas ni privadas en cartera vinculadas a estaciones de aforo de aguas superficiales en la cuenca.	

Fuente: Elaboración propia.

- Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la DGA, mediante la construcción de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos (OH-03).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de cuatro (4) nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.
 - Descripción: Esta iniciativa consiste en la construcción de una red de medición de niveles de agua subterránea en distintos puntos de la cuenca, y su utilización para la toma de muestras de agua para el monitoreo de su calidad. Dicha información es relevante para la caracterización del estado del acuífero, y facilita la correcta gestión de los recursos hídricos subterráneos en los distintos SHAC de la cuenca.

Se propone como ubicación de los nuevos pozos SHAC Higuerilla, SHAC Río Ponio, SHAC Quebrada Grande y SHAC Limarí Desembocadura. El monitoreo de niveles y calidad de aguas puede efectuarse en nuevos pozos de explotación que cuenten con sensor de nivel y data logger o la habilitación de pozos suspendidos.
 - Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.1-15 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.1-15 Ficha resumen Acción N°: OH-03

ACCIÓN N°:	OH-03
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	
Brecha o problemática identificada:	
En cuanto a la gestión técnica y administrativa de las aguas subterráneas, la medición de niveles del acuífero proporciona la información necesaria para la gestión del recurso hídrico en los SHAC. Por lo tanto, el fortalecimiento de la red de medición de niveles, para favorecer la gestión de los acuíferos, debe contar con pozos de medición, bien distribuidos en todos los SHAC de la cuenca.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares).	
Objetivo(s) de la Acción:	
Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de cuatro (4) nuevos puntos de medición de niveles subterráneos en los SHAC Higuierilla, Río Ponio, Quebrada Grande y Limarí Desembocadura, de manera de mejorar la información relativa a balances de agua subterránea.	
Características generales:	
Ámbito:	Red Hidrométrica DGA
Ubicación:	SHAC Higuierilla, Río Ponio, Quebrada Grande y Limarí Desembocadura
Beneficiarios directos:	DGA, titulares de DAA subterráneos de SHAC
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto/Mediano plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	DGA
Entidad(es) responsable(s):	DGA
Observaciones:	
Los puntos podrán ser nuevos pozos de explotación que cuenten con sensor de nivel y data logger o la habilitación de pozos suspendidos. No se identifican acciones públicas ni privadas en cartera vinculadas a sistemas de medición de niveles subterráneos.	

Fuente: Elaboración propia.

- Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la DGA, mediante la construcción de una nueva estación glaciológica (OH-04).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de una estación glaciológica.
 - Descripción: Debido a la falta de información glaciológica y meteorológica en sectores donde se ubican glaciares en la cuenca, resulta relevante contar con al menos una estación que sirva de representación para el resto, de manera que se pueda contrastar dichos datos con la evolución del glaciar en el tiempo. Es así como se propone la construcción de una estación glaciológica en la subcuenca del río Hurtado o en la subcuenca río Grande, donde se concentran la mayoría de los glaciares de la cuenca.
 - Instancias de relación vinculadas: Esta iniciativa no se relaciona con algún eje u objetivo de instancias de relación o mesas de trabajo actualmente vigente en la cuenca. Esto se debe a que la instancia actualmente activa (Anexo I acápite 4.3.4b), tienen como objetivo iniciativas a corto plazo.

En la Tabla 6.1-16 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.1-16 Ficha resumen Acción N°: OH-04

ACCIÓN N°: OH-04	
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	
Brecha o problemática identificada:	
Es importante la generación de data sistemática sobre glaciología en la cuenca del río Limarí, considerando que estos recursos constituyen una reserva hídrica para satisfacer la demanda en la cuenca. No existen estaciones glaciológicas en la cuenca, por lo que se considera relevante disponer de monitoreo en algún glaciar representativo para el estudio de la evolución del mismo.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares). Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el	
Objetivo(s) de la Acción:	
Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de una (1) estación glaciológica, con el objetivo de contar con información histórica sobre un glaciar representativo.	
Características generales:	
Ámbito:	Red Hidrométrica DGA
Ubicación:	Subcuenca río Hurtado
Beneficiarios directos:	DGA, JVRH
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Mediano plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	DGA
Entidad(es) responsable(s):	DGA
Observaciones:	
No se identifican acciones públicas ni privadas en cartera vinculadas a estaciones glaciológicas en la cuenca.	

Fuente: Elaboración propia.

- Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades concentradas de la cuenca del río Limarí (OH-05).
 - Objetivo: Construcción sistemas de alcantarillados, tratamientos y disposición de aguas servidas en zonas rurales, para para una adecuada disposición de estas y así evitar contaminar el acuífero.
 - Descripción: Esta iniciativa se enmarca en el "Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para 20 localidades concentradas en las regiones de Atacama y Coquimbo" (código BIP 40005219-0), y busca contrarrestar lo observado en relación a la presencia de contaminantes microbiológicos como coliformes totales y *E. coli* en el curso medio de la cuenca del río Limarí, lo cual sería atribuido a contaminación por aguas residuales, principalmente en zonas rurales que no cuentan con alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas. De acuerdo a lo señalado por DIRPLAN para la postulación de este estudio, el objetivo del proyecto se enmarca en el lineamiento estratégico del MOP de abordar las desigualdades en infraestructura entre sector urbano y rural, presentándose actualmente en este último solo un 12% de cobertura de evacuación y tratamiento de aguas servidas.

La implementación de estos sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas se guiará por los resultados de la iniciativa OM-01, que consiste en la elaboración del Plan de Inversión a nivel de cuenca para el 100% de las APR.

El alcance considerado en la presente iniciativa considera al menos la ejecución de 10 sistemas APR con las adecuadas obras de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

- Instancias de relación vinculadas: Esta iniciativa no se relaciona con algún eje u objetivo de instancias de relación o mesas de trabajo actualmente vigente en la cuenca. Esto se debe a que la instancia actualmente activa (Anexo I acápite 4.3.4b), tienen como objetivo iniciativas a corto plazo.

En la Tabla 6.1-17 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.1-17 Ficha resumen Acción N°: OH-05

ACCIÓN N°: OH-05	
Nombre de la Acción:	
Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Limarí, se ha detectado presencia de Coliformes Totales y <i>Escherichia coli</i> en las fuentes de agua cruda de abastecimiento de agua potable, de manera persistente en el tiempo. La presencia de la bacteria <i>E. coli</i> es atribuida principalmente a la contaminación por aguas residuales; considerando que las zonas rurales no cuentan en su totalidad con red de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas, eventualmente los contaminantes derivan a cuerpos hídricos receptores.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 1.3. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 4.1. Conservar y/o mejorar el estado de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Construcción de sistema de alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas servidas en zonas rurales concentradas, para una adecuada disposición de éstas y evitar la potencial contaminación del acuífero.	
Características generales:	
Ámbito:	Agua potable/Ecosistema
Ubicación:	Cuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	Organización APR en localidad rural concentrada* de la cuenca del río Limarí y priorizada en Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural Coquimbo.
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Mediano/Largo plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	GORE-SUBDERE a través del FNDR
Entidad(es) responsable(s)	Municipalidades
Observaciones:	
Según al informe realizado por la Mesa Nacional del Agua (MOP, 2020), "en cuanto al saneamiento en zonas rurales, esta es una tarea pendiente", estimándose que la cobertura de alcantarillado en zonas rurales (a nivel nacional) no supera el 25% (DIRPLAN-IFARLE, 2018). Debido a esto, actualmente se evalúa a nivel de perfil el Estudio Básico "Análisis Plan de Inversión Pública en Saneamiento Rural para 20 Localidades Concentradas*", en el cual se escogerán 20 localidades de un total de 205 estudiadas, en las regiones de Coquimbo y Atacama, y se entregará un Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural, a partir del cual se seleccionarán las APR prioritarias para ejecutar la presente iniciativa.	
*localidades rurales con una población mínima de 150 habitantes y una densidad de al menos 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable (DIRPLAN-IFARLE, 2018).	

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos del presente PEGH, no se generan nuevas iniciativas relativas a construcción de obras de riego (específicamente mejoras en bocatomas y construcción de tranques de riego), siendo que la CNR ya generó un plan propio (Plan de Riego, año 2016) para llevar a cabo iniciativas prioritarias a partir de su diagnóstico. No obstante, desde un punto estratégico, se apoya y enfatiza en la importancia de ejecutar las iniciativas priorizadas en dicho Plan respecto a actuaciones de mejora en bocatomas y tranques.

Por otro lado, respecto las obras de agua potable urbana, es la propia empresa sanitaria quien, bajo la aprobación de la SISS, establece las inversiones necesarias para garantizar el abastecimiento de agua potable y saneamiento correspondiente en su territorio operacional; por lo anterior, no se incluyen acciones estratégicas en el presente Plan de Acción.

Finalmente, no se incluyeron en el presente PEGH nuevas iniciativas públicas relacionadas al mejoramiento, profundización o ampliación en la red de APRs, debido a que dicho tipo de obras forman parte del trabajo que realiza el "Programa de Agua Potable Rural" de DOH como parte de sus objetivos principales, los cuales incluyen "ejecutar la inversión necesaria y realizar la asesoría respectiva a las organizaciones responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas [APR]"²⁵. Asimismo, el consultor considera relevante la ejecución de las iniciativas generadas y priorizadas por dicho Programa.

6.1.3 Tecnificación y revestimientos

En este apartado se realiza un diagnóstico y recopilación de acciones en cartera de información secundaria en relación al grado de tecnificación de la superficie agrícola del valle del río Limarí y el nivel de revestimiento de sus canales, así como potenciales medidas a considerar en el PEGH.

6.1.3.1 Diagnóstico

i. Tecnificación

La información respecto al nivel de tecnificación de los predios agrícolas actualmente se ha estimado en el apartado relativo a la demanda agrícola (Anexo J.6.3), considerando principalmente el último Catastro Frutícola regional (metodología en Anexo F). De lo anterior, en la Tabla 6.1-18 se presenta el resultado actual (año 2019).

²⁵ Ver Objetivos del Programa de Agua Potable Rural (<http://www.doh.cl/APR/AcercadeAPR/Paginas/ObjetivosProgramaAPR.aspx>) [fecha consulta: 02 de noviembre de 2020].

Tabla 6.1-18 Estimación de la eficiencia de aplicación de riego, por comuna y cuenca

Comuna	Eficiencia de aplicación (%)
Andacollo	49%
Ovalle	79%
Combarbalá	80%
Monte Patria	80%
Punitaqui	80%
Río Hurtado	53%
Cuenca río Limarí	77%

Fuente: Elaboración propia.

A nivel de cuenca, se obtiene una eficiencia estimada del 77%. En general, se puede considerar que el grado de tecnificación es medio-alto (considerando un valor máximo de 90% en el caso de riego por goteo, y uno mínimo del 30% correspondiente a tendido). Al respecto, la zona con menor tecnificación de riego corresponde a:

- Sectores de riego de la comuna de Río Hurtado, con un porcentaje de 53% de eficiencia de aplicación. Constituye la zona, de en torno a 2.300 ha, con mayor ineficiencia de riego a nivel predial.

Si bien la comuna de Andacollo también presenta valores de eficiencia de aplicación bajos, el área regada es muy reducida respecto del global de la cuenca del río Limarí.

Por otro lado, señalar que las inversiones en tecnificación de predios agrícolas suelen darse con recursos propios (privados) o a través de los fondos concursables de CNR gracias a la Ley de Fomento al Riego N° 18.450. En este sentido, se considera oportuno aportar recursos para tecnificación aplicables a toda la cuenca del río Limarí.

ii. Revestimiento de canales

El estudio "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a), se señala que existe un total de 637 canales, concentrándose la mayor cantidad de canales en la cuenca se ubican en el sector de río Grande. La Tabla 6.1-19 muestra la cantidad de canales por subcuenca.

Tabla 6.1-19 Canales por subcuenca

Subcuenca	Cantidad
Río Hurtado	117
Río Limarí	92
Río Grande	306
R. Huatulame	122
Total	637

Fuente: Elaboración propia en base a CNR (2016a).

En este estudio se realizó un análisis de los principales canales de la cuenca, según información recopilada en las Asociaciones de Canalistas y Juntas de Vigilancia, donde

en general los canales que presentan menores eficiencias de conducción corresponden a los canales ubicados en el sector de Río Hurtado y el sector medio de Río Grande Medio, que en promedio presentan una pérdida del 25% y valores de 23%, respectivamente. Los canales con mayor eficiencia en la conducción corresponden a los ubicados en los sectores de sector bajo de Río Grande, con una pérdida promedio de 12%. En un tramo intermedio de pérdidas se puede clasificar los canales del sector alto de Río Grande y Río Limarí, con un 16% de pérdida y río Cogotí con pérdidas de 19%. Estas pérdidas se deben, principalmente, por percolación en canales sin revestimiento; no obstante, la condición actual del estado de este tipo de obras en la cuenca no existe, por lo que la recomendación de mejora a la red de canales se acentúa principalmente en diagnosticar el estado actual de la red, para poder formular proyectos de mejora.

Finalmente, desatacar que la información presentada en el estudio ya identificó una serie de iniciativas de mejora relacionadas a estas obras de riego. En la Tabla 6.1-20, presenta un resumen de la cartera de iniciativas sintetizadas en dicho informe.

Tabla 6.1-20 Iniciativas de tecnificación y/o revestimiento de canales propuestas en el Plan de Riego

Nombre de iniciativa	Ámbito	Unidad Territorial
Diagnóstico Elaboración Proyectos para incorporar Energías Renovables a sistemas de riego en la Provincia de Limarí	Riego tecnificado	Provincial
Diagnóstico Elaboración Proyectos de riego tecnificado en la Provincia de Limarí	Riego tecnificado	Provincial
Diagnóstico Elaboración Proyectos de mejoramiento obras de conducción en el río Limarí	Obras de Conducción	Río Limarí, Cuencas Costeras entre Limarí y Choapa
Diagnóstico Elaboración de Proyectos de mejoramiento de obras de conducción en Río Hurtado	Obras de Conducción	Río Hurtado
Diagnóstico Elaboración Proyectos de mejoramiento obras de conducción en la subcuenca del río Huatulame	Obras de Conducción	Río Pama-Combarbalá-Cogotí-Huatulame
Diagnóstico Elaboración Proyectos de mejoramiento obras de conducción en el río Grande	Obras de Conducción	Río Grande Alto, Río Grande Medio, Río Grande Bajo
Diagnóstico Elaboración Proyectos de mejoramiento obras de conducción en el Estero Punitaqui	Obras de Conducción	Río Limarí

Fuente: Elaboración propia en base a CNR (2016a).

6.1.3.2 Acciones en cartera actual

De acuerdo a la información disponible en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, actualmente se encuentran en cartera un (1) proyecto regional asociado a conservación de obras riego. En la Tabla 6.1-21 se identifica la iniciativa.

Tabla 6.1-21 Acciones públicas en cartera asociadas a obras de riego

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
40022422-0	Conservación infraestructura de riego región de coquimbo Año y Etapa a Financiar: 2020-Ejecución	Riego	Perfil	DOH	83.100

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020).

Por otro lado, es importante mencionar que, este tipo de actuaciones mayoritariamente se implementan a través de los concursos de la CNR asociados a la Ley de Fomento al Riego N° 18.450, con financiación público-privada.

6.1.3.3 Iniciativa de gestión modelada

En el marco del presente estudio, se ha modelado un escenario de gestión (E3) en el cual se ha analizado el impacto del incremento del nivel de tecnificación de riego en el conjunto de la cuenca del río Limarí sobre el balance hídrico. Para ello, se consideró un aumento de tecnificación de hortalizas desde un 50% hasta un 90% de eficiencia de aplicación de riego, esto es, suponiendo el paso de este grupo de cultivos a riego tecnificado por goteo/cinta.

Como resultados, se observó el efecto de esta medida a partir del año 2025, en donde la demanda no cubierta se reduce en un 12% uniforme en promedio para toda la cuenca; así mismo, se observó una mayor disponibilidad en caudales superficiales, resultando en una reducción promedio de 247 l/s. En relación al recurso subterráneo, esta medida implica una menor medida de percolación desde zonas de riego, observando una disminución de la recarga superficial de 100 l/s respecto el escenario base futuro, generando un mayor desembalse en el acuífero (-519 l/s).

Los resultados detallados de la modelación de este escenario de gestión se presentan en el apartado 5.4.2.

6.1.3.4 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se considera estratégica la siguiente iniciativa:

- Programa de tecnificación de riego en la cuenca del río Limarí (OH-01).
 - Objetivo: Incrementar el grado de tecnificación de la superficie agrícola en riego.
 - Descripción: Esta iniciativa pretende incrementar el grado de tecnificación de la superficie agrícola en riego, mediante fondos concursables específicos de tecnificación en la cuenca del río Limarí, acompañado de un apoyo técnico a regantes para la exitosa postulación a dichos subsidios. Esto debido a que a pesar de que existen recursos económicos periódicos para tecnificación gestionados generalmente por

la CNR, a través de la Ley de Fomento al Riego N° 18.450, se aprecia una limitación en los fondos concursables, que provoca que el grado de tecnificación se incremente muy lentamente en el tiempo.

Se espera tener un ratio de tecnificación sobre áreas actuales de riego de 150 ha/año aproximadamente, destinando un nicho específico para la subcuenca del río Hurtado, donde se constataron los valores de eficiencia más bajos de la cuenca (53%), que a nivel global es del 77%.

- o Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).
- o Observaciones: Si bien esta medida supone una incidencia sobre la recarga acuífera asociada al área de tecnificación, se sustenta en el hecho que, en primer lugar, no es una acción general en la cuenca sino en una subcuenca donde se identifica un menor porcentaje en la eficiencia de aplicación; y, en segundo lugar, señalar que, en situación de escasez del recurso superficial, los usuarios deben tener mecanismos para aprovechar el recurso de acuerdo a sus DAA de esta naturaleza.

En la Tabla 6.1-22 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.1-22 Ficha resumen Acción N°: OH-01

ACCIÓN N°:	OH-01
Nombre de la Acción:	Programa de tecnificación de riego en la subcuenca río Hurtado de la cuenca del río Limarí.
Brecha o problemática identificada:	El porcentaje de eficiencia de aplicación en el valle del río Limarí, el cual se estima entorno al 77%, puede incrementarse a través del apoyo a la tecnificación de los sistemas de riego actuales, de forme de mejorar la pérdida del recurso en los predios agrícolas. Se aprecian valores de eficiencia más bajos en la subcuenca del río Hurtado. Existen recursos económicos periódicos para tecnificación gestionados generalmente por la CNR, a través de la Ley de Fomento al Riego N° 18.450. No obstante, entre otros factores, se aprecia una limitación en los fondos concursables, que provoca que el grado de tecnificación se incremente muy lentamente en el tiempo.
Eje(s) del Plan:	Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda.
Objetivo(s) del Plan:	Objetivo 1.1. Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua considerando cambio climático, sequía e inundaciones.
Objetivo(s) de la Acción:	Incrementar el grado de tecnificación de la superficie agrícola en riego, mediante fondos concursables específicos de tecnificación en la cuenca del río Limarí.
Características generales:	
Ámbito:	Riego
Ubicación:	Subcuenca río Hurtado
Beneficiarios directos:	Regantes
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto/Mediano/Largo plazo
Tipo de financiación:	Público-Privada
Entidad(es) financiadora(s)	CNR-GORE-Privado
Entidad(es) responsable(s):	CNR
Observaciones:	Se espera tener un ratio de tecnificación de 150 ha/año aproximadamente, destinando nicho específico para la subcuenca del río Hurtado.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 MEDIDAS DE GESTIÓN

A continuación, se identifican aquellas herramientas necesarias para mejorar la gestión y coordinación entre los diferentes actores de interés en la toma de decisiones sobre los recursos hídricos.

6.2.1 Gobernanza

A continuación, se identifican aquellas herramientas necesarias para mejorar la gestión y coordinación entre los diferentes actores de interés en la toma de decisiones sobre los recursos hídricos.

6.2.1.1 Diagnóstico

En relación a la importancia de avanzar hacia una participación y colaboración integrada efectiva, cabe señalar que las instancias de participación en la cuenca del río Limarí no se realizan en las escalas recomendadas para una gestión hídrica adecuada (cuenca/subcuenca hidrográfica), y tampoco son instancias públicas para todos los actores de interés en la cuenca, sino que para un grupo limitado de OUA (Juntas de Vigilancia) relacionados a actividades productivas particulares y ciertos representantes de entidades públicas. Como se mencionó en el acápite 2.6.3.1i, en Chile se trabaja con el concepto de cuenca natural como entorno de organización hídrica, sin embargo, los órganos de administración pública con competencias relacionadas al agua usualmente son entes centralizadas con representatividad regional e incluso zonal; esto conlleva a que estudios y programas relacionados a gestión hídrica se apliquen dentro de límites políticos en lugar de límites naturales. Por ejemplo, la existencia de Mesas Hídricas Provinciales o Regionales en Coquimbo, si bien tienen su función acotada a esos límites administrativos, no juegan el rol de instancia a nivel de cuenca, por ejemplo, la Mesa Regional de para la Emergencia Hídrica. Es decir, si bien estas mesas abarcan temáticas concernientes a la cuenca de Coquimbo, también incluye a otras cuencas de la región (cuenca río Choapa, río Elqui, cuencas costeras, entre otras), por lo que la identificación de problemas y priorización de soluciones no serán estratégicas o alineadas con las necesidades propias de la cuenca, sino que se convertirán en iniciativas atomizadas dentro del territorio regional.

Mejorar dichas instancias requiere aumentar la variedad de herramientas participativas disponibles para las OUA y extender los aportes de las partes interesadas más allá de un enfoque sobre los asuntos ambientales. Además, se debe reforzar el rol de las entidades públicas territoriales relacionadas a la gestión hídrica como garantes de una planificación a nivel local alineada y coordinada, brindando apoyo a los actores interesados a través de aportes financieros, tutoriales técnicos, y otros recursos que facilitarán su participación. En el caso de la cuenca del río Limarí, existe una mesa de trabajo a nivel regional (Mesa Regional para la Emergencia Hídrica), en la cual trabajan permanentemente actores relacionados a instituciones públicas, sin embargo, y como se menciona en el Plan Estratégico (acápite 2.6.1.2), la participación de Organizaciones de Usuarios de Agua no es periódica ni establecida y es dependiente de la situación atinente a tratar en la mesa, además, tampoco incluye periódicamente a otras entidades privadas, como Mineras, representantes de

APRs, representantes de sanitarias; miembros de la sociedad civil, como comunidades indígenas, organizaciones ambientalistas, representantes del turismo, entre otros²⁶. Debido a lo anterior, se concluye que la cuenca del río Limarí no cuenta con instancias de participación y colaboración integradas efectivas.

Otro aspecto que influye en la gobernanza de la cuenca tiene relación a las fiscalización y sanciones en materia de aguas. Según a lo señalado por los actores en las reuniones PAC, las problemáticas asociadas a este tema se vinculan con el deficiente monitoreo de extracciones como base para la ejecución de dichos procesos de forma exitosa. Sobre este último punto, en el presente Plan se presentan iniciativas de mejora tanto en las instalaciones de monitoreo como en los protocolos de medición. Con respecto a los procesos de fiscalización y sancionatorios, es DGA en su rol asignado por el solo ministerio de la ley, la entidad encargada de fiscalizar el cumplimiento de las normas del Código de Agua e iniciar los procesos sancionatorios de oficio cuando tomare conocimiento de hechos que puedan constituir infracciones de dichas normas, por denuncia de un particular, por medio de una autodenuncia, o a requerimiento de otro servicio del Estado (Ley N° 21.064). Debido a lo mencionado anteriormente, no se considera como medida estratégica el formular iniciativas relacionadas a procesos de fiscalización, dado que es una labor propia de DGA. No obstante, en el acápite 6.2.5.1 se presenta un breve análisis sobre la relación entre las capacidades técnicas y organizacionales de las OUA y su disposición a participar en dichos procesos.

La información recopilada para el diagnóstico de la gobernanza en la cuenca del río Limarí se ha presentado en el acápite 2.6.

6.2.1.2 Acciones en cartera actual

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

A continuación, se entrega el conjunto de iniciativas públicas identificadas en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO), las que consideran una (1) iniciativa de planificación para la coordinación. En la Tabla 6.2-1 se entrega el detalle de las iniciativas.

Tabla 6.2-1 Iniciativas públicas en la cuenca de Limarí para mejoras en gobernanza

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
30409172	Análisis para el desarrollo de un plan Nacional de Recursos Hídricos año y etapa a financiar: 2020-ejecución.	Recursos Hídricos	Ejecución	DGA	2.392.185

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020).

²⁶ (Acápite 2.6.3.3iii) sobre lecciones internacionales para la cuenca y las entidades que se deberían incluir en los procesos participativos.

La justificación del proyecto, según lo indicado en las Fichas IDI asociadas a cada iniciativa se indica a continuación:

- **Análisis para el desarrollo de un Plan Nacional de Recursos Hídricos:**
La problemática que existe actualmente en las cuencas chilenas es el incremento de conflictos y competencia por el agua entre los diversos actores, debido a la falta de coordinación y orientación en la gestión del recurso hídrico, por consiguiente, se requiere la formulación e implementación de un plan nacional de recursos hídricos que mitigue esta problemática.

ii. Acciones en cartera del sector privado

No se identifican propuestas desde privados en torno a gobernanza en la cuenca.

6.2.1.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se consideran estratégicas las iniciativas siguientes:

- Creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí (MG-06).
 - Objetivo: Fomentar la participación activa de diversos intereses productivos, sociales, culturales y económicos en la gestión hídrica y gobernanza entre actores relevantes en materia hídrica en la cuenca del río Limarí.
 - Descripción: Esta iniciativa busca generar una instancia fija de participación activa de los diversos intereses productivos, sociales, culturales y económicos en la gobernanza en materia hídrica, a través de la disposición de facilitadores para guiar en la toma de decisiones conjuntas y armónicas en la cuenca del río Limarí.

Así, se pretenden brindar apoyo a los actores interesados, el cual proveería de aportes financieros, tutoriales técnicos y otros recursos que facilitarían su participación en las diferentes instancias de coordinación en la cuenca; además de contar con un proceso de sensibilización sobre la importancia de contar con este servicio. Se propone usar como experiencia además el trabajo realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de California y su "Servicio de Apoyo a la Facilitación" (FSS por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es contratar consultorías y profesionales para proporcionar servicios de apoyo de facilitación a agencias públicas locales que buscan determinar las estructuras de gobernanza efectivas para las "Agencia de sostenibilidad del agua subterránea", con el fin de implementar los requisitos de la Ley de Gestión Sostenible de las Aguas Subterráneas (SGMA).

Se plantea la conformación de esta iniciativa en la cuenca con el apoyo de profesionales externos (a través de consultorías) y un aporte en menor medida de profesionales públicos de planta como coordinadores de las solicitudes de servicios de facilitación, los cuales, en su conjunto, puedan prestar servicios de asistencia a las OUA en procesos relacionados a:

- Mejoras en el desarrollo organizacional de la OUA, a través de la asistencia en la ejecución de evaluaciones de usuarios y/o dirigentes; guías para el desarrollo de buenas prácticas de gestión y gobernanza hídrica; planes de gestión; planes maestros; entre otros.
- Planificación y desarrollo de instancias de coordinación y participación entre actores interesados en la gestión hídrica en la cuenca (públicos y/o privados).
- Desarrollo de herramientas de divulgación pública (páginas web; acceso e interacción con la prensa; entre otros).
- Desarrollo de metodologías o protocolos para la integración y participación de comunidades indígenas y/o miembros de la sociedad civil interesados en temas hídricos (organizaciones ambientalistas; juntas de vecinos; entre otros).
- Mediación de conflictos y metodologías de negociación.

De esta forma, el Servicio de Facilitación se convertiría en una herramienta complementaria para la mejora de las instancias de coordinación actualmente existente y facilitaría la generación de nuevos vínculos o alianzas, ya sea entre usuarios o entre actores interesados.

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-2 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-2 Ficha resumen Acción N°: MG-06

ACCIÓN N°: MG - 06	
Nombre de la Acción:	
Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Las instancias de participación en la cuenca del río Limarí no se realizan en las escalas recomendadas para una gestión hídrica adecuada (cuenca/subcuenca hidrográfica), ya que su alcance cubre límites administrativos ("Mesa Regional de trabajo para la sequía"); además, no son instancias públicas para todos los actores de interés en la cuenca, sino que para un grupo limitado de OUA (usualmente Juntas de Vigilancia) relacionados a actividades productivas particulares y ciertos representantes de entidades públicas.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 3. Gestión y gobernanza del agua.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público - privada en materia hídrica.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Fomentar la participación activa de diversos intereses productivos, sociales, culturales y económicos en la gestión hídrica y gobernanza entre actores relevantes en materia hídrica, a través de la disposición de facilitadores para guiar en la toma de decisiones conjunta y armónica en la cuenca del río Limarí.	
Características generales:	
Ámbito:	Gobernanza
Ubicación:	Cuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	Actores públicos y privados relacionados con la toma de decisiones en temas hídricos de la cuenca.
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DGA
Entidad(es) responsable(s)	DGA Región de Coquimbo
Observaciones:	
Esta iniciativa surge de la importancia de reforzar el rol de las entidades públicas territoriales relacionadas a la gestión hídrica como garantes de una planificación a nivel local (cuenca) alineada y coordinada, brindando apoyo a los actores interesados a través de aportes financieros, tutoriales técnicos, y otros recursos que facilitarán su participación. Como experiencia, analizar el trabajo realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de California y su "Servicio de Apoyo a la Facilitación" (FSS por sus siglas en inglés), como apoyo a las Agencias de Sustentabilidad de Aguas Subterráneas, encargadas de la administración de aguas subterráneas en el Estado.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Constitución de reservas

A continuación, se diagnostica el estado de las áreas de reserva en la cuenca, se señala la factibilidad de su constitución y las iniciativas necesarias para lograrlo, de ser necesario.

6.2.2.1 Diagnóstico

La constitución de reservas de agua está definida por el Artículo 147 bis inciso 3° del Código de Aguas, el cual dispone que *"cuando sea necesario reservar el recurso para el abastecimiento de la población por no existir otros medios para obtener el agua, o bien, tratándose de solicitudes de derechos no consuntivos y por circunstancias excepcionales y de interés nacional, el Presidente de la República podrá, mediante decreto fundado, con informe de la Dirección General de Aguas, disponer la denegación parcial de una petición de derecho de aprovechamiento"*. Cabe señalar que, de acuerdo a lo señalado en el Inventario Público de Obras Estatales de Desarrollo del Recurso y Reservas de Aguas²⁷ de DGA, al momento de realizar este estudio, la cuenca de Limarí no cuenta con Decretos para la reserva de agua.

Para emitir un Decreto de Reserva, es necesaria la realización de un Informe Técnico DGA, el cual definirá el caudal disponible para reserva; usualmente son denominados "Análisis de Caudales de Reserva en Aguas Subterráneas para Abastecimiento de la Población en Acuíferos" o "Análisis de Caudales de Reserva en Aguas Superficiales para Abastecimiento de la Población", dependiendo de la fuente de abastecimiento analizada. De acuerdo a la revisión de antecedentes realizada, al momento del desarrollo del presente estudio, no se identifica la existencia de este informe en la cuenca del río Limarí.

Con respecto a las posibilidades de constituir nuevas zonas de reserva, se debe considerar que 7 SHAC en la cuenca de Limarí están declarados como Área de Restricción²⁸, es decir, existe la posibilidad de decretar reservas a través de la constitución de DAA provisionales, con la condición de que los acuíferos posean volúmenes de agua disponibles para tal fin. En la Tabla 6.2-3 se presentan los volúmenes disponibles para DAA provisionales y el estado de restricción para cada SHAC.

²⁷ <en línea> https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/obras_estatales_y_reservas/, visitado por última vez el 24 de septiembre de 2020.

²⁸ Tabla 4.2-2.

Tabla 6.2-3 Volúmenes de disponible para DAA provisionales en los SHAC de la cuenca del río Limarí

SHAC	Limitación	Volumen disponible DAA provisionales (m ³ /año)	Resolución DGA	Fecha Publicación
Cogotí	Área de Restricción	603.914	N° 115	01-09-2009
Combarbalá	Área de Restricción	No hay disponibilidad	N° 115	01-09-2009
El Ingenio	Área de Restricción	No hay disponibilidad	N° 115	01-09-2009
Guatulame	Área de Restricción	No hay disponibilidad	N° 115	01-09-2009
Higuerilla	Área de Restricción	166.652	N° 115	01-09-2009
Quebrada Grande	Área de Restricción	186.850	N° 115	01-09-2009
Río Pama	Área de Restricción	No hay disponibilidad	N° 115	01-09-2009

Fuente: Elaboración propia basada en DGA-H2CUENCA (2014).

Es importante considerar que, en los sectores con factibilidad de reserva existen un (4) sistemas APR ubicado en el SHAC sector Cogotí²⁹ y tres (3) sistemas APR en el SHAC sector Quebrada Grande³⁰; de este último SHAC, el APR El Sauce y el APR Quilitapia han sido identificados como sistemas con problemas de abastecimiento de agua, que son apoyados con distinta frecuencia por camiones aljibe (GORE, 2020).

Finalmente, durante el proceso de reuniones PAC, los actores convocados (en sus diferentes ámbitos, agua potable, riego, otros) no señalaron como una necesidad territorial prioritaria la constitución de áreas de reserva.

6.2.2.2 Acciones en cartera actual

No se identifican propuestas en cartera en torno a constitución de reservas en la cuenca.

6.2.2.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

Debido a lo mencionado en el diagnóstico, la constitución de reservas de agua no se considera una iniciativa estratégica por ejecutar en la cuenca durante esta etapa; sin embargo, continúa siendo una opción disponible para análisis futuro, si es que se presentan actores que así lo requieran.

²⁹ Sistemas APR Cogotí 18, La Isla, La Ligua de Cogotí; Las Barranca El Chino y El Durazno.

³⁰ Sistema APR El Huacho, El Sauce y Quilitapia.

6.2.3 Sistemas de Información

En el presente acápite se presentan las herramientas de información necesarias para el apoyo a los actores relevantes de la cuenca en la toma de decisiones sobre la gestión de recursos hídricos y gobernanza, con énfasis en la Red Hidrométrica de la DGA.

6.2.3.1 Diagnóstico

Red Hidrométrica DGA

De acuerdo a la revisión realizada en el acápite 2.4.2 y el análisis de la oferta y demanda y gobernanza realizado en el presente estudio, se ha identificado la necesidad de mejoras en la red hidrométrica de la DGA. Dependiendo del grupo de control al que pertenece el tipo de estación, se expone el diagnóstico en el siguiente orden: red fluviométrica, nivel de pozos, nivel de lagos y embalses, glaciológica, calidad de las aguas, meteorológica y sedimentométrica.

i. Fluviometría

En términos generales, la red fluviométrica de la cuenca se encuentra bien representada, con estaciones distribuidas en los principales cauces de la cuenca; sin embargo, como mejoras a corto plazo, las necesidades pasan por incorporar a la red una estación de cierre, en subcuenca del río Limarí. También se requiere cubrir la subcuenca del estero Punitaqui, con una estación en el sector medio y alto.

Como punto no estratégico, pero sí recomendable, falta conocimiento respecto del estado real de las estaciones fluviométricas ubicadas en las diferentes subcuencas, más allá de conocer si están vigentes o suspendidas. Por ejemplo, sería recomendable la generación sistemática de *data* respecto a la historia de las estaciones en términos de las intervenciones que se les ha hecho y por qué (aluviones, intervenciones, cambios en el diseño u otro). Esto debería tener carácter público y apoyaría en la comprensión de los registros hidrológicos de las estaciones.

ii. Nivel de pozos

Se ha realizado una propuesta de mejoramiento de la red de monitoreo superficial y subterráneo de la DGA en base al análisis de los registros, resultados de modelación y dificultades o limitaciones verificadas en el proceso de calibración. Esta propuesta considera:

- La necesidad de recuperación de puntos de monitoreo históricos retomando el registro que se haya dejado de realizar o bien la inclusión de nuevos puntos de monitoreo como reemplazo.
- Nuevos puntos de monitoreo que permitan complementar la actual red en zonas de importancia para mejorar la representación de la zona en futuros estudios.

En específico, para mejorar la información relativa a niveles del acuífero del Limarí, relacionada principalmente a productos del balance de aguas subterráneas realizados para cada SHAC de la cuenca, es necesario incorporar a la Red Hidrométrica DGA nuevos puntos de medición de niveles. Concretamente, se requieren la incorporación

de los siguientes puntos de monitoreo en: SHAC Higuierilla, SHAC Río Ponio, SHAC Quebrada Grande y SHAC Limarí desembocadura.

Adicionalmente, como medida no estratégica pero sí recomendable, se sugiere realizar un diagnóstico del estado real de los pozos de control del SHAC Punitaqui, y en base al resultado anterior, realizar un análisis para mejorar la red de pozos de monitoreo en este sector.

iii. Nivel lagos y embalses

En lo que respecta la medición de niveles en lagos y embalses, la cuenca dispone de tres (3) estaciones de medición de nivel vigentes en la Red Hidrométrica DGA: "Embalse Cogotí" (BNA 04534002-3), "Embalse La Paloma" (BNA 04524007-K) y "Embalse Recoleta" (BNA 04506010-1), las cuales cuentan con transmisión en línea. No obstante, según la información detallada en la Tabla 2.4-1, la cuenca cuenta con cuatro (4) embalses, quedando fuera del control de la red DGA la medición de niveles en el Embalse Valle Hermoso, ubicado en la comuna de Combarbalá, con capacidad de almacenamiento de 20 hm³.

Se considera de importancia poder incorporar este punto a la Red Hidrométrica DGA, pero se indica como una iniciativa no estratégica, por tratarse de una obra con término reciente (año 2019), por lo que se espera que este tipo de estaciones sea incorporado en el corto plazo en el embalse. No existen otros cuerpos de agua de esta tipología que sea estratégico monitorear.

iv. Glaciología

De acuerdo a la revisión de infraestructura presente en la cuenca, no existe ninguna estación glaciológica que ayude en la caracterización de esta componente. Ante esto, es importante considerar al menos una estación de este tipo, para la obtención de información representativa en la zona de la respuesta de los glaciares a las condiciones climáticas de la cuenca. La ubicación tentativa para esta estación es la subcuenca del río Hurtado, en el glaciar código CL104500050, por tratarse del glaciar con mayor superficie de la cuenca del río Limarí (acápite 4.3.1.1).

v. Calidad

La red de control de calidad de aguas superficiales es limitada, aunque cuenta con presencia en toda la cuenca, permitiendo realizar una caracterización representativa del estado de la calidad. Hasta recientemente no existían puntos de monitoreo de aguas subterráneas vigentes, por lo que el reciente fortalecimiento de la red de aguas subterráneas gracias a la integración de los pozos APR al plan de monitoreo DGA resulta una medida que beneficia el entendimiento de la calidad de acuíferos en la cuenca.

En las aguas superficiales se ha detectado la superación en forma persistente de las normas NCh409/05 (agua potable) y/o NCh1333/78 (riego) para el SO₄²⁻, CE, SDT y Cl⁻, principalmente en la Subcuenca "Río Limarí" (040503), que corresponde a la parte baja de la cuenca. La fuente de contaminación no se encuentra determinada,

pero podría deberse principalmente al efecto del clima, que favorece la evaporación y aumenta las concentraciones de los elementos disueltos de manera general. También se observa contaminación por fertilización agrícola en el sector de Palqui y en la parte baja de la cuenca. Sin embargo, no es posible relacionar actualmente los datos con las variaciones estacionales, o con los caudales respectivos de los puntos de toma de muestra. De esta forma, para disponer de mayor información de la calidad de las aguas superficiales en dicha área, se plantea aumentar la periodicidad de las mediciones en las estaciones con régimen trimestral, debido a que algunas estaciones de la red hidrométrica de la DGA en los últimos 10 años solo presentan mediciones bianuales.

La componente de aguas subterráneas, ahora representada por pozos APR, deben contar con la misma periodicidad establecida para las estaciones de aguas superficiales, en la subcuenca del río Limarí. Este tipo de medición permitirá comparar estacionalmente los distintos parámetros analizados, y la interacción entre cauces y acuífero.

Además, se ha detectado la presencia de *E. coli* en diversas muestras de la subcuenca "Río Cogotí" (040502), obtenidas a partir de los PR018002 de la SISS. De esta forma, resulta relevante incorporar dicho parámetro, además de los Coliformes Totales y Fecales, a la red de monitoreo constante de las estaciones de calidad de aguas de la DGA, de manera que se analicen a la par del resto de los contaminantes.

Finalmente, en relación a la calidad de las aguas, la elaboración de una norma secundaria de calidad ambiental para las aguas continentales superficiales y subterráneas de la cuenca del río Limarí también ayudaría en parte a subsanar las deficiencias en el monitoreo e información de esta temática.

vi. Meteorología

De acuerdo a la revisión de las estaciones meteorológicas, se aprecia una red bien distribuida en la cuenca, por lo que se recomienda, más que construcción de nuevas estaciones, realizar un catastro donde se indiquen las condiciones reales de las estaciones, en términos de mantención y calidad de datos entregados, siendo incluido como iniciativa no estratégica, pero sí recomendable.

vii. Sedimentos

Respecto a la red sedimentométrica, la cuenca dispone de tres (3) estaciones vigentes, "Río Hurtado en Angostura de Pangué" (BNA 04503001-6) ubicado en la subcuenca río Hurtado, "Río Grande en Puntilla San Juan" (BNA 04523002-3) ubicado en la subcuenca Río Grande y "Río Cogotí entrada embalse Cogotí" (BNA 04531002-7) ubicada en la subcuenca Río Cogotí, cumpliendo la función de medir los sedimentos aguas arriba de los embalses Recoleta, La Paloma y Cogotí, respectivamente. Cabe mencionar que el Embalse Valle Hermoso, recientemente inaugurado, no cuenta con estaciones de control de este tipo, por lo que se considera relevante poder incorporar una estación de este tipo a la red DGA; no obstante, se indica como iniciativa no estratégica por tratarse de una obra nueva.

Cabe mencionar el grado de modernización de la Red DGA en la cuenca, en la Tabla 6.2-4 se puede ver un resumen de las estaciones que cuentan con instrumentación para el registro de datos, de las cuáles se puede apreciar que las estaciones de calidad, fluviométricas y meteorológicas, tienen un bajo porcentaje de estaciones con instrumentación, mientras que los pozos de medición de nivel no presentan registros en línea. Por lo anterior, se sugiere tener en cuenta estas estaciones durante el seguimiento a la iniciativa BIP 30089740-0 (Conservación y mantenimiento de red hidrométrica nacional) y la iniciativa número 2, presentada en el acápite 6.2.3.2i.

Tabla 6.2-4 Resumen del grado de modernización de la Red DGA

Tipo	GRPS	Satelital	S/I	Total	Porcentaje de modernización (%)
Calidad	-	7	76	83	8%
Fluviométrica	-	7	12	19	37%
Meteorológica	-	3	19	22	14%
Nivel de pozo	-	-	36	36	0%
Sedimentométrica	-	3	-	3	100%
Nivel lagos y embalses	2	1	-	3	100%
Ruta de nieve	-	2	-	2	100%

*Este ítem presenta la cantidad de estaciones sin ningún tipo de instrumentación (Anexo J.11)

Fuente: Elaboración propia, en base al sistema hidrométrico en línea DGA³¹

Finalmente, en la Tabla 6.2-5 se presenta un resumen de las mejoras recomendadas sobre la Red Hidrométrica DGA en la cuenca del río Limarí según lo expuesto anteriormente y en concordancia con el plan de acción presentado en la Figura 7.4-1, se indican las iniciativas que corresponden a medidas de gestión [MG] u obras hidráulicas [OH]. Por otro lado, cabe señalar que el impacto más positivo para el control de los caudales y niveles sería mediante el monitoreo obligatorio de extracciones por parte de los usuarios de la cuenca (a nivel superficial y subterráneo).

³¹ <https://snia.mop.gob.cl/sat/site/informes/mapas/mapas.xhtml>

Tabla 6.2-5 Resumen de mejoras propuestas de la Red Hidrométrica DGA

Ubicación		Tipo de Estación				
		Fluviometría	Nivel de pozos	Calidad	Glaciología	
Subcuenca	Río Hurtado			Aumento de periodicidad (2 estaciones superficiales/subcuenca, total 8 estaciones) [MG]	Una (1) nueva estación [OH]	
	Río Grande					
	Río Cogotí					
	Río Limarí	Tres (3) nuevas estaciones [OH]: - Estación de cierre - Estero Punitaqui (sector medio) - Estero Punitaqui (sector alto)			Incorporación parámetro microbiológico (4 estaciones superficiales) [MG]	
SHAC	Río Hurtado			Aumento de periodicidad (1 pozo/SHAC, total 12 pozos) [MG]		
	Higuerilla		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]:			
	Río Rapel					
	Río Ponio		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]:			
	Río Grande					
	Cogotí					
	Combarbalá					
	Río Pama					
	Quebrada Grande		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]:		Incorporación parámetro microbiológico (5 pozos) [MG]	
	Guatulame					
	Río Limarí					
	El Ingenio					
	Punitaqui					
	Limarí Desembocadura		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]:			

Fuente: Elaboración propia.

Plataforma de Información Hídrica

Por otro lado, con la revisión realizada en el acápite 2.6 y considerando que, como pilar fundamental para las buenas prácticas de gobernanza, se reconoce el “derecho a la información”, que identifica la necesidad de contar con datos en línea que agrupe la información de la Red Hidrométrica DGA y otros monitoreos de carácter público y privado (por ejemplo, extracciones). Esta brecha supone una falta de herramientas para la toma de decisiones de actores de la cuenca que integre la información disponible actual y potencialmente futura sobre el estado del recurso hídrico en la cuenca.

En relación a esto, existen estaciones en la cuenca del río Limarí que presentan información en línea, las cuales corresponden a las estaciones de nivel de embalse “Embalse Recoleta” (BNA 4506010-1) y “Embalse Cogotí” (BNA 4534002-3), fluviométricas-meteorológicas-sedimentométricas y/o de calidad de aguas “Río Hurtado en Angostura de Pangué” (BNA 4503001-6), “Río Hurtado en San Agustín” (BNA 4501001-5), “Río Grande en Cuyano” (BNA 4513001-0), “Río Grande en Las Ramadas” (BNA 4511002-8), “Río Grande en Puntilla San Juan” (BNA 4523002-3) “Río Cogotí entrada Embalse Cogotí” (BNA 4531002-7) y “Río Cogotí en Fragueta” (BNA 4530001-3).

6.2.3.2 Acciones en cartera actual

A continuación, se entrega el conjunto iniciativas públicas y privadas de sistemas de información en la cuenca del río Limarí.

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

De acuerdo a la información proporcionada por la inspección fiscal [IF]³², a continuación, se enumeran las iniciativas para el año 2020 y 2021:

1. Construcción de nueva estación fluviométrica Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta, se cuenta con diseño de ingeniería de detalles. Costo estimado M\$270.000
2. Programa a partir del año 2021 plan de modernización de red meteorológica con transmisión en línea DGA.

ii. Iniciativas catastradas desde el sector privado

No se identifican acciones en cartera privada.

6.2.3.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se consideran estratégicas las iniciativas presentadas seguidamente; es preciso aclarar que este apartado resume aquellas iniciativas consideradas como inversión en “Medidas de gestión”, de modo que las iniciativas que comprenden construcción de obras de la Red Hidrométrica de la DGA, se han considerado en el acápite 6.1.2:

³² Información proporcionada por inspección fiscal en noviembre de 2020.

- Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA (MG-01).
 - Objetivo: Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones superficiales de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de parámetros físico-químicos de las aguas superficiales de la cuenca.
 - Descripción: Esta iniciativa considera aumentar el protocolo de monitoreo de las estaciones de calidad de aguas superficiales que forman parte de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí. Actualmente, las estaciones tienen un muestreo que va entre 2 o 3 veces año, siendo esto insuficiente para analizar las variaciones en las concentraciones de los distintos parámetros analizados, que ocurren producto de eventos aislados, o a las variaciones de los caudales producto de los cambios en las estaciones del año. De esta forma, resulta primordial realizar al menos 4 mediciones al año (una por cada estación del año), de manera de que puedan analizarse cambios recurrentes en las concentraciones de los contaminantes más importantes identificado en la cuenca, como el Cl⁻ o el SO₄²⁻.

Así, de las 11 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Limarí, se propone esta medida para al menos 8 puntos, los cuales podrían ser "Río Hurtado en San Agustín" (BNA 4501001-5), "Río Hurtado en Angostura de Pangué" (BNA 4503001-6), "Río Mostazal en Cuestecita" (BNA 4514001-6), "Río Grande en Puntilla San Juan" (BNA 4523002-3), "Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí" (4531002-7), "Río Guatulame en El Tomé" (BNA 4537001-1), "Estero Punitaqui antes Junta Río Limarí" (BNA 4557002-9) y "Río Limarí en Panamericana" (BNA 4558001-6).

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-6 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-6 Ficha resumen Acción N°: MG-01

ACCIÓN N°: MG-01	
Nombre de la Acción:	
Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
En la cuenca del río Limarí se ha detectado en las aguas superficiales la superación en forma persistente de las normas NCh409/05 (agua potable) y/o NCh1333/78 (riego) para el SO_4^{2-} , CE, SDT y Cl^- principalmente en la Subcuenca "Río Limarí" (040503), que corresponde a la parte baja de la cuenca. La fuente de contaminación no se encuentra determinada, pero podría deberse principalmente al efecto del clima, que favorece la evaporación y aumenta las concentraciones de los elementos disueltos de manera general. Sin embargo, no es posible relacionar actualmente los datos con las variaciones estacionales, o con los caudales respectivos de los puntos de toma de muestra. De esta forma, para disponer de mayor información de la calidad de las aguas superficiales en dicha área, se plantea aumentar la periodicidad de las mediciones de las estaciones, debido a que algunas estaciones de la red hidrométrica de la DGA en los últimos 10 años solo presentan mediciones bianuales.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares). Objetivo 4.1. Conservar y/o mejorar el estado de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones superficiales de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de parámetros físico-químicos de las aguas superficiales de la cuenca. De esta forma, se podrá estudiar las variaciones estacionales asociadas a los distintos caudales observados a lo largo de un año en el río Limarí y sus afluentes.	
Características generales:	
Ámbito:	Ecosistema
Ubicación:	Cuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	-
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DGA
Entidad(es) responsable(s)	DGA
Observaciones:	
La Red Hidrométrica de la DGA tiene 11 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca "Río Limarí" (código BNA 0405). El objeto de esta iniciativa es incrementar la periodicidad de calidad en 8 estaciones (dos por cada subcuenca), las cuales podrían ser "Río Hurtado en San Agustín" (BNA 4501001-5), "Río Hurtado en Angostura de Pangué" (BNA 4503001-6), "Río Mostazal en Cuestecita" (BNA 4514001-6), "Río Grande en Puntilla San Juan" (BNA 4523002-3), "Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí" (4531002-7), "Río Guatulame en El Tomé" (BNA 4537001-1), "Estero Punitaqui antes Junta Río Limarí" (BNA 4557002-9) y "Río Limarí en Panamericana" (BNA 4558001-6).	

Fuente: Elaboración propia.

- Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA (MG-02).
 - Objetivo: Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones subterráneas de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de parámetros físico-químicos de las aguas subterráneas de la cuenca.
 - Descripción: Esta iniciativa, al igual que para el caso de las aguas superficiales, busca aumentar el protocolo de monitoreo de las estaciones de calidad de aguas subterráneas que forman parte de la red hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí. Actualmente, dichas estaciones tienen un muestreo que va entre 2 o 3 veces al año, siendo esto insuficiente para analizar las variaciones en las concentraciones de los distintos parámetros analizados, que ocurren producto de eventos aislados, o a las variaciones de los caudales producto de los cambios en las estaciones del año.

De esta forma, resulta primordial realizar al menos 4 mediciones al año (una por cada estación del año), de manera de que puedan analizarse cambios recurrentes en las concentraciones de los contaminantes más importantes identificado en dicho sector de la cuenca, como el Cl⁻ y el SO₄²⁻.

Así, de las 57 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Choapa, se propone esta medida para al menos 11 estaciones (1 por cada SHAC), las cuales podrían ser los sistemas APR "La Ligua de Cogotí" (BNA 4531007-8), "La Colorada" (BNA 4534004-K), "Soruco" (BNA 4533007-9), "El Huacho" (BNA 4535005-8), "San Marcos" (BNA 4535005-3), "Rapel" (BNA 4522008-7), "Semita" (BNA 4516005-K), "Pichasca" (BNA 4503007-5), "Barraza" (BNA 4553009-4), "El Trapiche" (BNA 4552009-9) y "Socos" (BNA 4557004-5).

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-7 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-7 Ficha resumen Acción N°: MG-02

ACCIÓN N°: MG-02	
Nombre de la Acción:	
Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Dado que no existen pozos de monitoreo vigentes de aguas subterráneas con información histórica que forma parte de la Red Hidrométrica de la DGA, hay un subentendimiento de la calidad de las aguas subterráneas y su relación con las aguas superficiales, lo que es resuelto en parte con la incorporación reciente de 55 pozos APR a la Red Hidrométrica. En estos se observó pozos con altos contenido de NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , SDT, Mn y Fe. Así, se sugiere implementar a la Red de aguas subterráneas una periodicidad de monitoreo de cuatro muestreos por año, de manera que puedan realizarse análisis estacionales.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el	
Objetivo(s) de la Acción:	
Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones subterráneas de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de los distintos parámetros de las aguas de la cuenca. De esta forma, se podrán establecer variaciones estacionales asociadas a cambios en el nivel freático de los puntos monitoreados.	
Características generales:	
Ámbito:	Agua Potable/Ecosistema
Ubicación:	Cuenca río Limarí
Beneficiarios directos:	-
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DGA
Entidad(es) responsable(s)	DGA
Observaciones:	
La Red Hidrométrica de la DGA tiene 57 estaciones vigentes de calidad de aguas subterráneas en la cuenca "Río Limarí" (código BNA 40500). El objeto de esta iniciativa es incrementar la periodicidad de calidad en 11 estaciones (1 por cada SHAC con puntos de monitoreo vigentes), los cuales podrían ser los sistemas APR "La Ligua de Cogotí" (BNA 4531007-8), "La Colorada" (BNA 4534004-K), "Soruco" (BNA 4533007-9), "El Huacho" (BNA 4535005-8), "San Marcos" (BNA 4535005-3), "Rapel" (BNA 4522008-7), "Semita" (BNA 4516005-K), "Pichasca" (BNA 4503007-5), "Barraza" (BNA 4553009-4), "El Trapiche" (BNA 4552009-9) y "Socos" (BNA 4557004-5).	

Fuente: Elaboración propia.

- Monitoreo de parámetros microbiológicos en estaciones superficiales y subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA (MG-03).
 - Objetivo: Mantener un monitoreo constante de los parámetros microbiológicos más relevantes (*E. coli*, Coliformes Totales y Coliformes Fecales), utilizando la red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas.
 - Descripción: Esta iniciativa busca incluir los parámetros microbiológicos en el monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la red hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí. La justificación es que se ha detectado la presencia de *E. coli* en diversas muestras del curso medio y bajo de la subcuenca río Cogotí, las cuales son obtenidas a partir de los PR018002 de la SISS.

Resulta relevante incorporar dicho parámetro, además de los coliformes totales y fecales, al protocolo de análisis de algunas estaciones de la cuenca, de manera que se observe si las aguas están permanentemente contaminadas, y si pueden trazarse hasta su origen y remediarse. Algunas de las posibles estaciones superficiales serían "Río Cogotí en Fraguita" (BNA 4530001), "Río Cogotí Entrada Embalse Cogotí" (BNA 4531002), "Río Combarbalá en Ramadillas" (BNA 4532001) y "Río Guatulame en El Tome" (BNA 4535004). Las posibles estaciones subterráneas serían las APR "Valle Hermoso" (BNA 4533008-7), "La Colorada" (BNA 4534004-K), "La Ligüa de Cogotí" (BNA 4531007-8), "El Huacho" (BNA 45340058) y "Guatulame" (BNA 4537013-5).

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-8 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-8 Ficha resumen Acción N°: MG-03

ACCIÓN N°: MG-03	
Nombre de la Acción:	
Inclusión de parámetros microbiológicos en red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del Río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Se ha detectado la presencia de <i>E. coli</i> en diversas muestras de la subcuenca "Río Cogotí" (040502), obtenidas a partir de los PR018002 de la SISS. De esta forma, resulta relevante incorporar dicho parámetro, además de los Coliformes Totales y Fecales, a la red de monitoreo constante de las estaciones de calidad de aguas de la DGA, de manera que se analicen a la par del resto de los contaminantes.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares). Objetivo 4.1. Conservar y/o mejorar el estado de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Mantener un monitoreo constante de los parámetros microbiológicos más relevantes (<i>E. coli</i> , Coliformes Totales y Coliformes Fecales), utilizando la red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas, de manera de contar con suficiente información para estudiar su variación temporal y espacial en la cuenca.	
Características generales:	
Ámbito:	Agua Potable/Ecosistema
Ubicación:	Subcuenca "Río Cogotí" (040502)
Beneficiarios directos:	-
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DGA
Entidad(es) responsable(s)	DGA
Observaciones:	
Se considera el uso de Red Hidrométrica actual, siendo de mayor relevancia las estaciones de monitoreo cercanas a los puntos donde se detectó la presencia de <i>E. coli</i> . Algunas de las posibles estaciones superficiales serían "Río Cogotí en Fraguilla" (BNA 4530001), "Río Cogotí Entrada Embalse Cogotí" (BNA 4531002), "Río Combarbalá en Ramadillas" (BNA 4532001) y "Río Guatulame en El Tome" (BNA 4535004). Las posibles estaciones subterráneas serían las APR "Valle Hermoso" (BNA 4533008-7), "La Colorada" (BNA 4534004-K), "La Ligüa de Cogotí" (BNA 4531007-8), "El Huacho" (BNA 45340058) y "Guatulame" (BNA 4537013-5).	

Fuente: Elaboración propia.

- Creación de una “Plataforma de Información Hídrica” en la cuenca del río Limarí (MG-08).
 - Objetivo: Fortalecer la gestión sustentable del agua en la cuenca del río Limarí a través de la creación de una plataforma “en línea” que integre las diferentes fuentes de información hídrica pública y privada disponibles y/o potenciales.
 - Descripción: Esta iniciativa consiste en la creación de una “Plataforma de Información Hídrica” de la cuenca del río Limarí, que agrupe la información de la red hidrométrica de la DGA y otros monitoreos de carácter público y privado, y presente dichos datos “en línea”. De esta forma, se genera una importante herramienta para la toma de decisiones de los distintos actores de la cuenca en base al estado de los recursos hídricos.

Esta plataforma puede ser generada por la DGA, o bien a través de otra configuración público-privada, la cual puede acordarse en instancias generadas a partir de la iniciativa de gobernanza relativa al “Servicio de Facilitación” a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí (MG-06).

Algunos de los datos que podrían ser presentados serían los recopilados por estaciones fluviométricas, estaciones de calidad de agua, monitoreo de niveles de aguas subterráneas, nivel de embalses, extracciones subterráneas (MEE, APR), extracciones superficiales (canales) y entre otros. Además, el éxito de esta medida está suscrito a la implementación del monitoreo de extracciones superficiales (canales) con telemetría y/o automatización de bocatomas, los cuales son apoyados económicamente mediante subsidios acogidos en la Ley 18.450, los cuales son gestionados por la Comisión Nacional de Riego (CNR).

Señalar que, a partir de los últimos lineamientos de la DGA respecto al monitoreo de extracciones, se recomienda encarecidamente incluir en la plataforma, cuando esté disponible, el Monitoreo de Extracciones Superficiales.

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-9 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-9 Ficha resumen Acción N°: MG-08

ACCIÓN N°: MG - 08	
Nombre de la Acción:	
Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Actualmente la cuenca del río Limarí solo cuenta con datos "en tiempo real" de tres (3) estaciones de nivel de embalses, siete (7) estaciones fluviométricas, siete (7) de calidad de aguas, tres (3) de estaciones sedimentométricas y cuatro (4) estaciones meteorológicas. A pesar de esto, aun se considera que esta incompleta en relación al potencial de que agrupe la información de la red hidrométrica DGA y otros monitoreos de carácter público y privado (por ejemplo, extracciones, calidad de agua). Esta brecha supone una falta de herramientas para la toma de decisiones de actores de la cuenca que agrupe la información disponible actual y potencialmente futura sobre el estado del recurso hídrico en la cuenca.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 3. Gestión y gobernanza del agua.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares). Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público-privada en materia hídrica.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Fortalecer la gestión sustentable del agua en la cuenca del río Limarí a través de la complementación de la plataforma "en tiempo real" que integre las diferentes fuentes de información hídrica pública y privada disponibles y/o potenciales como: estaciones fluviométricas; estaciones de calidad de agua; monitoreo de aguas subterráneas; nivel de embalses; extracciones subterráneas (MEE, APRs); extracciones superficiales (canales); otros de interés.	
Características generales:	
Ambito:	Gobernanza
Ubicación:	Cuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	OUA, DGA, DOH y otros miembros de la comunidad relacionada a la toma de decisiones en temas hídricos.
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto/Mediano plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	CORFO
Entidad(es) responsable(s)	DGA
Observaciones:	
Para el éxito completo de la implantación de esta medida debe promoverse el monitoreo de las extracciones superficiales (canales) con telemetría y/o automatización de bocatomas. La Ley 18.450 puede apoyar este tipo de proyectos, por lo que se incide en la necesidad de seguir apostando por estos subsidios, los cuales gestiona la Comisión Nacional de Riego (CNR). Se propone considerar el Laboratorio PROMMRA como desarrollador del proyecto, considerando su trabajo en plataformas de información y su conocimiento del territorio.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 Capital humano

A continuación, se identifican aquellas herramientas necesarias para formar y fortalecer el uso sustentable de los recursos hídricos por parte de los usuarios de agua y los actores de las distintas industrias presentes en el territorio de la cuenca.

6.2.4.1 Diagnóstico

Según lo analizado en el acápite 4.2.3 y 4.2.4, en la zona media y baja de la cuenca del Río Limarí, específicamente en los SHAC "Quebrada Grande", "Río Grande", "Punitaqui", "El Ingenio", "Guatulame" y "Río Limarí" se ha detectado la presencia de nitratos (NO_3^-) en concentraciones relevantes, lo que se percibe como una disminución de la calidad de las aguas subterráneas. Lo anterior es debido principalmente a la contaminación difusa por el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, ya que no deberían presentarse de manera natural. Para mejorar el manejo de los abonos, se propone realizar una capacitación de las buenas prácticas en el uso de los fertilizantes nitrogenados, en los sectores mencionados de la cuenca.

6.2.4.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones en cartera pública o privada.

6.2.4.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se considera estratégica la siguiente iniciativa:

- Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada (MG-05).
 - Objetivo: Capacitar a fruticultores en el manejo de fertilizantes nitrogenados, por medio de incorporación de prácticas sustentables a largo plazo.
 - Descripción: Esta iniciativa tiene su origen en la presencia de nitratos (NO_3^-) que se ha detectado en concentraciones por sobre la norma NCh409/05 de agua potable en diversos pozos APR de los SHAC Quebrada Grande, Río Grande, Punitaqui, El Ingenio, Guatulame y Río Limarí, en la parte media y baja de la cuenca. Lo anterior es debido principalmente a la contaminación difusa por el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura. Para mejorar el manejo de los abonos, se propone capacitar a los agricultores locales sobre las buenas prácticas en el uso de los fertilizantes nitrogenados.
 - Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-10 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-10 Ficha resumen Acción N°: MG-05

ACCIÓN N°:	MG-05
Nombre de la Acción:	
Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	
Brecha o problemática identificada:	
En la zona media y baja de la cuenca del Río Limarí, específicamente en los SHAC "Quebrada Grande", "Río Grande", "Punitaqui", "El Ingenio", "Guatulame" y "Río Limarí" se ha detectado la presencia de nitratos (NO ₃ ⁻) en concentraciones relevantes, lo que se percibe como una disminución de la calidad de las aguas subterráneas. Lo anterior es debido principalmente a la contaminación difusa por el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, ya que no deberían presentarse de manera natural. Para mejorar el manejo de los abonos, se propone realizar una capacitación de las buenas prácticas en el uso de los fertilizantes nitrogenados, en los sectores mencionados de la cuenca.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el	
Objetivo(s) de la Acción:	
Capacitar a agricultores en el manejo de fertilizantes nitrogenados, por medio de incorporación de prácticas sustentables a largo plazo.	
Características generales:	
Ámbito:	Agricultura/Agua Potable/Ecosistema
Ubicación:	SHAC "Quebrada Grande", "Río Grande", "Punitaqui", "El Ingenio", "Guatulame" y "Río Limarí"
Beneficiarios directos:	Productores agrícolas
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	CORFO
Entidad(es) responsable(s):	CORFO
Observaciones:	
Las concentraciones de NO ₃ ⁻ no son relevantes en el caso de las aguas superficiales, lo que reafirma aun más el hecho de que el origen de este contaminante ocurre de manera difusa, por infiltración y a lo largo de la cuenca, concentrándose en la parte media y baja.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Fortalecimiento y Formalización de las Organizaciones de Usuarios

A continuación, se identifican aquellas herramientas necesarias para formar y fortalecer las Organizaciones de Usuarios de Agua presentes en la cuenca, incluyendo mejoras relacionadas a su desarrollo organizacional y su correcta organización legal.

6.2.5.1 Diagnóstico

Entre una de las problemáticas identificadas en el desarrollo del Plan es la dispar capacidad técnica y/o financiera de las Organizaciones de Usuarios de Agua. De acuerdo a lo establecido en el acápite 2.6, es posible concluir que las disparidades técnicas y organizacionales son más notorias, principalmente, en las Comunidades de Aguas Superficiales y Asociaciones de Canalistas³³, en donde las deficientes capacidades organizacionales pueden generar desconfianzas entre los usuarios y sus dirigentes, lo cual disminuye la participación de los usuarios en las actividades de las OUA y genera sensaciones de pesimismo frente a la situación hídrica en la zona. Esta situación de disparidad también genera problemas de coordinación y comunicación con autoridades y dificulta la formación de alianzas, aumentando la desconfianza en la labor que realizan las entidades públicas relacionadas a la gestión del recurso hídrico en la cuenca. Por ejemplo, durante la reunión PAC, los representantes APR expresan la falta de comunicación entre las organizaciones y algunas instituciones tales como la DOH, señalando la falta de voluntad de esta para trabajar en conjunto. Además, expresan la necesidad de una mayor vinculación entre los diferentes actores, en particular, con los miembros de OUA más pequeñas (por ejemplo, JV ubicadas sobre el embalse Paloma) y representantes del área agrícola, de manera que sea posible establecer estrategias conjuntas, como políticas de gestión de cultivos y articular las distintas visiones de manera integral para poder establecer un plan de trabajo conjunto.

Debido a lo mencionado anteriormente, se considera necesario potenciar a las organizaciones de usuarios, generando instancias de fortalecimiento vinculados a su desarrollo organizacional y administrativo, en donde la DGA no sólo cumpla un rol de supervigilancia, sino que se convierta en una entidad de apoyo para el desarrollo integral de las OUA, con el objetivo de construir vínculos estables de confianza entre DGA y los usuarios de agua (acápite 6.2.1 Medidas de gestión para gobernanza).

De acuerdo al análisis realizado en el acápite 2.6, respecto a la necesidad de priorizar el rol de las administraciones locales sobre gestión de acuíferos, actualmente en la cuenca, no existen Comunidades de Aguas Subterráneas que permitan la correcta gestión de recursos hídricos frente a los efectos del cambio climático y que, además, posean las capacidades técnicas, legales y organizacionales necesarias para ejecutar su rol de administración de los recursos hídricos e integrar de manera óptima la gestión del agua superficial y subterránea. También es importante mencionar que, no existe la información base recopilada necesaria para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca, como, por ejemplo, la certificación de los DAA registrados en el RPOU.

³³ De acuerdo a lo mencionado por representantes de DOH Coquimbo en junio de 2020.

6.2.5.2 Acciones en cartera actual

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

A continuación, se entrega el conjunto de iniciativas públicas identificadas en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO), las que consideran dos (3) iniciativas de fortalecimiento. En la Tabla 2.6-9 se entrega el detalle de las iniciativas.

Tabla 6.2-11 Iniciativas públicas en la cuenca de Limarí

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
40014113	Transferencia para fortalecer gestión de los regantes embalse Valle Hermoso año y etapa a financiar: 2020-ejecución	Riego	Perfil	CNR	108.756
30484687	Transferencia para mejorar la gestión de las OUA beneficiadas del plan de pequeños embalses año y etapa a financiar: 2020-ejecución	Riego	Ejecución	CNR	407.700
40009730	Transferencia tecnológica adaptación cambio climático áreas de vulnerables Atacama y Coquimbo año y etapa a financiar: 2020-ejecución	Riego	Ejecución	CNR	174.437

Fuente: Elaboración propia en base a BIP (2020).

La justificación de cada uno de estos proyectos, según lo indicado en las Fichas IDI asociadas a cada iniciativa se indica a continuación, así como información complementaria al respecto obtenida de reuniones:

- **Transferencia para fortalecer gestión de los regantes embalse Valle Hermoso:** El problema principal que busca resolver el programa se relaciona con el bajo conocimiento y cultura de riego de pequeños productores agrícolas, y con la gestión administrativa de los recursos hídricos para mejorar el desarrollo productivo de estos.
- **Transferencia para mejorar la gestión de las OUA beneficiadas del plan de pequeños embalses, Interregional:** El problema principal identificado se relaciona con la débil capacidad de gestión de los recursos hídricos por parte de los usuarios de las organizaciones beneficiadas la primera etapa del Plan de Pequeños Embalses de la DOH.
- **Transferencia tecnológica adaptación cambio climático áreas vulnerables, región de Atacama y Coquimbo:** El problema principal identificado corresponde a la disponibilidad del recurso hídrico en comunas de las regiones de Atacama y Coquimbo, que han sido declaradas de escasez hídrica como efecto del cambio climático que ha provocado disminución de la

oferta hídrica y aumento de las temperaturas. Además, la existencia de un bajo desarrollo de la gestión técnica, legal y organizacional de las OUA, la falta de inscripción de los DAA, la baja postulación de proyectos de riego a la Ley 18.450 y solo un 43% de la superficie total regada cuenta con riego tecnificado en el territorio a intervenir, por lo anterior, es fundamental la ejecución de un programa de transferencia para disminuir estas brechas identificadas en el territorio.

ii. Acciones en cartera del sector privado

No se identifican propuestas desde privados en torno a gobernanza en la cuenca.

6.2.5.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se consideran estratégicas las iniciativas siguientes:

- Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la zona media y baja de la cuenca del río Limarí (MG-07).
 - Objetivo: Aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí.
 - Descripción: Esta iniciativa pretende mejorar la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca, que actualmente no cuenta con Comunidades de Aguas Subterráneas, las cuales permiten efectuar una administración local y un manejo sustentable de los acuíferos. Se propone desarrollar lo anterior a través de la capacitación de futuros directores, organización legal de cuatro (7) Comunidades de Agua Subterránea y el saneamiento y regularización de la inscripción en CBR de los DAA del sector, en los SHAC Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuierilla, Quebrada Grande y río Pama.

Estas zonas fueron seleccionadas de acuerdo a los artículos 63 y 65 del Código de Aguas y 39 del Decreto N°203, de 2014, las que contemplan el surgimiento, por el sólo ministerio de la ley, de comunidades de aguas subterráneas cuando se declare zona de prohibición o área de restricción en un acuífero o sector hidrogeológico de aprovechamiento común. Además, considerando el rol de gestión y distribución del recurso hídrico que poseen las OUA, es de gran importancia la conformación de Comunidades de Agua Subterráneas con las capacidades técnicas, legales y organizacionales necesarias para ejecutar dicho rol.

De acuerdo a lo establecido como referencia de los Programas CNR de este tipo, entre las actividades necesarias a ejecutar la iniciativa, se incluye:

Para la organización legal de las CAS:

- Recopilación de información legal y sensibilización territorial.
- Inicio y seguimiento del proceso judicial o voluntario para organizar CAS en los Juzgados de letras competentes, o en Notaria de ser voluntario.
- Solicitud y seguimiento del registro de las CAS en el libro de RPOU del CPA, considerando su publicación en el Diario Oficial.

Para el saneamiento y la regularización de DAA:

- Levantamiento del registro de comuneros de las CAS, su diagnóstico legal respecto a su inscripción en CBR.
- Saneamiento de los DAA hasta su inscripción en CBR y registro en CPA.

Para la capacitación de dirigentes:

- Diseño y ejecución de una estrategia de formación para futuros directores.
- Capacitación de directores provisorios o potenciales futuros directores de las CAS.

- o Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-12 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-12 Ficha resumen Acción N°: MG-07

ACCIÓN N°:	MG - 07
Nombre de la Acción:	
Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Actualmente en la cuenca no existen Comunidades de Aguas Subterráneas que permitan una administración local y un manejo sustentable de los acuíferos, lo que impide la correcta integración de la gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos; además, no existe la información base recopilada necesaria para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca, como, por ejemplo, la certificación de los DAA registrados en el RPOU. Además, la ausencia de SHAC dificulta ciertas iniciativas de gestión, específicamente la recarga artificial de acuíferos.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 3. Gestión y gobernanza del agua.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.1. Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua considerando cambio climático, sequía e inundaciones. Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público - privada en materia hídrica.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí, a través de la capacitación de futuros directores, saneamiento y regularización de la inscripción en CBR de los DAA del sector y; organización legal de las siete (7) Comunidades de Agua Subterránea en los SHAC Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuerrilla, Quebrada Grande y Río Pama.	
Características generales:	
Ámbito:	OUA
Ubicación:	SHAC Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuerrilla, Quebrada Grande y Río Pama.
Beneficiarios directos:	SHAC Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuerrilla, Quebrada Grande y Río Pama: 1084 Usuarios con DAA otorgados.
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	DGA
Entidad(es) responsable(s):	DGA
Observaciones:	
La zonas fueron seleccionadas de acuerdo a los artículos 63 y 65 del Código de Aguas y 39 del Decreto N°203, de 2014, las que contemplan el surgimiento, por el sólo ministerio de la ley, de comunidades de aguas subterráneas cuando se declare zona de prohibición o área de restricción en un acuífero o sector hidrogeológico de aprovechamiento común.	

Fuente: Elaboración propia.

- Programa de transferencia para el fortalecimiento de OUA en la cuenca del río Limarí (MG-09).
 - Objetivo: Contribuir al fortalecimiento organizacional de las comunidades de aguas superficiales en la cuenca del río Limarí.
 - Descripción: Esta iniciativa busca generar un programa de fortalecimiento de las OUA en la provincia de Limarí a través del diagnóstico, apoyo y asesoramiento a dichas organizaciones en aspectos de desarrollo organizacional, legales y técnicos en gestión del recurso hídrico, además de la capacitación a dirigentes y celadores en aspectos organizacionales, legales y técnicos para gestionar el recurso hídrico. Esto debido a que se diagnosticó una disparidad en las capacidades técnicas y organizacionales entre OUA a nivel de Comunidades de Aguas, estando carentes de participación efectiva y mecanismos de mejora de gestión.

De acuerdo a lo establecido como referencia de los Programas CNR de este tipo, entre las actividades necesarias a realizar, se incluye:

- Catastro y diagnóstico de las OUA presentes en el territorio (constituidas legalmente o, de hecho). Para las OUA constituidas, incluye un diagnóstico legal, técnico, desarrollo organizacional y administrativo. En base a esta información, se realizará un levantamiento de las principales necesidades de asistencia técnica de las OUA. Por último, la validación de la información con representantes de las OUA. Se va a priorizar aquellas OUA con deficiencias y bajos niveles de desarrollo organizacional, legal y técnico para focalizar el apoyo y acompañamiento técnico.

- Apoyo y acompañamiento a las OUAS, lo cual contempla actividades de asesoramiento y apoyo a las Organizaciones de Usuarios de Aguas, específicamente a los/as dirigentes/as, celadores/as y funcionarios/as de Organizaciones de Usuarios de Aguas ya constituidas legalmente del área de influencia del Programa en materias relacionadas a la gestión, aspectos legales y desarrollo organizacional de una OUA, a través de una atención permanente y particularizada a cada organización. Esta actividad será focalizada en aquellas comunidades de aguas con más bajos niveles de desarrollo organizacional (según el diagnóstico preliminar que se realizará comienzo del programa). Acompañamiento permanente para la actualización de los registros; esta asistencia técnica consiste en el acompañamiento y apoyo permanente a los dirigentes durante la ejecución del programa para la actualización de los registros. Finalmente, elaborar un Plan de Regularización de DAA, de acuerdo a la información obtenida de los catastros, se definirán los tipos de regularizaciones que finalmente componen el plan de regularización.

- Capacitaciones, en aspectos legales, organizacionales y técnicos para Dirigentes; en aspectos legales, organizacionales y técnicos para Celadores.
- Seminario de OUAS Nacionales, El objetivo de esta actividad es conocer experiencias de Organizaciones de Usuarios de Aguas, en su gestión en el manejo del recurso hídrico, además del intercambio de experiencias y formación de redes entre dirigentes, funcionarios y usuarios de aguas.
- Manuales para Dirigentes y Celadores

Esta es una iniciativa catastrada a partir de las propuestas realizadas en el "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Cuenca de Limarí" (CNR, 2016a). Desde la fecha de publicación de dicho Plan, sólo se registra en proceso de licitación el Programa de "Fortalecimiento y Apoyo a Organización de Usuarios Junta de Vigilancia Río Hurtado" (ID Licitación:870-34-LQ20). No obstante, de acuerdo al Plan citado, las organizaciones que demandaron y que no han participado en programa de este tipo corresponden a: Junta de Vigilancia Río Grande Limarí, Junta de Vigilancia río Huatulame y la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta. Además, durante las reuniones PAC realizadas para el presente estudio, JV Río Mostazal señala la importancia de fortalecer a las OUA más pequeñas, con el objetivo de incrementar la participación de estas en asambleas y capacitaciones.

- o Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.2-13 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-13 Ficha resumen Acción N°: MG-09

ACCIÓN N°:	MG - 09
Nombre de la Acción:	
Programa de transferencia para el fortalecimiento de OUAs en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
Existe una disparidad de capacidades técnicas y organizacionales entre OUAs, en particular a nivel de Comunidades de Aguas y Asociaciones de Canalistas, las cuales poseen normas establecida, pero carentes de participación efectiva y mecanismos de mejora de gestión.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico. Eje 3. Gestión y gobernanza del agua.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares). Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público-privada en materia hídrica.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Contribuir al fortalecimiento organizacional de las organizaciones de agua superficial en la provincia del Limarí, a través del diagnóstico, apoyo y asesoramiento a las Organizaciones de Usuarios de Aguas en aspectos de desarrollo organizacional, legales y técnicos en gestión del recurso hídrico, además de la capacitación a dirigentes y celadores en aspectos organizacionales, legales y técnicos para gestionar el recurso hídrico.	
Características generales:	
Ámbito:	OUA
Ubicación:	Cuenca del río Limarí
Beneficiarios directos:	8 OUAs, las que reúnen alrededor de 8.870 regantes. (JV Río Mostazal, JV Río Rapel, JV Río Grande Limarí, JV Río Pama, JV Río Combarbalá, JV Río Cogotí, JV Río Huatulame y Asociación de canalistas del Embalse Recoleta y Asociación de canalistas Derivado Punitaqui).
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto/Mediano plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s):	DGA
Entidad(es) responsable(s):	DGA
Observaciones:	
Esta es una iniciativa catastrada a partir de las propuestas realizadas en el "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Cuenca de Limarí" (CNR, 2016). Desde la fecha de publicación de dicho Plan, sólo se registra en proceso de licitación el Programa de "Fortalecimiento y Apoyo a Organización de Usuarios Junta de Vigilancia Río Hurtado" (ID Licitación: 870-34-LQ20). No obstante, de acuerdo al Plan citado, las organizaciones que demandaron y que no han participado en programa de este tipo corresponden a: Junta de Vigilancia Río Grande Limarí, Junta de Vigilancia río Huatulame y la Asociación de canalistas del Embalse Recoleta. Además, durante las reuniones PAC realizadas para el presente estudio, JV Río Mostazal señala la importancia de fortalecer a las OUAs más pequeñas, con el objetivo de incrementar la participación de estas en asambleas y capacitaciones.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 Tecnologías habilitantes

Se presenta seguidamente el diagnóstico respecto tecnologías que permiten y/o favorecen una mejor gestión y distribución del recurso hídrico, enfocándose en la medición y mecanismos automáticos de distribución de las extracciones de agua. Ejemplos de estas tecnologías son: la automatización de compuertas en bocatomas de canales, monitoreo en redes y pozos, etc. Seguidamente, se analizan las acciones en cartera actual, para posteriormente abordar las iniciativas de gestión en este tema.

6.2.6.1 Diagnóstico

En términos generales, se señala el uso de tecnologías como: automatización de compuertas y telemetría, como una herramienta necesaria para ayudar a dar cumplimiento a los acuerdos de distribución determinados en cada cuenca, mejorando así la gestión de los recursos hídricos. En este apartado se ha considerado el diagnóstico de la red de compuertas automáticas presentes en la cuenca.

De acuerdo a la solicitud de información AR002T-0001341, agosto de 2020 (CNR), no existe un catastro de las obras mencionadas, en esta cuenca.

Automatización de compuertas y telemetría de canales

Según información de CNR (2020a), se contabilizan un total de 739 captaciones superficiales en la cuenca del río Limarí. De acuerdo a la información proporcionada por CNR³⁴ (2020), no existen compuertas automáticas en los canales de la cuenca; por lo anterior, la distribución del recurso hídrico tiene un potencial de mejora incorporando ese tipo de herramientas automáticas que permiten ajustar el flujo captado por cada canal.

La forma habitual de implantar este tipo de sistemas automáticos en las OUA es a través de la postulación de proyectos a la Ley de Fomento al Riego N° 18.450. Si bien en los últimos años la CNR ha apostado por la línea de apoyo a estas tecnologías, en ocasiones el logro en la implantación es un proceso lento debido al interés de diversas OUA por este tipo de instalaciones, las cuales deben competir por los fondos concursables.

Dado el valor que supone el recurso hídrico superficial en el norte de Chile, y especialmente en la cuenca del río Limarí, se establece necesaria la promoción de estos sistemas de forma conjunta en la cuenca, a nivel de Junta de Vigilancia o Asociación de Canalistas. Además de suponer una mejora en la eficiencia de distribución, contribuye a la transparencia de información a todos los regantes, los cuales podrían visualizar los flujos entregados en tiempo real.

La telemetría (o monitoreo de nivel/caudal) es una opción para el conocimiento del flujo en tiempo real en puntos estratégicos de la red de distribución, en aquellos lugares en que no sea prioritario el ajuste de compuertas.

³⁴ Información relativa a automatización de compuertas en el marco de proyectos subsidiados por la Ley 18.450.

Por último, si bien actualmente existen determinados canales unificados y los canales matrices, otro aspecto a considerar antes de la implantación de compuertas automáticas en bocatomas tiene relación con la unificación de bocatomas, lo que contribuye a disminuir la inversión y mejorar el reparto, dado el reducido número de usuarios y bajo caudal en algunos canales.

Monitoreo de extracciones subterráneas

En la actualidad, no existen Comunidades de Aguas Subterráneas conformadas en la cuenca del río Limarí, por lo que no se cuenta con información del nivel de equipamiento de telemetría de las extracciones a escala de SHAC.

6.2.6.2 Acciones en cartera actual

En cartera privada, no se identificaron ciertas obras vinculadas a sistemas de automatización de compuertas y/o telemetría en canales de riego.

En lo que respecta a telemetría de las aguas subterráneas, la DGA está implantando el Monitoreo de Extracciones Efectivas, medida dirigida a los titulares de DAA, que en el caso específico de la cuenca del río Limarí, está normado por la Resolución D.G.A. Región de Coquimbo N° 543 (Exenta) de 27 de diciembre de 2019, para titulares de DAA cuyos puntos de captación se encuentran ubicados, entre otros, en los distintos SHAC de la provincia de Limarí.

Los plazos para la instalación de los sistemas de medición y registro de la Obra de Captación en el Software DGA de MEE y para la instalación de los sistemas de transmisión y comienzo de transmisiones se detallan en la Tabla 6.2-14, los cuales se contabilizan a partir de la publicación de la Resolución DGA en el Diario Oficial (15 de enero de 2020).

Tabla 6.2-14 Estándares para los DAA subterráneas del MEE – SHAC de la provincia de Limarí

Componente	Estándar			
	Caudales muy pequeños	Menor	Medio	Mayor
Rango de caudales (l/s)	≤ 2	$2 < x \leq 10$	$10 < x < 30$	≥ 30
Sistema de medición	Para caudales muy pequeños	Básico	General	General
Frecuencia de medición	1 medición/año	1 medición/mes	1 medición/día	1 medición/hora
Sistema de transmisión	Formulario	Formulario	Archivo Excel	Online
Frecuencia de transmisión	1 transmisión/año	1 transmisión/mes	1 vez al día o cada 15 días	1 transmisión/medición
Desfase entre la medición y la transmisión	Máx. 1 mes	Máx. 1 mes	Máx. 15 días	Máx. 7 días
Plazo para instalación sist. medición y registro de la Obra de Captación en Software DGA MEE	24 meses	20 meses	10 meses	4 meses
Plazo para instalación sist. Transmisión y comienzo de transmisiones	30 meses	26 meses	12 meses	5 meses

Fuente: DGA (2020f).

6.2.6.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se considera estratégica la iniciativa siguiente:

- Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí (MG-04).
 - Objetivo: Instalar mecanismos para el monitoreo de caudal superficial y la automatización de compuertas en las bocatomas y/o compuertas principales de los canales de riego, incluyendo las adecuaciones pertinentes en las obras civiles implicadas (aforadores).
 - Descripción: Esta iniciativa busca implementar sistemas de telemetría y automatización de compuertas en las bocatomas y/o compuertas principales de los canales de riego, incluyendo las adecuaciones pertinentes en las obras civiles implicadas (aforadores), de forma de contar con información en tiempo real de los caudales en los principales canales de riego a lo largo de la cuenca.

De esta forma, dado el alto valor que representan los recursos hídricos en esta cuenca, se hace necesario contar con estas tecnologías que permiten mejorar la eficiencia en la distribución del recurso hídrico. Además, se debe considerar que número de puntos de control y/o número de compuertas se automatizaran, siguiendo una priorización técnica y de gestión establecida por las OUA, y que tenga cobertura espacial a nivel de las subcuencas objetivo y que cubra la mayor proporción de caudal entregado.

- o Instancias de relación vinculadas: Esta iniciativa no se relaciona con algún eje u objetivo de instancias de relación o mesas de trabajo actualmente vigente en la cuenca. Esto se debe a que las instancias actualmente activas (Anexo I acápite 4.3.4b), tienen como objetivo iniciativas a corto plazo

Señalar que esta iniciativa guarda una estrecha relación con las últimas directrices de la DGA respecto al Monitoreo de Extracciones Superficiales.

En la Tabla 6.2-15 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-15 Ficha resumen Acción N°: MG-04

ACCIÓN N°: MG - 04	
Nombre de la Acción: Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada: Actualmente no se identifica la existencia de compuertas automáticas que permitan gestionar la distribución de las aguas en los canales de riego de la cuenca del río Limarí. Dado el valor que supone el recurso hídrico superficial en el territorio, se hace necesaria la promoción de estos sistemas de forma de mejorar la eficiencia en la distribución del recurso hídrico y contar con información en tiempo real en entrada de canales y puntos críticos de la red en la subcuenca indicada.	
Eje(s) del Plan: Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 2. Monitoreo del recurso hídrico.	
Objetivo(s) del Plan: Objetivo 1.4. Conservar y/o mejorar el estado de la infraestructura hidráulica actual. Objetivo 2.1. Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares).	
Objetivo(s) de la Acción: Instalar mecanismos para el monitoreo de caudal superficial y la automatización de compuertas en las bocatomas y/o compuertas principales de los canales de riego, incluyendo las adecuaciones pertinentes en las obras civiles implicadas (aforadores), de forma de contar con información en tiempo real de los caudales en los principales canales de riego de la cuenca del río Limarí.	
Características generales:	
Ámbito:	OUA
Ubicación:	Cuenca río Limarí
Beneficiarios directos:	OUA
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Mediano/Largo plazo
Tipo de financiación:	Público-Privada
Entidad(es) financiadora(s)	CNR-OUA
Entidad(es) responsable(s)	CNR
Observaciones: Se debe definir el número de puntos de control y/o número de compuertas a automatizar según una priorización técnica y de gestión establecida por las OUA, cubriendo la mayor proporción de caudal entregado (canales principales y/o unificados) Y distribuidos espacialmente a lo largo del territorio.	

Fuente: Elaboración propia.

6.3 NUEVAS FUENTES DE AGUA

Las medidas relativas a nuevas fuentes comprenden iniciativas que repercuten positivamente sobre la oferta hídrica en la cuenca, tal como la recarga artificial de acuíferos, la desalinización o el uso de aguas servidas tratadas.

6.3.1 Recarga de acuíferos

Los acuíferos ofrecen capacidades potenciales de almacenaje con magnitudes similares a los embalses, pero con una menor inversión de capital y menores impactos sociales y medioambientales. La recarga artificial de acuíferos, incorporando el concepto de gestión como componente clave, se identifica con el término “Recarga de Acuíferos Gestionada” (RAG), el cual designa el conjunto de métodos utilizados para recargar agua adicional a los acuíferos de manera intencional para su recuperación y uso posterior o con el propósito de generar un beneficio ambiental (CNR, 2020b).

A continuación, se presenta el diagnóstico de la situación actual de la cuenca río Limarí respecto a la implementación de obras de recarga de acuíferos, así como también la identificación de acciones en cartera actual, y potenciales iniciativas de esta naturaleza.

6.3.1.1 Diagnóstico

En la cuenca del río Limarí no se identifican actualmente obras o infraestructuras existentes en torno a nuevas fuentes de agua asociadas a recarga artificial de acuíferos.

No obstante, se cuenta con el “Estudio diagnóstico de zonas potenciales de recarga de acuíferos en las regiones de Arica y Parinacota a la región del Maule”, desarrollado por la CNR en el año 2013. El estudio señala que en las subcuencas de cabecera de la cuenca del río Limarí no existen acuíferos de interés hidrogeológico suficiente para recarga artificial, ya que la conexión río-napa es directa. La operación del embalse La Paloma ha asegurado en las últimas 4 décadas que los acuíferos de aguas abajo, de baja extensión y profundidad, estén recibiendo recargas desde el río y desde los canales de riego, con lo que tampoco parece atractivo ubicar allí proyectos de recarga. Más aún, las amplias terrazas adyacentes al río Limarí aguas abajo de Ovalle, donde existe una explotación incipiente de aguas subterráneas, se ubican a una cota muy alta, por lo que un proyecto de recarga artificial con aguas del río sería demasiado costoso.

Al estudio antes indicado, se suman el “Diagnóstico Plan maestro para la gestión de recursos hídricos, Región de Coquimbo” desarrollado por el Gobierno Regional de Coquimbo (2013), el cual, si bien no realiza un diagnóstico de zonas potenciales de recarga, sí presenta antecedentes hidrogeológicos que podrían ser utilizados para realizar obras de recarga.

El estudio señala que en general y con la sola excepción de los ríos sobre el embalse Cogotí, se observa para todos los acuíferos de cabecera, una recarga neta positiva. El río Grande sobre Rapel muestra el comportamiento general que presentan los acuíferos pequeños de las cajas de río aguas arriba de los embalses. Para éstos, en

general las percolaciones disponibles para recarga superan la capacidad de recepción del acuífero, produciéndose siempre afloramientos (que se computan como recarga neta negativa). Esto significa que estos acuíferos pasan casi todo el tiempo lleno, y rechazan gran parte de la recarga disponible. Algo diferente se presenta la situación en la caja del río Limarí, después de Ovalle. Este acuífero es muy extenso, y tienen gran capacidad de recibir recargas. Sus afloramientos se producen recién al final del tramo, en Salala o Panamericana, donde el estrechamiento del cauce genera este comportamiento. Así mismo, se muestra la situación de las terrazas al sur del Limarí; en estas terrazas, el funcionamiento de los acuíferos depende fuertemente de las recargas disponibles, las cuales en gran medida o en su totalidad pasan a constituir una recarga neta o efectiva, sin que haya afloramientos.

El estudio señala que, con los pozos y derechos subterráneos que había a la fecha de 2005, ya varios acuíferos mostraban una señal de afección, especialmente los pequeños y los de terrazas antiguas al sur del río Limarí. Las únicas excepciones fueron los acuíferos más grandes, es decir, los del río Grande entre Rapel y Paloma (AC-07, 08 y 09), río Grande bajo Paloma (acuífero 17) y río Limarí (acuíferos 24 y 26), que no muestran señales de explotación intensiva.

De los estudios antes señalados, se desprende que, para llevar a cabo obras de recarga artificial en la cuenca del río Limarí, primero deben conjugarse varios factores, como por ejemplo: disponibilidad de aguas superficiales para ser infiltradas, disponibilidad de terrenos ribereños para emplazar las obras, capacidad de infiltración adecuada de los terrenos, niveles freáticos suficientemente profundos como para que las aguas infiltradas puedan ser recibidas en el acuífero y se mantengan como tales sin aflorar unos pocos metros aguas abajo.

6.3.1.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones en cartera públicas ni privadas vinculadas a obras de recarga de acuíferos en la cuenca del río Limarí.

6.3.1.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, no se considera estratégico la inclusión de una iniciativa en el Plan de Acción; no obstante, se sugiere revisar este tipo de obras en futuras actualizaciones del PEGH.

6.3.2 Desalinización

La desalinización de agua de mar se contempla como una nueva fuente de agua, con un potencial generalmente para uso de abastecimiento de agua potable y usos industrial y/o minero. A continuación, se expone la situación de esta posible solución para acortar la brecha entre oferta y demanda en la cuenca del río Limarí.

6.3.2.1 Diagnóstico

En la cuenca del río Limarí no se identifican actualmente obras o infraestructuras existentes en torno a nuevas fuentes de agua asociadas a plantas de desalinización. En este sentido, durante las reuniones PAC realizadas para el presente estudio, Aguas del Valle señala la importancia de estudiar fuentes alternativas de abastecimiento, no obstante, también plantea que las plantas desalinizadoras requieren de grandes inversiones, y deben ser coherente a los planes de desarrollo; en esta línea SISS señala que la desalinización es una instancia privada que ha costado incorporar, que se encuentran en fase de estudio, pero aún no hay definición.

6.3.2.2 Acciones en cartera actual

De acuerdo al “Anteproyecto Regional de Inversión 2021” del Gobierno Regional de Coquimbo, se encuentra en cartera el proyecto denominado “Construcción Platas Desalinizadoras APR Provincia de Limarí, Coquimbo”. Se espera que este proyecto se ubique en la desembocadura del río Limarí y sea capaz de abastecer de agua desalinizada a los sistemas rurales con déficit en las localidades de Combarbalá, Monte Patria, Ovalle y Punitaqui.

La justificación de este proyecto, de acuerdo a lo indicado en la ficha IDI asociada al mismo, disponible en el Banco integrado de proyectos (BIP) del MIDESO, tiene relación con la situación de escasez hídrica que afecta a la provincia de Limarí. El detalle de esta iniciativa se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6.3-1 Proyecto planta desalinizadora, provincia de Limarí

Código BIP	Nombre iniciativa de inversión	Etapas	Costo total (M\$)	Total 2021 (M\$)
30464473	Construcción plantas desalinizadoras APR provincia de Limarí, Coquimbo	Factibilidad	2.702.000	500.500

Fuente: Elaboración propia en base a GORE de Coquimbo (2020).

Asimismo, a partir de lo señalado en instancia PAC desarrollada en el marco del presente estudio por la empresa de servicios sanitarios Aguas del Valle, actualmente se encuentra en etapa de estudio la construcción de una planta desalinizadora que se espera abastezca de agua potable a las comunas de La Serena y Coquimbo y, en caso extremo, pueda llegar a Ovalle a través de una conducción de más de 70 kilómetros. Esta iniciativa cuenta con estudios preliminares y otros en proceso de desarrollo.

Esta iniciativa corresponde al proyecto “Planta Desalinizadora Región de Coquimbo”, el cual podría construirse mediante el sistema de concesiones. Este proyecto fue declarado de interés público en el año 2019 mediante oficio por la Dirección de Concesiones del MOP. Los estudios están siendo llevados a cabo por la empresa

privada CKC³⁵ en conjunto con AAEGES. La empresa CKC estima que la inversión podría ser de US\$200 millones, monto que considera la construcción de una planta de ósmosis inversa multipropósito en la zona, que produzca agua para asegurar el consumo humano, así como proveer a la agricultura y otros usos. El modelo parte con una capacidad de producción de 1.200 l/s.

Respecto al proyecto antes indicado, en reunión PAC del estudio, la SISS indicó que este proyecto corresponde a una instancia privada que se encuentra en fase de estudio y sin definiciones a la fecha. Así mismo destaca que corresponde a un proyecto cuyos beneficiados podrían ser la minería, APR u otros, y serán ellos quienes deberán asumir el costo de la distribución, dado que la empresa solo produciría y vendería el agua desalada.

6.3.2.1 Iniciativa de gestión modelada

En el marco del presente estudio, se ha modelado a través de un escenario de gestión (E2) el efecto de contar con una planta desalinizadora (la planta desalinizadora situada en La Serena) que aporta nuevos recursos hídricos a la cuenca del río Limarí, concretamente a Ovalle. Como resumen, a través de la modelación, se aprecia a nivel superficial que, respecto al Escenario 1, la demanda insatisfecha sobre los sectores de riego aguas abajo de la desaladora disminuye, así como una disminución de casi 10 l/s totales promedio de bombeo (periodo 2019-2050) para el SHAC Río Limarí.

Los resultados de la modelación de este escenario de gestión se presentan en el apartado 5.4.1.

6.3.2.2 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, no se considera estratégica la inclusión en el Plan de Acción de iniciativas de desalinización, puesto que ya se encuentra en cartera privada el desarrollo de la Planta Desalinizadora Región de Coquimbo.

³⁵ En consulta a CKC por vía electrónica a petición de la Inspección Fiscal DGA, la consultora no ha respondido ni facilitado detalles de la planta desaladora en estudio.

6.3.3 Uso aguas servidas tratadas

En los últimos años, debido a la creciente presión que las actividades humanas ejercen sobre los recursos hídricos, sumado a los efectos del cambio climático, surge la necesidad de buscar nuevas fuentes de agua. Dentro de las alternativas, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas se ha convertido en una opción para la planificación y manejo del recurso hídrico.

A continuación, se presenta el diagnóstico de la situación actual de la cuenca río Limarí respecto al reúso de aguas servidas tratadas, así como también la identificación de acciones en cartera actual, y potenciales iniciativas de esta naturaleza.

6.3.3.1 Diagnóstico

La oferta de aguas servidas en la cuenca del río Limarí está constituida por la sumatoria de los aportes de los dos sistemas de tratamiento que existen en ella: plantas de tratamiento de aguas servidas urbanas y plantas de tratamiento de aguas servidas rurales. No existe en la cuenca descarga de aguas servidas directamente al mar por medio de emisarios submarinos (acápites 2.4.1.3).

Respecto al potencial para la implementación de un sistema de reutilización de aguas servidas rurales, Fundación Chile en el año 2017 seleccionó las comunas de la región de Coquimbo donde existiera mayor factibilidad de instalar el sistema de reúso, se consideraron tres componentes críticos dentro de la línea base regional: demanda hídrica, zonas de estrés hídrico y número de plantas de tratamiento de aguas servidas rurales. Con base en los criterios antes indicados, se determinó que, en la provincia de Limarí, la comuna de Ovalle presenta el mayor potencial y factibilidad para evaluar la instalación de sistemas de reúso de aguas residuales tratadas.

El estudio de Fundación Chile concluye, que el reúso del efluente rural descargado por las PTAS rurales se presenta como una alternativa que permite aprovechar un recurso cada vez más escaso en la región como lo es el agua y a la vez generar recursos financieros a través del aprovechamiento de esta fuente de agua en una actividad productiva. Así mismo, concluye que las proyecciones demuestran que la inversión para implementar este tipo de sistemas se puede recuperar en un corto periodo de tiempo. Tomando las consideraciones de inocuidad, el reúso de aguas residuales puede instaurarse como una real alternativa de nueva fuente de agua para la región de Coquimbo y el resto del país, contribuyendo a ser una solución al problema del déficit hídrico regional y nacional (FCH, 2018).

Respecto a las aguas generadas en plantas de tratamiento de aguas servidas rurales, en enero del año 2018 se inauguró la primera planta de aguas residuales tratadas para uso productivo en zonas rurales en Chile, ubicada en la localidad de Cerrillos de Tamaya, en la comuna de Ovalle. El sistema fue implementado a fin de reusar las aguas servidas en el riego de cultivos de alfalfa.

El proyecto de reúso de aguas servidas fue ejecutado por Fundación Chile y financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo a través del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R 2015), que se traduce en transferencia tecnológica

de soluciones nuevas a problemas que se han vuelto un fenómeno permanente, como es el caso de la escasez hídrica experimentada por esta región en la última década.

De acuerdo a lo señalado por Fundación Chile, la planta de tratamiento de aguas servidas ya existía; no obstante, el recurso hídrico no se aprovechaba bien pues se desperdiciaba en quebradas. Mediante la inversión del GORE, se transformó en una planta con tecnología de lodos activados, que genera un caudal promedio de tratamiento de seis litros por segundo. Es una de las plantas rurales más grandes que hay en la región. La inversión en la iniciativa fue de \$50 millones, pero según los expertos, habrá una ganancia anual cercana a los \$24 millones al año, de manera que los fondos inyectados se podrían recuperar en unos 20 meses. La ganancia vendría de la comercialización de los fardos de alfalfa.

6.3.3.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones públicas ni privadas en cartera actual. No obstante lo anterior, como parte los desafíos para el periodo comprendido entre los años 2019-2022, la SISS tiene la misión de impulsar los proyectos que liderara el sector sanitario de cara al año 2030. Se trata de iniciativas que serán desarrolladas para impactar en un plazo máximo de 11 años y dentro de las cuales se encuentra la reutilización de aguas servidas tratadas (SISS, 2019).

6.3.3.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se considera estratégico avanzar en el conocimiento detallado del reúso de aguas servidas en la comuna de Ovalle, por lo que se identifica un estudio de factibilidad como iniciativa del Plan de Acción (acápite 6.4).

6.4 OTRAS MEDIDAS

El resto de las medidas estratégicas del Plan de Acción corresponden a estudios propuestos que ayudan a generar nueva información relativo a los recursos hídricos de la cuenca del río Limarí, y que disminuyen las brechas observadas en la caracterización de la misma. La generación de conocimiento e investigación propuesta se centra en cuatro ejes:

- ✓ Información del estado de glaciares y su evolución. Existe una brecha temporal de casi 10 años en la información generada por DGA relativa a glaciares a nivel de cuenca, quedando indeterminada la evolución que estos han tenido durante los últimos años. Señalar que, para alcanzar una buena gestión en los recursos, el primer paso es tener conocimiento sobre el mismo.
- ✓ Humedales y otros cuerpos de agua. Únicamente existe información oficial sobre la cobertura espacial de humedales y otros cuerpos de agua a nivel de cuenca. Sin embargo, no hay mayor detalle a través de información sistematizada sobre su importancia ecosistémica, especies presentes o su estado de conservación, debido principalmente a que solo el sector "Humedal río Limarí" cuenta con protección oficial (Sitio RAMSAR), mientras que el resto solo son Sitios Prioritarios para la conservación.
- ✓ Contaminación de las aguas. Deben generarse las herramientas para que en fase posterior se materialicen las inversiones priorizadas en saneamiento rural, dada la contaminación de origen fecal identificada en la cuenca.
- ✓ Reúso de aguas servidas tratadas. Este tema se abordó dentro del análisis de nuevas fuentes de agua (acápite 6.3.3).

En el caso de los glaciares, no se considera una iniciativa estratégica asociada al Plan de Acción, debido a que existe actualmente un Plan de Gestión de Glaciares para la región de Coquimbo, el cual comenzó en 2017 y es financiado por el gobierno regional y llevado a cabo por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), mediante el cual se pretende entregar un inventario de glaciares actualizado y mostrar metodologías de estudio sobre glaciares blancos, cubiertos y rocosos para conocer, monitorear y gestionar su rol hídrico en la región, así como sus aportes hídricos a la cuenca. Se deberá considerar entonces los resultados de dicho estudio, los cuales aún no se encuentran disponibles, para formular un Plan de Acción orientado en los glaciares de la cuenca.

De la misma forma, en el caso de los humedales, no se considera una iniciativa estratégica asociada al Plan de Acción en la actualidad, ya que el MMA tiene en sus labores la elaboración y ejecución de estudios y programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad, así como la administración y actualización de una base de datos sobre biodiversidad.

6.4.1 Conocimiento e investigación sobre reúso de aguas tratadas

6.4.1.1 Diagnóstico

El diagnóstico sobre el estado del reúso de aguas tratadas en la cuenca del río Limarí se ha presentado en el acápite 6.3.3.1.

6.4.1.2 Acciones en cartera actual

Las acciones en cartera actual sobre el estado del reúso de aguas tratadas en la cuenca del río Limarí se ha presentado en el acápite 6.3.3.2.

6.4.1.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se considera estratégica la iniciativa siguiente:

- Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle (OM-02).
 - Objetivo: Estudio y diseño de sistemas de tratamiento de aguas servidas que permitan controlar eficientemente la calidad del efluente y poder reutilizarlo para fines productivos locales, incluyendo el diseño de sistemas de reúso, que consideren la distribución, acumulación y riego.
 - Descripción: Esta iniciativa consiste en un estudio que permita evaluar las alternativas para reúso de las aguas servidas tratadas en la provincia de Limarí.

Esta iniciativa se encuentra en concordancia con los desafíos que tiene la SISS para el periodo comprendido entre los años 2019-2022, en el que se plantea impulsar los proyectos que liderara el sector sanitario de cara al año 2030 y dentro de los cuales se encuentra el reúso de aguas servidas tratadas. Además, Fundación Chile en el año 2017 concluyó que la zona con mayor potencial y factibilidad para evaluar la instalación de sistemas de reúso de aguas residuales tratadas en la provincia de Limarí es la comuna de Ovalle, en donde se determinó que existen 13 PTAS con alto potencial de reúso de aguas servidas.

- Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la “Mesa Regional para la Emergencia Hídrica” (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.4-1 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.4-1 Ficha resumen Acción N°: OM-02

ACCIÓN N°:	OM-02
Nombre de la Acción:	
Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle.	
Brecha o problemática identificada:	
En la actualidad existe un déficit hídrico importante que se potenciará con el pasar del tiempo. Por causa de lo anterior, se gesta la necesidad de diseñar e implementar nuevas estrategias para resolver los efectos que este fenómeno tiene sobre las comunidades y las actividades productivas que se desarrollan en el territorio. Dentro de las alternativas, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas se plantea como una parte esencial de la planificación y manejo del recurso hídrico.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.1. Reducir la brecha entre oferta y demanda de aguas considerando cambio climático, sequía e inundaciones. Objetivo 4.2. Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el	
Objetivo(s) de la Acción:	
Estudio y diseño de sistemas de tratamiento de aguas servidas que permitan controlar eficientemente la calidad del efluente y poder reutilizarlo para fines productivos locales, incluyendo el diseño de sistemas de reúso, que consideren la distribución, acumulación y riego.	
Características generales:	
Ámbito:	Riego
Ubicación:	Comuna de Ovalle
Beneficiarios directos:	Sector agrícola (potencial beneficiario)
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	GORE Coquimbo
Entidad(es) responsable(s):	DOH
Observaciones:	
Esta iniciativa se encuentra en concordancia con los desafíos que tiene la Superintendencia de Servicios para el periodo comprendido entre los años 2019-2022, periodo en el que se plantea impulsar los proyectos que liderara el sector sanitario de cara al año 2030 y dentro de los cuales se encuentra el reúso de aguas servidas tratadas. Por otro lado, cabe señalar que Fundación Chile en el año 2017 concluyó que la zona con mayor potencial y factibilidad para evaluar la instalación de sistemas de reúso de aguas residuales tratadas en la provincia de Limarí es la comuna de Ovalle, en donde se determino que existen 13 PTAS con alto potencial de reúso de aguas servidas.	

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Conocimiento e investigación sobre origen de contaminantes

En el presente acápite, se presentan las herramientas de información necesarias para la toma de decisiones sobre futuras acciones en torno a la contaminación microbiológica en la cuenca.

6.4.2.1 Diagnóstico

En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Limarí se ha detectado presencia de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en las fuentes de agua cruda de abastecimiento de agua potable, de manera persistente en el tiempo (acápite 4.2.4.1). La presencia de la bacteria *E. coli* es atribuida principalmente a la contaminación por aguas residuales; considerando que las zonas rurales no cuentan en su totalidad con red de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas, eventualmente los contaminantes derivan a cuerpos hídricos receptores.

Dado el origen de contaminación microbiológica fecal, debe abordarse un plan de inversiones que impulse las obras de saneamiento y tratamiento de aguas servidas de los APR de la cuenca.

6.4.2.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones en cartera pública o privada.

6.4.2.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, se consideran estratégicas las iniciativas siguientes:

- Elaboración del Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí (OM-01).
 - Objetivo: Elaborar una propuesta de Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural para localidades concentradas de la cuenca del río Limarí.
 - Descripción: Esta iniciativa busca aportar información para en fases posteriores contrarrestar la contaminación de contaminantes microbiológicos (coliformes totales y *E. coli*) detectada en el curso medio de la cuenca del río Limarí, lo cual es atribuido a fuentes de aguas residuales de zonas rurales que no cuentan con un correcto sistema de manejo de las aguas servidas. Debido a esto, actualmente se evalúa a nivel de perfil el Estudio Básico "Análisis Plan de Inversión Pública en Saneamiento Rural para 20 Localidades Concentradas", en el cual se escogerán 20 localidades de un total de 205 estudiadas, en las regiones de Coquimbo y Atacama, y se entregará un Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural, a partir del cual se seleccionarán las APR prioritarias.

El alcance de la presente iniciativa considera complementar el citado estudio básico, de forma de cubrir el 100% de las APR de la cuenca del río Limarí, y la definición de un Plan de Saneamiento propio a nivel de cuenca.

Como se menciona anteriormente, este estudio es habilitante para la iniciativa OH-05 "Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades concentradas de la cuenca del río Limarí".

- o Instancias de relación vinculadas: Es una iniciativa que se alinea con el objetivo general de la "Mesa Regional para la Emergencia Hídrica" (Anexo I acápite 4.3.4b).

En la Tabla 6.4-2 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta inversión se presenta en el acápite 7.2.1 y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.4-2 Ficha resumen Acción N°: OM-01

ACCIÓN N°: OM-01	
Nombre de la Acción:	
Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí.	
Brecha o problemática identificada:	
En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Limarí, se ha detectado presencia de Coliformes Totales y <i>Escherichia coli</i> en las fuentes de agua cruda de abastecimiento de agua potable, de manera persistente en el tiempo. La presencia de la bacteria <i>E. coli</i> es atribuida principalmente a la contaminación por aguas residuales; considerando que las zonas rurales no cuentan en su totalidad con red de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas servidas, eventualmente los contaminantes derivan a cuerpos hídricos receptores.	
Eje(s) del Plan:	
Eje 1. Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda. Eje 4. Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico.	
Objetivo(s) del Plan:	
Objetivo 1.2. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 1.3. Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas. Objetivo 4.1. Conservar y/o mejorar el estado de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas.	
Objetivo(s) de la Acción:	
Elaborar una propuesta de Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural para localidades concentradas de la cuenca del río Limarí.	
Características generales:	
Ámbito:	Saneamiento
Ubicación:	Cuenca río Limarí
Beneficiarios directos:	Sistemas APR
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Perfil
Horizonte:	Corto plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DIRPLAN
Entidad(es) responsable(s)	DIRPLAN
Observaciones:	
Esta iniciativa se enmarca en el "Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para 20 localidades concentradas en las regiones de Atacama y Coquimbo" (código BIP 40005219-0). De acuerdo a lo señalado por DIRPLAN para la postulación de este estudio, el objetivo del proyecto se enmarca en el lineamiento estratégico del MOP de abordar las desigualdades en infraestructura entre sector urbano y rural, presentándose actualmente en este último solo un 12% de cobertura de evacuación y tratamiento de aguas servidas.	
*localidades rurales con una población mínima de 150 habitantes y una densidad de al menos 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable (DIRPLAN-IFARLE, 2018).	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7 CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS

El presente capítulo entrega la cartera de iniciativas para el PEGH de la cuenca del río Limarí, 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 identificación y la priorización de las iniciativas y 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.

El diagnóstico tuvo una amplia caracterización técnica, mientras que el proceso de PAC tuvo un carácter cualitativo con los aportes que han realizado los distintos actores relevantes del territorio, recogidos a través de reuniones. La síntesis del diagnóstico, junto con la revisión de la cartera actual de acciones, se ha presentado en el Capítulo 6, derivando de ello las iniciativas estratégicas correspondientes; en el Anexo K.1 se compilan las fichas resumen, donde pueden examinarse los detalles identificativos de cada una.

La síntesis de selección de alternativas se presenta a continuación, organizada en obras hidráulicas (Tabla 7.1-1), medidas de gestión (Tabla 7.1-2) y otras medidas (Tabla 7.1-3), identificando la acción y su objetivo.

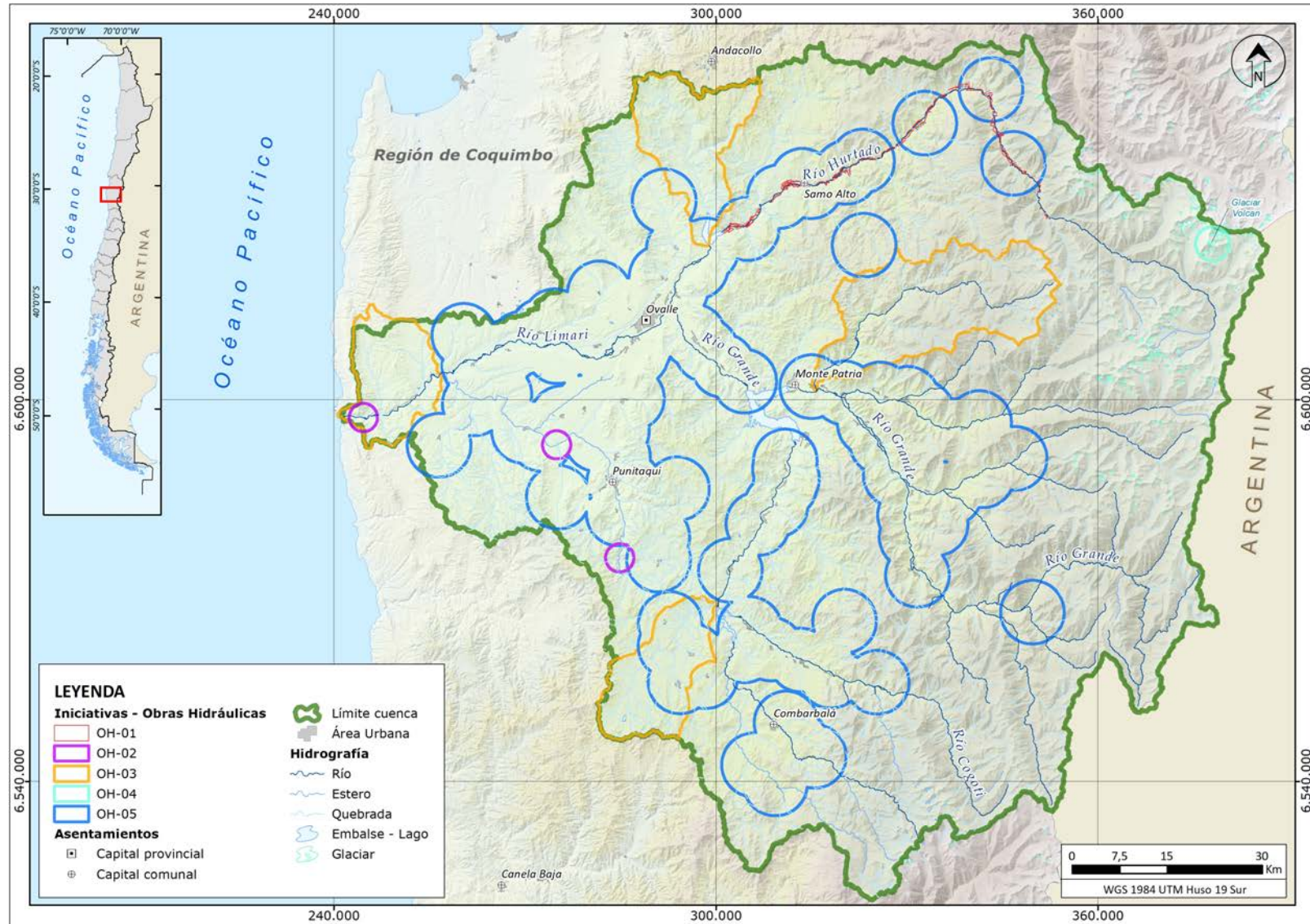
Tabla 7.1-1 Síntesis de acciones asociadas a Obras Hidráulicas (OH)

ID	Acción	Objetivo	Responsable
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la subcuenca río Hurtado de la cuenca del río Limarí.	Incrementar el grado de tecnificación de la superficie agrícola en riego, mediante fondos concursables específicos de tecnificación en la cuenca del río Limarí.	CNR
OH-02	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí recuperando y mejorando infraestructura, de manera de incrementar la cantidad y la calidad de los datos de monitoreo de las aguas superficiales, a través de la construcción de tres (3) nuevas estaciones, una (1) estación de cierre en la subcuenca del río Limarí y dos (2) estaciones en la cuenca del estero Punitaqui, en la parte alta y media de la cuenca.	DGA

ID	Acción	Objetivo	Responsable
OH-03	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de cuatro (4) nuevos puntos de medición de niveles subterráneos en los SHAC Higuierilla, Río Ponio, Quebrada Grande y Limarí Desembocadura, de manera de mejorar la información relativa a balances de agua subterránea.	DGA
OH-04	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Limarí, mediante la construcción de una (1) estación glaciológica, con el objetivo de contar con información histórica sobre un glaciar representativo.	DGA
OH-05	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí.	Construcción de sistema de alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas servidas en zonas rurales concentradas, para una adecuada disposición de éstas y evitar la potencial contaminación del acuífero.	Municipalidades

Fuente: Elaboración propia.

Gracias al espacio acotado donde estas iniciativas se emplazan, se presenta la Figura 7.1-1 con las áreas asociadas a cada una de las acciones presentadas en la tabla anterior.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.1-1 Iniciativas asociadas a Obras Hidráulicas

Tabla 7.1-2 Síntesis de acciones asociadas a Medidas de Gestión (MG)

ID	Acción	Objetivo	Responsable
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones superficiales de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de parámetros físico-químicos de las aguas superficiales de la cuenca. De esta forma, se podrá estudiar las variaciones estacionales asociadas a los distintos caudales observados a lo largo de un año en el río Limarí y sus afluentes.	DGA
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	Aumentar la frecuencia de las mediciones de parámetros de calidad en estaciones subterráneas de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de los distintos parámetros de las aguas de la cuenca. De esta forma, se podrán establecer variaciones estacionales asociadas a cambios en el nivel freático de los puntos monitoreados.	DGA
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del Río Limarí.	Mantener un monitoreo constante de los parámetros microbiológicos más relevantes (<i>E. coli</i> , Coliformes Totales y Coliformes Fecales), utilizando la red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas, de manera de contar con suficiente información para estudiar su variación temporal y espacial en la cuenca.	DGA
MG-04	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí.	Instalar mecanismos para el monitoreo de caudal superficial y la automatización de compuertas en las bocatomas y/o compuertas principales de los canales de riego, incluyendo las adecuaciones pertinentes en las obras civiles implicadas (aforadores), de forma de contar con información en tiempo real de los caudales en los principales canales de riego de la cuenca del río Limarí.	CNR
MG-05	Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	Capacitar a agricultores en el manejo de fertilizantes nitrogenados, por medio de incorporación de prácticas sustentables a largo plazo.	CORFO

ID	Acción	Objetivo	Responsable
MG-06	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí.	Fomentar la participación activa de diversos intereses productivos, sociales, culturales y económicos en la gestión hídrica y gobernanza entre actores relevantes en materia hídrica, a través de la disposición de facilitadores para guiar en la toma de decisiones conjunta y armónica en la cuenca del río Limarí.	DGA Región de Coquimbo
MG-07	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí.	Aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Limarí, a través de la capacitación de futuros directores, saneamiento y regularización de la inscripción en CBR de los DAA del sector y; organización legal de las siete (7) Comunidades de Agua Subterránea en los SHAC Cogotí, Combarbalá, El Ingenio, Guatulame, Higuera, Quebrada Grande y Río Pama.	DGA
MG-08	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí.	Fortalecer la gestión sustentable del agua en la cuenca del río Limarí a través de la complementación de la plataforma "en tiempo real" que integre las diferentes fuentes de información hídrica pública y privada disponibles y/o potenciales como: estaciones fluviométricas; estaciones de calidad de agua; monitoreo de aguas subterráneas; nivel de embalses; extracciones subterráneas (MEE, APRs); extracciones superficiales (canales); otros de interés.	DGA
MG-09	Programa de transferencia para el fortalecimiento de OUsAs en la cuenca del río Limarí.	Contribuir al fortalecimiento organizacional de las organizaciones de agua superficial en la provincia del Limarí, a través del diagnóstico, apoyo y asesoramiento a las Organizaciones de Usuarios de Aguas en aspectos de desarrollo organizacional, legales y técnicos en gestión del recurso hídrico, además de la capacitación a dirigentes y celadores en aspectos organizacionales, legales y técnicos para gestionar el recurso hídrico.	DGA

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.1-3 Síntesis de acciones asociadas a Otras Medidas (OM)

ID	Acción	Objetivo	Responsable
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí.	Elaborar una propuesta de Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural para localidades concentradas de la cuenca del río Limarí.	DIRPLAN
OM-02	Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle.	Estudio y diseño de sistemas de tratamiento de aguas servidas que permitan controlar eficientemente la calidad del efluente y poder reutilizarlo para fines productivos locales, incluyendo el diseño de sistemas de reúso, que consideren la distribución, acumulación y riego.	DOH

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7.1-4 se presentan las acciones del Plan de Acción, resumiendo de dónde surgen principalmente cada una de ellas.

Tabla 7.1-4 Identificación de iniciativas y su origen principal

ID	Acción	Origen principal
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la subcuenca río Hurtado de la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (análisis eficiencia de riego)
OH-02	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	Modelación hidrológica
OH-03	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	Modelación hidrológica
OH-04	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	Diagnóstico (infraestructura y sistemas de información)
OH-05	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	Diagnóstico (calidad de aguas superficiales)
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Limarí.	Diagnóstico (calidad de aguas)
MG-04	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (infraestructura)
MG-05	Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)
MG-06	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (gobernanza)
MG-07	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (gobernanza)
MG-08	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (sistemas de información)

ID	Acción	Origen principal
MG-09	Programa de transferencia para el fortalecimiento de OUAs en la cuenca del río Limarí	Reuniones PAC
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)
OM-02	Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle	Reuniones PAC

Fuente: Elaboración propia.

7.2 EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS

La evaluación económica, social y ambiental se desarrolla conforme a la metodología expuesta en el acápite 3.6.4 del Anexo F. A continuación, se presentan los resultados de esta evaluación y la priorización de inversión del Plan de Acción.

7.2.1 Evaluación Económica

Gran parte de las medidas seleccionadas corresponden a medidas no estructurales, o habilitantes para la toma de decisiones, 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, su impacto está orientado principalmente a la gestión. 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).

La evaluación de cada medida se presenta en Anexo K.2, donde se indican los supuestos para determinar los elementos de costo, el flujo de evaluación y los resultados respectivos. 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 7.2-1 se entrega el VAC y CAE de cada acción.

Tabla 7.2-1 Resumen de evaluación económica de iniciativas

ID	Acción	VAC [UF]	CAE [UF]
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la parte baja de la cuenca del río Limarí.	665.588,1	66.778,6
OH-02	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	21.823,5	2.189,6
OH-03	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	12.960,6	1.300,3

ID	Acción	VAC [UF]	CAE [UF]
OH-04	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	1.721,2	172,7
OH-05	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí.	2.659.500,3	266.828,5
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	4.386,6	440,1
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	5.545,3	556,4
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Limarí.	2.565,7	257,4
MG-04	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí.	362.018,8	36.321,5
MG-05	Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	1.591,1	398,4
MG-06	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí.	34.751,0	3.486,6
MG-07	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí.	11.368,0	3.793,9
MG-08	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí.	7.823,2	654,5
MG-09	Programa de transferencia para el fortalecimiento de OUAs en la cuenca del río Limarí.	33.151,1	11.063,6
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí.	22.643,9	3.781,9
OM-02	Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle.	6.193,1	3.099,3

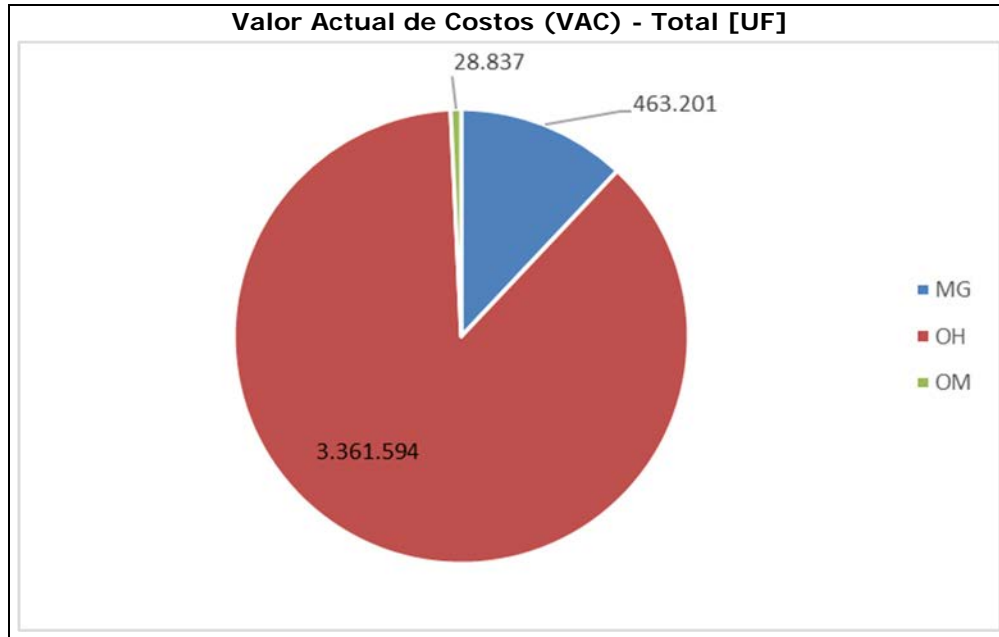
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7.2-2, la Figura 7.2-1 y la Figura 7.2-2 presentan los resultados agregados según línea de acción, donde se puede apreciar que el mayor porcentaje de costos totales evaluados a través del VAC están concentrados en las acciones de Obras Hidráulicas. Esto se debe al alto costo que significan estas acciones al contemplar medidas estructurales. Respecto a las acciones relativas a Medidas de Gestión, suponen un costo considerablemente inferior al conjunto de medidas OH; son de tipo no estructurales y algunas de ellas se consideran estratégicas porque son habilitantes para otras acciones del Plan de Acción.

Tabla 7.2-2 Resumen evaluación económica por tipología de acciones

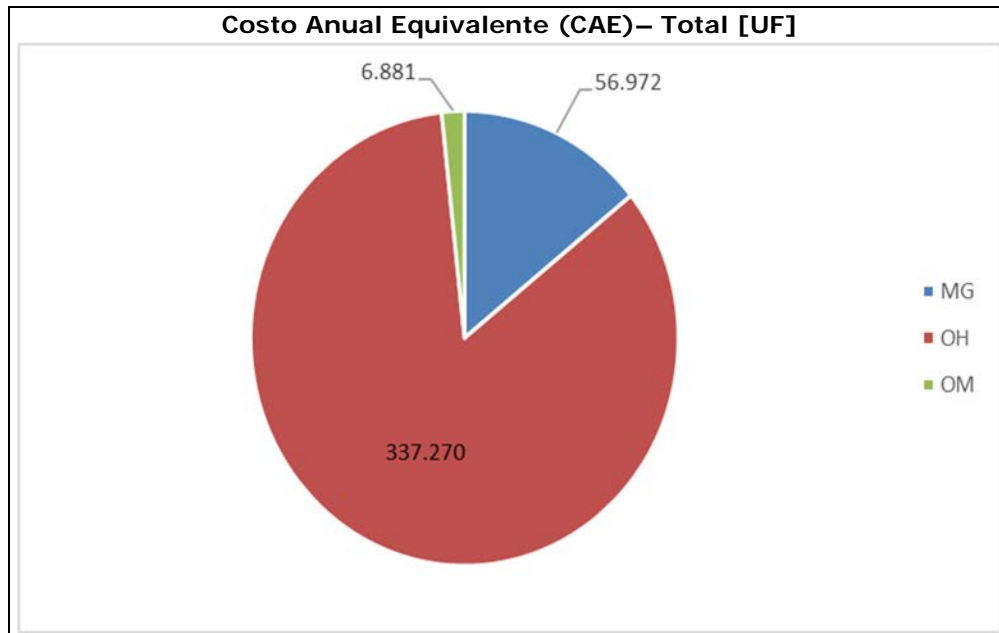
Tipología	VAC [UF]	CAE [UF]
OH	3.361.594	337.270
MG	463.201	56.972
OM	28.837	6.881

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.2-1 VAC [UF] totales según línea de acción



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.2-2 CAE [UF] totales según línea de acción

Para efectos de la priorización, el indicador económico contemplado es el CAE categorizado como bajo, medio o alto, con una ponderación 1, 2 o 4, respectivamente. La ponderación se considera inversamente proporcional al costo, esto es a mayor costo es menor la ponderación de priorización. Así, La metodología se expone en el acápite 3.6.4.1 del Anexo F, y sus puntuaciones resultantes se presentan en la Tabla 7.2-5 del presente capítulo.

7.2.2 Evaluación Social

La evaluación social se basa en el trabajo desarrollado bajo la participación ciudadana liderado en el presente estudio. Este fue ampliamente presentado en el acápite 2.6 y específicamente en el Anexo I.4, siendo insumo para la presente sección.

Para esta evaluación se considera la opinión de los actores respecto de la identificación de problemas y brechas más relevantes, frente a aquellas soluciones que no consideran oportunas o que causan rechazo. Así, la evaluación social se basa en una validación de las medidas en función de si aporta o no en la solución de las problemáticas identificadas durante proceso de consulta ciudadana.

Según se desprende de la trazabilidad de los resultados de las entrevistas y reuniones del proceso de PAC, se elabora una tabla relacional (Tabla 7.2-3), donde se identifica el o los problemas (brechas) que se aborda a través de la medida identificada por su código ID, junto con la identificación de los actores que mencionan dichos problemas.

Tabla 7.2-3 Tabla relacional de evaluación social de iniciativas

ID	Problemas relacionados	Actores
OH-01	Descenso de caudales por incremento en la frecuencia de eventos críticos (sequía). Disminución de nivel de agua en acuíferos por su uso intensivo y creciente. Aumento de demanda debido a recambio en uso de agua (recambio agricultura-industria-minería y/o aumento de superficie plantada).	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - Público-Privado - Academia - OUA Limarí
OH-02	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo
OH-03	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo
OH-04	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo
OH-05	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	S/A
MG-01	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- Minería - Aguas del Valle - OUA Limarí - DOH Coquimbo
MG-02	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- Minería - Aguas del Valle - OUA Limarí - DOH Coquimbo
MG-03	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- DOH Coquimbo
MG-04	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo

ID	Problemas relacionados	Actores
MG-05	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- Minería - Aguas del Valle - OUA Limarí - DOH Coquimbo
MG-06	Deficiente coordinación entre usuarios en la gestión de aguas en la cuenca.	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - JV Illapel
MG-07	Deficiente coordinación entre usuarios en la gestión de aguas en la cuenca.	- DOH Coquimbo
MG-08	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo
MG-09	Disparidades técnicas y/o financieras de las Organizaciones de Usuarios de Agua.	- DOH Coquimbo - Academia - Entidades Público-Privado - JdV Pama - JdV Mostazal
OM-01	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	S/A
OM-02	Insuficientes o inexistentes fuentes alternativas de agua a escala relevante.	- DOH Coquimbo - Academia

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de la priorización se traduce esta información a un indicador social, donde el puntaje asociado a cada iniciativa se asigna a partir de las problemáticas expresadas por los actores relevantes en las reuniones PAC. La puntuación va de 1 a 4, siendo la puntuación más alta cuando la iniciativa soluciona problemáticas mencionadas por dos o más actores; y la puntuación menor responde a una iniciativa no identificada por los actores. La metodología se expone en el acápite 3.6.4.2 del Anexo F, y sus puntuaciones resultantes se presentan en la Tabla 7.2-5 del presente capítulo.

7.2.3 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental recoge los aspectos principales en materia medioambiental del proyecto propuesto. Estos se han definido en dos indicadores de evaluación: la pertinencia de ingreso al SEA; y el impacto en la protección y conservación de los recursos, aportando al objetivo 4 del PEGH.

La puntuación en el primer indicador sobre ingreso al SEA se valoriza en 0 o 1, donde 0 se refiere a que requiere ingresar al SEA con mayores requerimientos de gestión, tiempo y recursos (ver metodología en acápite 3.6.4.3 del Anexo F), cuyos resultados se presentan en la Tabla 7.2-4.

Tabla 7.2-4 Indicador de evaluación ambiental según iniciativas

ID	Ingreso SEA	Justificación
OH-01	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-02	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-03	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-04	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-05	No	<p>Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)</p> <p>Artículo 3 del RSEIA (DS 40)</p> <p>o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos. Se entenderá por proyectos de saneamiento ambiental al conjunto de obras, servicios, técnicas, dispositivos o piezas que correspondan a:</p> <p>o.1. Sistemas de alcantarillado de aguas servidas que atiendan a una población igual o mayor a diez mil (10.000) habitantes.</p> <p>No corresponde ingreso al SEIA dado que <i>"Se entiende como entidad rural un asentamiento humano con población menor o igual a 1.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes donde más del 50% de la población que declara haber trabajado se dedica a actividades primarias"</i>. En esta propuesta el total de habitantes no es superior o igual 10.000.</p>
MG-01	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-02	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-03	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-04	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-05	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-06	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-07	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-08	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
MG-09	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OM-01	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OM-02	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis cualitativo del impacto en la protección y conservación de los recursos naturales, se recurre a la opinión experta, considerando una clasificación de impacto bajo, medio o alto, con puntuación 1, 2 y 4 respectivamente. Se asigna un mayor puntaje si se estima una mayor incidencia directa (positiva) en recursos naturales (metodología se presenta en acápite 3.6.4.3 del Anexo F).

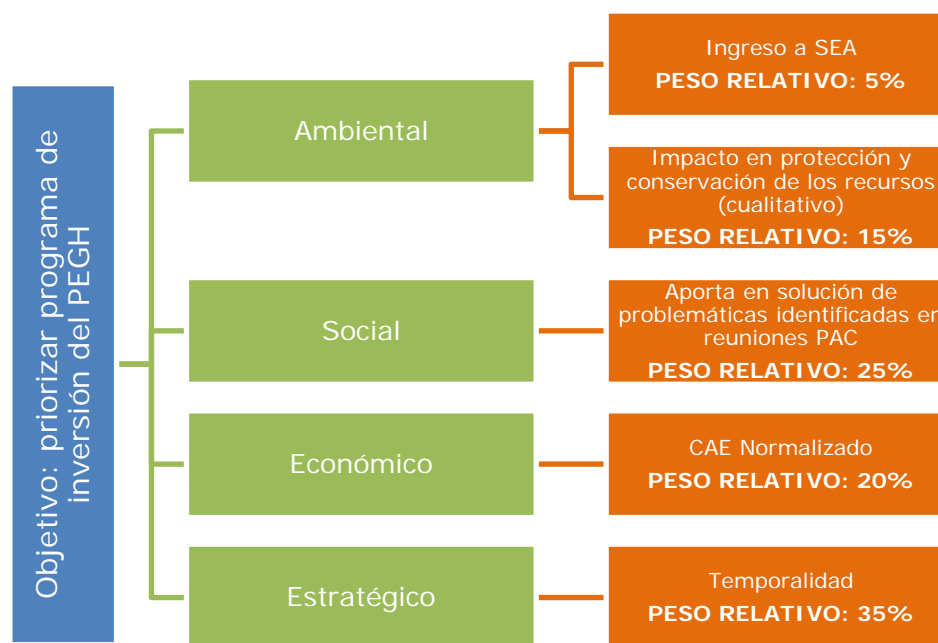
El puntaje ambiental asociado a cada iniciativa, tanto por ingreso o no al SEA como por el impacto en la protección y conservación del recurso, se presenta en la Tabla 7.2-5.

7.2.4 Priorización de las medidas según líneas 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 multicriterio (detalle metodológico en acápite 3.6.5 del Anexo F), donde los criterios y ponderaciones han sido sugeridas desde la opinión experta del equipo consultor. Para aumentar la confiabilidad en este método, en futuras aplicaciones, se sugiere que tanto los criterios como las ponderaciones sean definidas en una mesa de trabajo ampliada a distintos actores de la cuenca. Para efectos del presente ejercicio y en base a la opinión experta del equipo consultor se ha seguido el esquema de la Figura 7.2-3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.2-3 Esquema de priorización de iniciativas

Las puntuaciones asignadas y el resultado de priorización se presentan en la Tabla 7.2-5, organizadas de mayor prioridad a menor. 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.

Tabla 7.2-5 Resultado de priorización de iniciativas

ID	Acción	Amb. (SEA)	Amb. (Imp.)	Social	Econ.	Estr.	Ptje. Prioriz.
OM-02	Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle	1	4	4	4	4	3,85
OH-02	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	1	2	4	4	4	3,55
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	1	2	4	4	4	3,55
MG-05	Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	1	1	4	4	4	3,4
MG-06	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí	1	1	4	4	4	3,4
MG-08	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí	1	1	4	4	4	3,4
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Limarí.	1	4	2	4	4	3,35
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí	1	4	1	4	4	3,1
OH-03	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	1	2	2	4	4	3,05
OH-04	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	1	2	2	4	4	3,05
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	1	2	2	4	4	3,05
MG-09	Programa de fortalecimiento de OUA en la cuenca del río Limarí	1	1	4	2	4	3
MG-07	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí	1	1	2	4	4	2,9
OH-05	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí	1	4	2	1	2	2,05
MG-04	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí	1	2	2	1	2	1,75
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la parte baja de la cuenca del río Limarí	1	2	1	1	2	1,5

Fuente: Elaboración propia.

7.3 VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA

Las medidas contempladas en el presente Plan ascienden a un valor actual de costos de **3.853.631,3 UF**, donde todas las acciones están evaluadas a un máximo de 10 años. El costo anual equivalente total asciende a **401.123,2 UF**, con las mismas consideraciones de horizonte de evaluación indicadas.

El modelo de negocio del PEGH se basa principalmente en la coordinación de las entidades públicas, reasignación de presupuesto público, y la gestión de los fondos y/o programas en forma consistente a los objetivos y medidas del Plan. Desde la perspectiva del financiamiento, algunos costos pueden ser atribuidos al sector público, otros al sector privado (inversión fiscal) y otros pueden ser pensados como una forma de financiamiento mixto (por ejemplo, medidas relacionadas con la tecnificación del riego, la automatización de bocatomas, entre otros).

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.

Así, la estrategia de financiamiento para la implementación de las medidas debe considerar las principales fuentes de financiamiento nacionales, pero también debe tener a la vista las fuentes internacionales. En particular, en materia internacional, existen fondos de acción climática que tienen una orientación a la adaptación, considerando temáticas adjudicables a la gestión de recursos hídricos, la construcción de obras adaptativas y la gestión del riesgo frente a desastres, como aluviones, inundaciones, entre otros. Por ello se considera una oportunidad observar la aplicabilidad de dichos fondos internacionales durante la implementación del presente Plan.

Por lo pronto, y en base al financiamiento nacional, a continuación, se resumen las acciones según el responsable de su ejecución, 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 según ejecutor o mandante DGA

La Tabla 7.3-1 presenta las iniciativas que se han identificado con la DGA como mandante principal.

Tabla 7.3-1 Iniciativas ejecutadas por DGA

ID	Acción	Mandante
OH-02	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	DGA
OH-03	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	DGA
OH-04	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Limarí, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	DGA
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	DGA
MG-02	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones subterráneas de calidad de aguas de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Limarí.	DGA
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Limarí.	DGA
MG-06	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Limarí.	DGA
MG-07	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí.	DGA
MG-09	Programa de fortalecimiento de OUA en la cuenca del río Limarí	DGA

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2 Acciones ejecutadas por otras instituciones

La Tabla 7.3-2 presenta las iniciativas que se han identificado con otras instituciones ejecutoras.

Tabla 7.3-2 Iniciativas ejecutadas por otras instituciones

ID	Acción	Mandante
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la parte baja de la cuenca del río Limarí.	CNR-GORE-Privado
OH-05	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí.	GORE-SUBDERE
MG-04	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en la cuenca del río Limarí.	CNR-OUA
MG-05	Capacitación a agricultores sobre el manejo sustentable de la fertilización, con énfasis en la componente nitrogenada.	CORFO
MG-08	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Limarí.	CORFO
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí.	DIRPLAN
OM-02	Estudio y diseño de sistemas de reúso de aguas residuales rurales en la comuna de Ovalle.	GORE

Fuente: Elaboración propia.

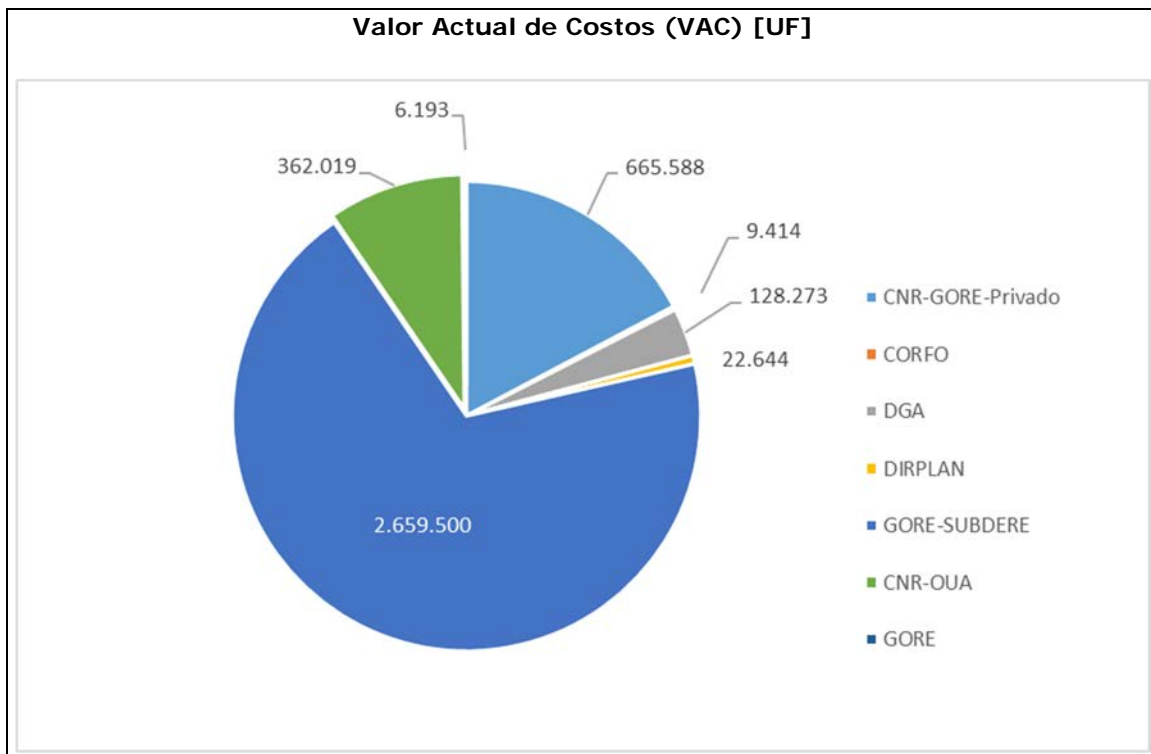
7.3.3 Distribución de costos por actores

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 7.3-3, la Figura 7.3-1 y la Figura 7.3-2.

Tabla 7.3-3 Distribución de costos según ejecutor: VAC y CAE [UF]

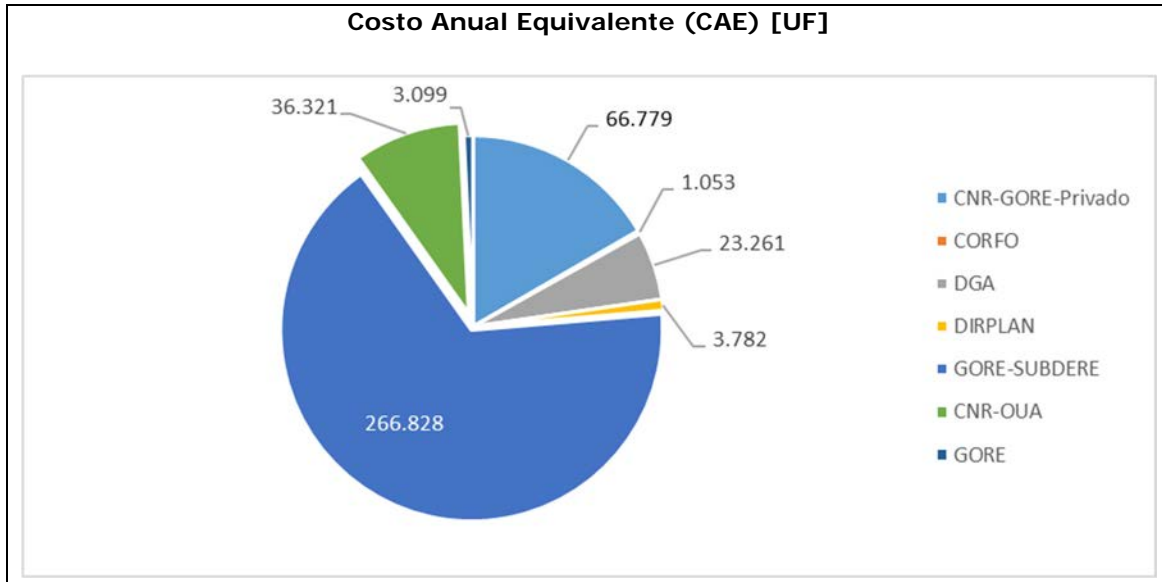
Institución	VAC [UF]	CAE [UF]
CNR-GORE-Privado	665.588	66.779
CORFO	9.414	1.053
DGA	128.273	23.261
DIRPLAN	22.644	3.782
GORE-SUBDERE	2.659.500	266.828
CNR-OUA	362.019	36.321
GORE	6.193	3.099
Total	3.853.631	401.123

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.3-1 Distribución de VAC [UF] según institución



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.3-2 CAE [UF] según institución

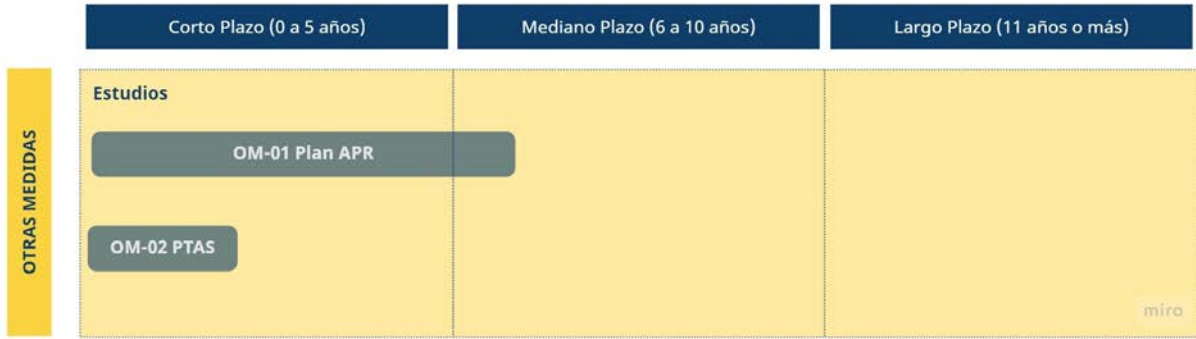
7.4 CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES

En el esquema presentado en la Figura 7.4-1 y la Figura 7.4-2, se representa una versión extendida de la hoja de ruta del PEGH de la cuenca del río Limarí. Es el resultado del análisis e integración de los diversos componentes trabajados, priorizados y seleccionados a través de todo el estudio. En el esquema es posible observar las cuatro líneas de acción que fueron priorizadas, con un total de 16 iniciativas, tomando además en consideración su temporalidad orientativa en el corto, mediano y largo plazo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.4-1 Hoja de ruta del Plan de Acción



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.4-2 Hoja de ruta del Plan de Acción (continuación)

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 relativa a la estrategia de su implementación como comunicacional. 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 expone un resumen de la estructura del PEGH y los principales hitos a considerar, en función de la temporalidad establecida para cada medida del Plan de Acción.

8.1.1 Estructura del Plan de Gestión

La estructura del PEGH se ha establecido de acuerdo a 4 ejes, alineados según los objetivos del presente estudio (ver acápite 3.6.1 del Anexo F):

- Eje 1) Uso estratégico del Recurso Hídrico: Brechas entre oferta y demanda;
- Eje 2) Monitoreo del Recurso Hídrico;
- Eje 3) Gestión y Gobernanza del Agua; y
- Eje 4) Conservación y Protección del Recurso y del Ecosistema Hídrico.

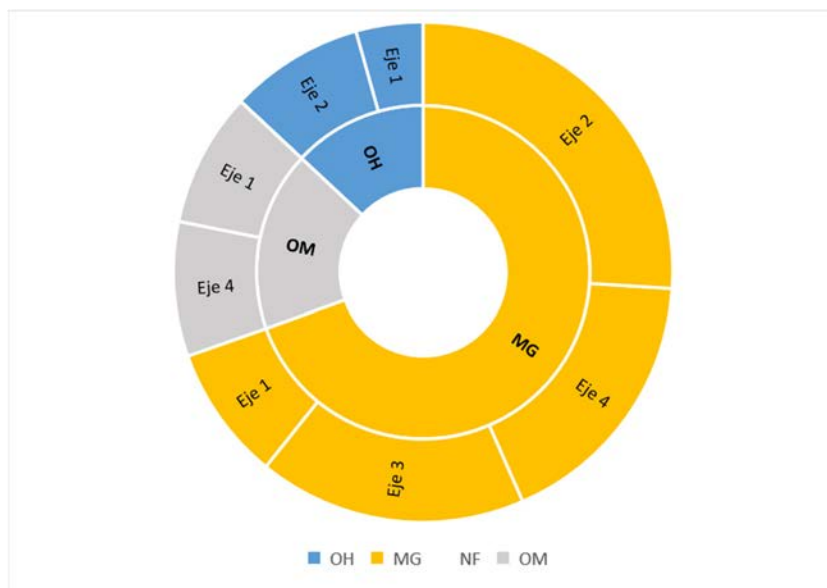
A su vez, en cuanto a su tipología, las iniciativas se clasifican en 4 tipos, siguiendo las recomendaciones indicadas por DGA:

- Obras Hidráulicas (OH);
- Medidas de Gestión (MG);
- Nuevas Fuentes (NF); y
- Otras Medidas (OM).

En los apartados siguientes se analiza el número de iniciativas que se aborda por Eje y por tipología (OH, MG, NF y/o OM) en cada horizonte (corto, mediano y/o largo), para tener una visión del tipo de acciones que se abordan.

8.1.2 Corto plazo

Cabe señalar que el mayor número de iniciativas del PEGH corresponden a medidas de intervención con un horizonte a corto plazo. Entre ellas, existen acciones de 3 de las 4 tipologías: obras hidráulicas (OH), medidas de gestión (MG) y otras medidas (OM). En cualquier caso, las iniciativas planteadas tienden a resolver brechas de los 4 Ejes establecidos en el PEGH (acápites 2.6.2). En la Figura 8.1-1 se presenta un resumen de lo anterior.



Fuente: Elaboración propia.

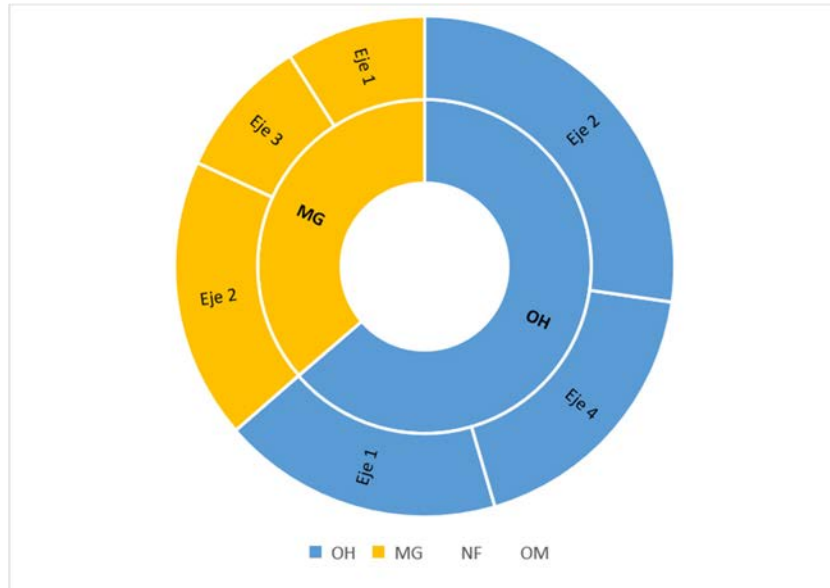
Figura 8.1-1 Distribución de iniciativas a corto plazo

Como hitos de referencia, cabría destacar la iniciativa OM-01 “Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Limarí”, la cual se considera muy relevante para la consecución de otras medidas de diferentes naturalezas. Por otra parte, la iniciativa MG-07 “Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí” también se considera relevante, ya que a partir de ella se contribuye a reforzar la gobernanza en la cuenca.

8.1.3 Mediano plazo

En la Figura 8.1-2 se presenta la distribución de iniciativas en un horizonte a mediano plazo, según tipología de la acción y su repercusión positiva sobre los ejes del PEGH; considerar que hay iniciativas que responden a más de un eje.

A mediano plazo, los hitos relevantes tienen relación con medidas que también presentan resultados en otros horizontes; cabe destacar OH-05 “Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Limarí” y “Programa de tecnificación de riego en la subcuenca río Hurtado de la cuenca del río Limarí”.

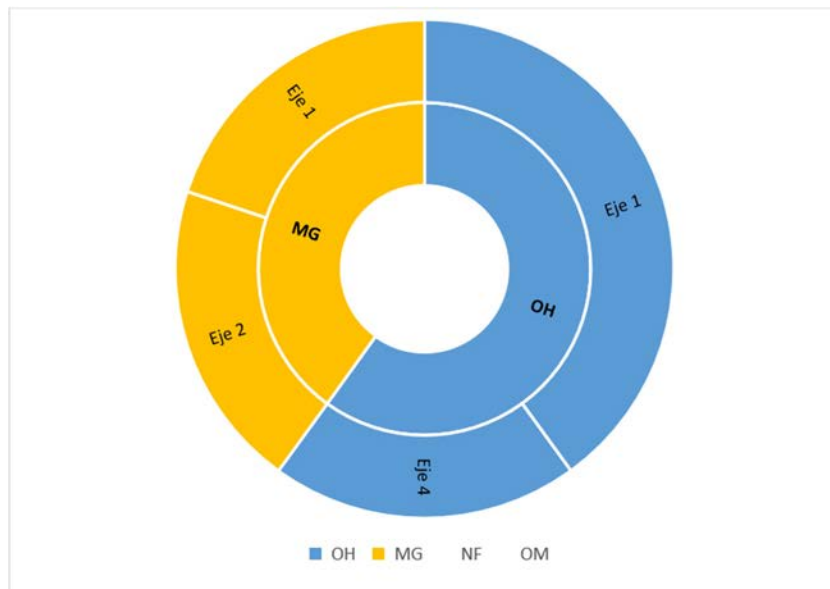


Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.1-2 Distribución de iniciativas a mediano plazo

8.1.4 Largo plazo

En la Figura 8.1-3 se presenta la distribución de iniciativas en un horizonte a largo plazo, según tipología de la acción y su repercusión positiva sobre los ejes del PEGH.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.1-3 Distribución de iniciativas a largo plazo

A largo plazo, los hitos relevantes tienen relación con obras hidráulicas ya señaladas a mediano plazo.

8.2 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El éxito de la ejecución de las iniciativas del PEGH Limarí viene sujeto por determinadas condiciones del entorno que pueden facilitar o retardar la implementación de las acciones definidas, entre las cuales se encuentran temas institucionales, culturales, de financiamiento o legales. Seguidamente se exponen estos aspectos condicionantes que pueden afectar la aplicación de cada iniciativa y una propuesta sobre los pasos de implementación del PEGH.

Cabe señalar que los aspectos limitantes o condicionantes expuestos seguidamente son en muchos casos comunes a la realidad de otras cuencas, por lo que particularmente se sugiere enfocar los esfuerzos hacia su resolución a una escala mayor que la de la propia cuenca del río Limarí, viéndose beneficiados por ello otros territorios con situaciones similares, tanto a nivel regional (región de Coquimbo) como a escala nacional.

8.2.1 Aspectos institucionales

La institucionalidad existente en materia hídrica puede suponer un condicionante para la implementación de ciertas iniciativas del PEGH Limarí. Según FCh (2019), las condicionantes institucionales pueden ser:

- i) De diseño institucional: Corresponden a las limitaciones o facilidades derivadas de la estructura institucional o de las funciones asignadas (o ausentes) a las distintas instituciones. En esta categoría se consideran problemas tales como los de coordinación interinstitucional.
- ii) De capacidades institucionales: Se consideran aquellas limitaciones o facilidades que se originan en las políticas, funcionamiento, y en la disponibilidad de recursos humanos, orgánicos, financieros, logísticos, etc. de las instituciones que tienen la responsabilidad de aplicar los instrumentos incluidos en las normativas.

Seguidamente se exponen ciertas consideraciones de carácter institucional según tipología de las iniciativas o acciones:

- a. Infraestructura hidráulica de almacenamiento y/o captación de caudales. 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. Finalmente, su aplicación requiere del acuerdo de los potenciales beneficiarios, es decir, la realización de estas iniciativas dependerá de las capacidades técnicas-organizacionales de cada grupo de actores interesados y, de la presencia de *partners* estratégicos dentro de su jurisdicción territorial; por lo que un grupo de beneficiarios organizacionalmente débil tendrá más dificultades para acoger estas iniciativas o acceder a recursos sobre este tipo.

- b. Infraestructura hidráulica de conducción. Al igual que en el punto anterior, 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.
- c. Mejora de 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.
- d. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en localidades rurales concentradas o semi-concentradas. En los casos pertinentes, la aplicación requiere de la existencia de un comité de APR. Además, será necesario el apoyo institucional público proveniente desde las Municipalidades en las que se emplacen estos sistemas, quienes actuarán como ejecutoras de estas iniciativas de inversión y contraparte técnica de dichas acciones. Debido a esto, una limitante es el catastro y conocimiento que tengan las Municipalidades sobre el estado de la infraestructura y procesos de saneamiento en su jurisdicción territorial.
- e. 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.
- f. Reúso de aguas residuales urbanas o rurales. Al igual que se mencionó en puntos anteriores, no existe una institucionalidad pública actual para este tipo de iniciativas, por lo que quedan supeditadas a la acción de actores privados interesados y sus capacidades de coordinación y gestión, ya que para la aplicación de estas medidas sería necesaria la intervención de entidades públicas pertinentes para el desarrollo local (GORE, SUBDERE, Municipalidades).
- g. Manejo y restauración de cauces. Estas acciones requieren de una importante coordinación interinstitucional, central y/o regional. Se identifica como limitante la capacidad de coordinación e integración que posee la compleja estructura institucional existente para abordar estas iniciativas.
- h. Protección directa de glaciares. En el sector público no se identifica una institucionalidad definida para desarrollar este tipo de actividades.

8.2.2 Aspectos de cultura del agua

La implementación de iniciativas se puede topar con condicionantes relativas a la falta de información y/o conocimiento técnico de los actores involucrados, tanto en el nivel de las entidades responsables como de los propios beneficiarios identificados. Por ello, cabe señalar la importancia de la componente social del PEGH, identificando para cada caso los actores implicados (apartado 2.6.1):

- Sector público nivel regional y local;
- Sector privado;
- Sector público-privado; y
- Sector comunidad.

El proceder individual de las personas, en relación con el aprovechamiento del agua, está influido culturalmente por las costumbres y los hábitos que se tienen en su uso, así como por el grado de conocimiento técnico y acceso a información disponible. La mayor parte (si no todas) de las iniciativas del PEGH tienen intrínsecamente una componente de relativa al aspecto cultural del agua.

Según FCh (2019), la principal fuente de información respecto de los temas relativos al agua lo constituyen los medios de comunicación de masas, los que frecuentemente entregan una visión excesivamente simple, parcial y descontextualizada de la compleja realidad de la gestión del agua, lo que hace más difícil la formación de una ciudadanía verdaderamente consciente de la naturaleza de los desafíos que presenta el tema en el país. Por lo anterior, las iniciativas del PEGH categorizadas dentro de la temática “Medidas de Gestión”, y explícitamente aquellas relativas a los sistemas de información, capital humano y fortalecimiento organizacional, influyen directamente en el éxito de la implementación de medidas de tipo estructural.

A continuación, se identifican algunas condicionantes culturales para la implementación de ciertas iniciativas:

- a. Mejora de infraestructura hidráulica de conducción. Los proyectos de entubamiento 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.
- b. Mejora de la eficiencia de riego a nivel predial y a pequeña escala. En el caso de agricultores y especialmente de pequeños campesinos, las costumbres y los hábitos de riego dificultan la evolución hacia riegos con frecuencias y dosis más eficientes. El riego de tipo tradicional en población envejecida supone una dificultad añadida para la conversión hacia proyectos de tecnificación. Así mismo, la implementación de proyectos de tecnificación sin la adecuada transferencia tecnológica a los nuevos usuarios, guiándose por consejos de terceros usuarios en la misma situación, puede potencialmente provocar un uso ineficiente, afectando a los rendimientos obtenidos y causando rechazo y/o desconfianza por este tipo de tecnologías.
- c. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en localidades rurales concentradas o semi-concentradas. Algunos usuarios potenciales pudieran presentar limitaciones, no sólo por falta de recursos humanos capacitados para el uso de estas tecnologías (aspecto financiero), sino por la predisposición y la disponibilidad efectiva para su correcta formación, por la heterogeneidad en el

personal al cargo técnico de los sistemas APR. Las dificultades en las implementaciones de estos sistemas guardan también relación con una escasez de dirigentes de comités de APR con capacidades de liderazgo y de gestión, y escasa renovación de cargos por falta de interés de la comunidad en asumir ese rol.

- d. 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. De igual forma, el desconocimiento del marco normativo dentro del cual se ejecuta, en especial en temas referentes a la asignación y titularidad de los DAA necesarios para su aplicación, puede dificultar su implementación; lo mencionado anteriormente puede limitar también las iniciativas de recarga de tipo privadas.

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.

A continuación, se identifican algunas condicionantes financieras para la implementación de ciertas iniciativas:

- a. Infraestructura hidráulica de almacenamiento y/o captación de caudales. Son iniciativas que pueden ser desarrollados por el Estado y hacer uso de incentivos mediante subsidios; algunas de las principales instituciones públicas dedicadas a generar herramientas de apoyo para este tipo de acciones son DOH, CNR e INDAP, a través de fondos propios de la entidad asignados de acuerdo a la "Ley de Presupuestos del Sector Público", o financiación proveniente de convenios con otras instituciones públicas como GORE, SUBDERE y MIDESO.
- b. Mejora de infraestructura hidráulica de conducción. Al igual que el punto anterior, son iniciativas que pueden ser desarrollados por el Estado y hacer uso de incentivos mediante subsidios, a través de algunas de las principales instituciones públicas dedicadas a generar herramientas de apoyo para este tipo de acciones como lo son DOH, CNR e INDAP. Dependiendo de la envergadura del proyecto a ejecutar y de las capacidades de gestión del grupo beneficiario, es posible generar alianzas entre privados para su financiación (minerías, agrícolas, entre otros).
- c. Mejora de la eficiencia de riego a nivel predial, y a pequeña escala. Como se mencionó anteriormente, estas acciones pueden ser desarrollados a través de fondos públicos pertenecientes a algunas de las principales instituciones dedicadas a generar herramientas de apoyo para este tipo de iniciativas, como lo son CNR e INDAP. También es posible optar a fondos por convenio con otras instituciones públicas como GORE, SUBDERE, MIDESO (CONADI) y CORFO, al igual que alianzas entre privados (minerías, agrícolas, entre otros).
- d. Prácticas de manejo a nivel predial con pequeñas infraestructuras y técnicas agronómicas para optimizar el aprovechamiento del agua. Estas acciones pueden

- ser desarrollados a través de fondos públicos, en el caso de pequeños propietarios y comunidades indígenas, pudiera accederse a subsidios (CONADI, INDAP).
- e. Metodologías para optimizar el control de las pérdidas por conducción en las redes de APU. En teoría el sistema tarifario incentiva la aplicación de estas tecnologías en las redes de agua potable. Sin embargo, los resultados muestran que, en general, la regulación sanitaria no genera incentivos suficientes para su aplicación.
 - f. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en localidades rurales concentradas o semi-concentradas. En ocasiones, se podrá contar con asistencia financiera desde el sector público, a través de fondos destinados para tales fines. Por ejemplo, SUBDERE, a través de la Unidad de Saneamiento Sanitario y en apoyo a la gestión del GORE, administra la "Provisión Saneamiento Sanitario", el cual permite cofinanciar los convenios de saneamiento GORE-Municipalidades.
 - g. Recarga artificial de acuíferos. Los incentivos económicos para la recarga artificial de acuíferos están en la legislación al autorizar el otorgamiento de derechos provisionales para la extracción de un caudal equivalente al caudal recargado. En cuanto a la financiación de las obras necesarias para su operación, estos fondos se pueden obtener a través convenios entre privados o público-privados.
 - h. Desalinización. Tratándose de una planta de desalinización para abastecer la demanda urbana, pudiera requerir de un financiamiento público, para lo cual se han establecido entidades concesionarias de servicios sanitarios propiedad del Estado de Chile (empresa CORFO), que también cumple las funciones de administrar y supervisar las obligaciones contractuales de las empresas operadoras.
 - i. Reúso de aguas residuales urbanas o rurales. A nivel urbano, no se identifican programas con incentivos financieros para la utilización de las aguas servidas tratadas. En cuanto a la financiación para zonas rurales, SUBDERE, a través de la Unidad de Saneamiento Sanitario y en apoyo a la gestión del GORE, administra la "Provisión Saneamiento Sanitario", acorde a lo establecido en la Ley de Presupuestos del Sector Público de cada año, lo cual le permite cofinanciar iniciativas de inversión relacionadas con sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas servidas, disposición final de aguas tratadas, entre otras obras sanitarias.
 - j. Manejo y restauración de cauces. Se trata de actividades que requieren de la asignación de fondos públicos, sin embargo, no existe definido un destinatario para este tipo de iniciativas, ni presupuestos establecidos. Pudieran crearse mecanismos para favorecer e incentivar los aportes privados y la participación de las empresas interesadas.
 - k. Protección directa de glaciares. No existe un programa específico de financiamiento con este fin, por lo cual estas acciones quedarán condicionadas al actuar de privados y, a las estratégicas institucionales de las entidades públicas interesadas y su cronograma de gastos y ejecución presupuestaria.
 - l. Iniciativas para la restauración ambiental en espacios privados o en bienes nacionales. En bienes nacionales se requiere de la asignación de recursos públicos. Una limitación relevante es la inexistencia de una legislación que resuelva los problemas de financiamiento de los planes de restauración de los pasivos ambientales, los cuales debieran considerar recursos públicos y privados.

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.

A continuación, se identifican algunas condicionantes normativas para la implementación de ciertas iniciativas:

- a. Infraestructura hidráulica para el almacenamiento y/o desvío de caudales en cauces naturales. Para este tipo de acción es necesario coordinar la aprobación de dichos proyectos con las entidades competentes en temas relativos a impacto ambiental e intervención de fuentes de agua natural (DGA, SEA, entre otros). En general requieren ceñirse a las normas de Código de Aguas y a la normativa ambiental, requiriendo de autorización de la DGA y de una RCA.
- b. Mejora de infraestructura hidráulica de conducción. En general no requieren autorización de organismos públicos mientras se ejecute dentro de los marcos normativos establecidos en el Código de Aguas.
- c. Mejora de la eficiencia de riego a nivel predial, y a pequeña escala. En general no requieren autorización de organismos públicos mientras se ejecute dentro de los marcos normativos establecidos en el Código de Aguas.
- d. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en localidades rurales concentradas o semi-concentradas. Debe someterse a la normativa ambiental sobre la descarga de riles a distintos cuerpos de agua (redes, aguas superficiales, lagos, acuífero, océano) y obtener los permisos sanitarios de MINSAL, de la SISS y del SAG, según corresponda. Según las características del proyecto pudiera necesitar someterse al sistema de EIA, y preparar una DIA o un EIA. Además, dependiendo del caso, debe requerir la aprobación municipal para el cumplimiento de la LGUC. Su aplicación en el caso de los sistemas de agua potable y saneamiento urbanos deberá someterse al marco regulatorio de las empresas sanitarias.
- e. Recarga artificial de acuíferos. Requiere cumplir la normativa asociada al Código de Aguas, en lo relativo a la recarga de acuíferos, a la titularidad de los derechos de aprovechamiento utilizados y, eventualmente, a la construcción de obras de infraestructura hidráulica. Además, se deberá cumplir la normativa sobre la calidad del agua, aplicable a los vertidos a las aguas subterráneas.
- f. Desalación. Necesita autorización según la normativa aplicable al uso del borde costero, la relativa a vertidos al océano, y la correspondientes a la LGUC. Dependiendo del tamaño de la iniciativa, requiere de la aprobación en el SEIA. Además, el producto debe cumplir la normativa sanitaria respectiva, según su uso.
- g. Reúso de aguas residuales urbanas o de comunidades rurales. No existen normativas específicas para el reúso de aguas servidas tratadas y sus

implicancias sanitarias. Eventualmente, deben someterse a la normativa ambiental sobre la descarga a distintos cuerpos de agua (aguas superficiales, lagos, acuífero) y obtener los permisos sanitarios de MINSAL, de la SISS y del SAG, según corresponda. Además, dependiendo del caso, debe requerir la aprobación municipal para el cumplimiento de la LGUC.

- h. Manejo y restauración de cauces. Son actividades que involucran numerosos organismos del sector público y un complejo marco regulatorio. Así, dependiendo del proyecto específico involucran regulaciones y permisos relacionados con la administración de los bienes nacionales de uso público y el ordenamiento del territorio (Municipios, M. BBNN, Minvu), con la legislación de aguas y el control de inundaciones (DGA, DOH), y con la conservación y protección ambiental (MMA).
- i. Protección directa de glaciares. En la actualidad, dependiendo del caso, pudiera requerir una autorización en el marco del SEIA. Está en el Congreso un proyecto de Ley relativo a la protección de glaciares.
- j. Iniciativas para restauración ambiental en espacios privados o bienes nacionales. Se trata de iniciativas que pudieran requerir de autorización ambiental a través del SEIA o formar parte de una RCA, en especial si corresponden a áreas con algún tipo de protección ambiental. Asimismo, pueden integrar planes de abandono. En el país, no hay una legislación relativa a recuperación de pasivos ambientales.

8.2.5 Pasos en la implementación

La implementación del Plan de Acción dependerá de diversos factores, entre ellos:

- la identificación de responsabilidades institucionales;
- la buena acogida de la acción por parte de los beneficiarios;
- el financiamiento disponible;
- otras 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 quien ostente esta figura de coordinación, por las razones siguientes:

- El PEGH Limarí tiene un enfoque de gestión de cuenca; en ausencia de una institucionalidad pública de esta escala, la figura más próxima corresponde a la Dirección Regional de Aguas de la región de Coquimbo.
- DGA Regional es conocedora de la realidad territorial de una forma más próxima que, por ejemplo, podría tener DGA Nivel Central.
- DGA Regional mantiene vínculos con los actores territoriales, tanto públicos de otros servicios (DOH, CNR u otros) como actores.

Considerando la gobernanza como herramienta para gestionar la interacción de los sistemas políticos, sociales y económicos involucrados en la gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad, resulta

clave la generación de procesos interactivos que impliquen diversas formas de asociatividad, colaboración y negociación entre estos sectores (y actores).

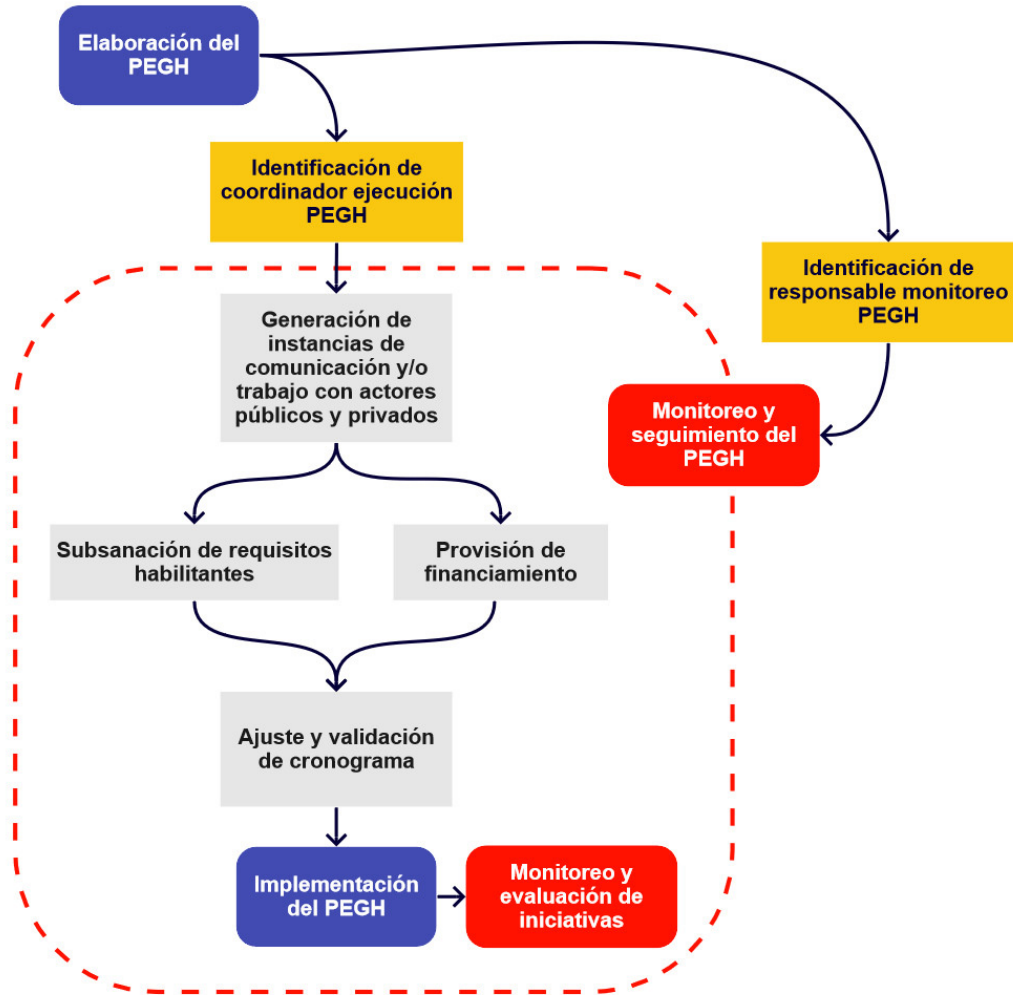
Respecto de la aceptación y la acogida de las medidas por parte de los diferentes actores, se debe considerar que las interacciones entre ellos (no conflicto, colaboración y confianza, u otra situación) pueden cambiar según el tema que los una o relacione y, en consecuencia, también pueden cambiar sus voluntades para hacerse partícipes de las acciones del Plan. No obstante, cabe señalar las consideraciones indicadas en la estrategia de comunicación definida y llevada a cabo posterior a la elaboración del presente PEGH, y expuesto en el acápite 8.3.2. Se pretende con ello asegurar que el proceso planificador sea cercano a los *stakeholders* y que pueda contribuir a una mejora continua.

La obtención del financiamiento, en general, irá de la mano con los lineamientos estratégicos de cada institución (principalmente pública) involucrada; para ello, se sugiere que DGA regional establezca una reunión inicial de trabajo invitando a los servicios públicos involucrados en el PEGH, con la finalidad de informar sobre los montos estimados por iniciativa para cada institución.

En relación a externalidades que puedan afectar la correcta ejecución de las iniciativas según la hoja de ruta propuesta (Figura 7.4-1), es relevante considerar los aspectos institucionales, de cultura del agua, de financiamiento y normativo presentados en los acápites de 8.2.1 a 8.2.4.

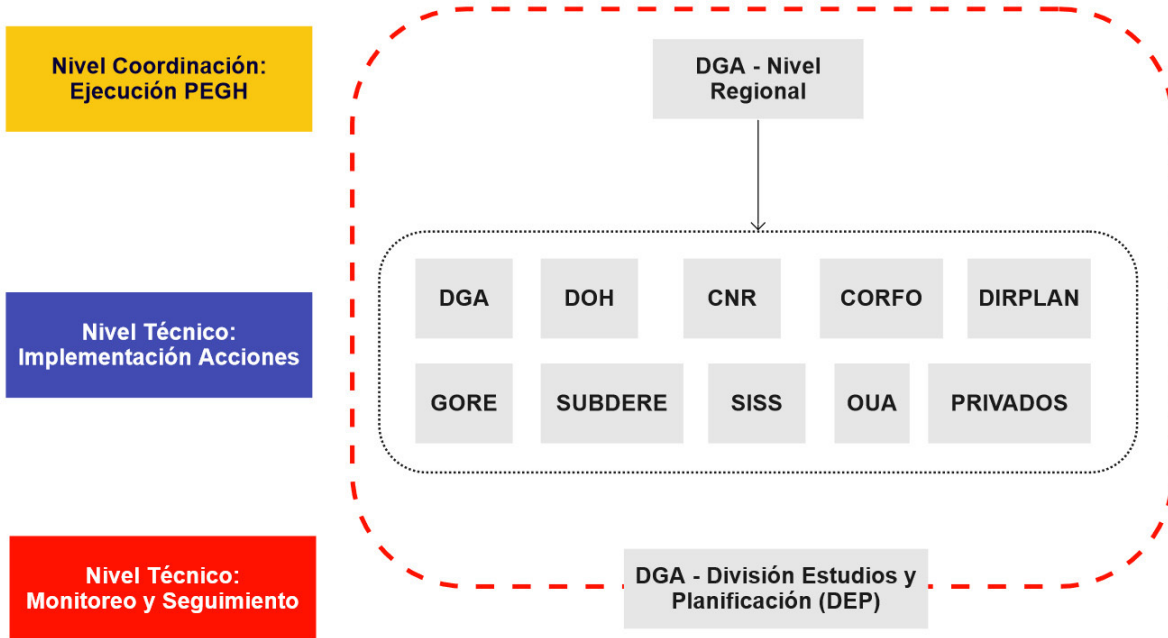
En paralelo a la implementación de las iniciativas del PEGH, el Plan de Monitoreo asociado permitirá un seguimiento y mejora de la pertinencia de las propuestas identificadas y su adaptación a lo largo del tiempo en caso oportuno; dicho Plan se describe en el acápite 9.1. Se sugiere que el monitoreo general del Plan podría realizarse desde DGA Nivel Central (por ejemplo, la División de Estudios y Planificación o quien designe el Director General), así como la evaluación de las iniciativas ejecutadas (acciones que aborda la propia DGA). Para el caso de acciones cuyo responsable sea otra institución diferente a la DGA, la evaluación de las iniciativas quedará supeditada a la información facilitada por esta, para lo cual será importante reforzar el diálogo interinstitucional.

En la Figura 8.2-1 se presenta un esquema básico de los pasos propuestos a seguir en la implementación de las iniciativas del PEGH, mientras que en la Figura 8.2-2 se presenta el modelo de gobernanza asociado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.2-1 Esquema simplificado de los pasos de implementación de PEGH



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.2-2 Modelo de gobernanza del PEGH Limarí

Además, y con la finalidad de evitar duplicidades de las iniciativas propuestas debido a otros planes en acción o abordables en los próximos años por parte de otros servicios públicos, el coordinador PEGH deberá solicitar a los actores implicados en la implementación de acciones la cartera actualizada de sus medidas planificadas relacionada con los recursos hídricos en las instancias de trabajo indicadas en la Figura 8.2-1, con especial atención a aquellos organismos que manejan presupuestos propios (por ejemplo, GORE).

Por otra parte, y en el marco del cambio climático, el PEGH es un instrumento de adaptación, ya que permite ajustarse a la proyección de escasez que se ve altamente presionada por los cambios del clima futuros. Actualmente los PEGH son parte de los compromisos de Chile ante Naciones Unidas en el eje de adaptación del actual NDC (sigla en inglés de Contribución Nacional Determinada), específicamente en la variable de agua y saneamiento. Por ello se considera pertinente y necesario que el financiamiento e implementación del PEGH vaya en consonancia con la Estrategia Nacional Financiera frente al Cambio Climático (EFCC) elaborado por el Ministerio de Hacienda el 2019, y la Estrategia Climática de Largo Plazo actualmente en ejecución, coordinado a través del Ministerio del Medio Ambiente. En este contexto, el coordinador del PEGH Limarí y el responsable de cada iniciativa debe coordinar posibles accesos a financiamiento a través del Ministerio de Hacienda y la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.

Es importante mencionar que este desafío se ve acentuado por el nuevo escenario que enfrenta Chile al salir de la lista de países elegibles del Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD) de la OECD; por lo que aumenta la presión por fortalecer la capacidad del Estado para coordinar financiamientos públicos, privados e internacionales.

8.3 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

La estrategia comunicacional del PEGH tiene que contemplar el universo de actores del territorio relacionados con materia hídrica en la cuenca del río Limarí. Para establecer esta estrategia, se presentan las actividades llevadas a cabo durante la consultoría, seguido de las propuestas futuras en este aspecto.

8.3.1 Comunicación y difusión durante el desarrollo del estudio

Los mecanismos de participación ciudadana utilizados en el estudio correspondieron a:

- i) la recopilación de antecedentes desde fuentes de información secundaria sobre actividades de participación realizadas anteriormente;
- ii) un proceso de información y consulta a través de reuniones con actores relevantes en la toma de decisiones sobre el recurso hídrico en la cuenca; y
- iii) un seminario de cierre, enfocado en la presentación del Plan y el modelo hidrológico a los actores relevantes, extensivo a aquellos que considere oportuno la Inspección Fiscal y/o el encargado de participación ciudadana MOP.

Por último, al finalizar el seminario de cierre, se enviará a los actores interesados la consolidación de los resultados presentados en dicha actividad a través de correo electrónico.

8.3.2 Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores

A continuación, se presenta una propuesta de estrategia comunicacional a considerar para la adecuada implementación del Plan de Acción en la cuenca del río Limarí. La presente estrategia corresponde a una pauta de interacciones con actores relevantes, así como otros actores del territorio identificados en el acápite 2.6.1.1.

La estrategia propuesta está conformada por dos objetivos:

- Informar a los actores relevantes y otros actores del territorio acerca de los avances en la implementación del PEGH.
- Corroborar la aceptación de las iniciativas del PEGH por parte de los potenciales beneficiarios directos.

Respecto al primer objetivo, y dado que el público general es amplio, se sugiere que la DGA genere un correo electrónico institucional de contacto, el cual quede disponible para que el público general pueda hacer seguimiento, consultas o aportes, con el objetivo de transparentar el avance de las iniciativas del Plan. Así mismo, se recomienda la identificación de una persona referencial del servicio a nivel local (DGA Región Coquimbo) con conocimiento íntegro del PEGH que pueda resolver dudas o consultas de terceros sobre el avance de implantación de las medidas. Además de lo anterior, se

recomienda el uso de medios de difusión a través de las actuales plataformas de la DGA (web, redes sociales).

En relación al segundo objetivo, el público objetivo variará en función de la acción del PEGH. Para este caso, previamente a la asignación de financiamiento correspondiente para la implementación de acciones, se sugiere establecer reuniones de trabajo al menos con los actores relevantes identificados como beneficiarios directos, con el objetivo de presentar los detalles técnicos (y sociales y económicos si corresponde) de la iniciativa. En el caso que la acción implique otras instituciones públicas, o bien diferentes unidades o departamentos de la DGA, será preciso la coordinación de las reuniones pertinentes para aunar lineamientos interinstitucionales.

Cabe indicar que las actividades de participación ciudadana en el PEGH Limarí se limitaron a una reunión con actores relevantes y un seminario final; por lo anterior, y dado que no se generaron talleres grupales de trabajo, se reitera la conveniencia de mantener una comunicación fluida en instancias participativas, que pueda reforzar la visión recopilada hasta la fecha respecto de las soluciones estratégicas planteadas.

8.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL PLAN

Las instituciones públicas y privadas implicadas en el financiamiento de las iniciativas del PEGH se han descrito en el acápite 7.3. En la Tabla 8.4-1 se presenta un resumen de los costos del Plan de Acción, según sea el mandante DGA u otras instituciones.

Tabla 8.4-1 Distribución de costos según mandante DGA u otros

Mandante	VAC [UF]	CAE [UF]
DGA	128.273	23.261
Otras instituciones	3.725.358	377.862
Total	3.853.631	401.123

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

En este capítulo se detalla el Plan de Monitoreo del PEGH Limarí, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados.

9.1 PLAN MONITOREO

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH Limarí 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 un total de 16 iniciativas, de las cuales ninguna está catastrada y la totalidad de ellas corresponden a propuestas. El PM centrará como índice de cumplimiento, la implementación tanto las iniciativas propuestas como las catastradas; si bien estas últimas poseen sus propios tiempos de implementación establecidos y el PEGH no tiene injerencia directa sobre ellas, se considera fundamental, por coherencia del plan en su conjunto, aplicar el seguimiento correspondiente. Lo anterior supone un esfuerzo de coordinación entre los diferentes servicios públicos, pero justificando entendiendo que el recurso hídrico es un tema transversal y atañe a un amplio abanico de actores del territorio.

En la Tabla 9.1-1 se muestra la distribución de las iniciativas contenidas en el PEGH, considerando el tipo de acción (catastradas o propuestas) y los porcentajes en cada caso según su periodo de implementación.

Tabla 9.1-1 Distribución de iniciativas del PEGH según tipo de acción y horizonte de implementación

Horizonte	N° Iniciativas catastradas	Porcentaje iniciativas catastradas (%)	N° Iniciativas propuestas	Porcentaje iniciativas propuestas (%)
Corto plazo	-	-	13	81,3
Mediano plazo	-	-	3	18,7
Largo plazo	-	-	-	
Total	0	0	16	100,0

Fuente: Elaboración propia.

El PM se centrará en dar seguimiento anualmente a los indicadores establecidos para los primeros 5 años, debido al elevado número de iniciativas recogidas en ese horizonte, y sobre todo considerando potenciales reformulaciones futuras del PEGH al final de dicho periodo. Por lo anterior, para el periodo posterior (mediano y largo plazo), el PM asociado deberá ser evaluado, actualizado y rediseñado según lo indicado en el punto 9.2 relativo a los mecanismos para el análisis y toma de decisiones.

Se propone, de acuerdo a lo establecido en el acápite 8.2.5 y reflejado en la Figura 8.2-1, que la responsabilidad de la coordinación para la ejecución general del PEGH sea de la DGA regional, a través de la figura del coordinador PEGH establecido por el propio servicio, mientras que el monitoreo y control se realice desde DGA nivel central, por quien designe el Director General (se sugiere, como opción, la División de Estudios y Planificación). Se resalta la importancia de mantener instancias periódicas de reunión entre estas dos figuras para alcanzar los resultados esperados de implementación del PEGH.

A continuación, se presentan los indicadores y el seguimiento definido en el PM.

9.1.1 Indicadores de evaluación de las iniciativas

En cada una de las iniciativas identificadas en el PEGH se ha identificado uno o varios indicadores de evaluación de las acciones, con el objetivo de analizar de forma particular los resultados obtenidos con su implantación respecto el objetivo esperado y su problemática original. Estos indicadores se presentan en el Anexo K.3.

9.1.2 Indicadores del PEGH

La metodología para la definición de los indicadores del Plan de Monitoreo asociado al PEGH Limarí se exponen en el acápite 3.6.7 del Anexo F; seguidamente se particularizan dichos indicadores:

- **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, NF y/u OM) y del instrumento en su conjunto: a) Creación del “Servicio de Apoyo a la Facilitación” a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca (MG-06) (iniciativa 1), y b) Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Limarí (MG-07) (iniciativa 2). Lo anterior se refuerza con el hecho de que la participación de los potenciales beneficiarios en cada medida del PEGH refuerza el éxito de las mismas, y que las instancias generadas en un marco de buenas prácticas derivadas del servicio de facilitación son necesarias para dicho objetivo.

En el apartado 9.1.3 se detalla el seguimiento del PEGH Limarí con los indicadores presentados anteriormente, así como el Plan de Acción.

9.1.3 Seguimiento del PEGH

El seguimiento del PEGH Limarí se expone en la Tabla 9.1-2, detallando los indicadores generales y específicos, los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido.

Tabla 9.1-2 Seguimiento del PEGH Limarí

Tipo de indicador	Indicador de seguimiento	Umbral
General	PIC N° de iniciativas comenzadas/N° iniciativas planificadas al año	Umbral PIC 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año <i>i</i> hasta <i>i+4</i>
	PICa N° de iniciativas comenzadas acumuladas/N° iniciativas acumuladas planificadas al año	Umbral PICa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año <i>i</i> hasta <i>i+3</i> (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año <i>i+4</i> (valor acumulado)
	PIF N° de iniciativas finalizadas/N° iniciativas finalizadas planificadas al año	Umbral PIF 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar al año <i>i</i> hasta <i>i+4</i>
	PIFa N° de iniciativas finalizadas acumuladas/N° iniciativas finalizadas acumuladas planificadas al año	Umbral PIFa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación el año <i>i</i> hasta <i>i+3</i> (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año <i>i+4</i> (valor acumulado)
Específico	Porcentaje de avance de cada iniciativa	Iniciativa N° 1: MG-06 100% año <i>i</i>
		Iniciativa N° 2: MG-07 100% año <i>i+2</i>

Fuente: Elaboración propia.

Según lo establecido en el apartado 9.1.2, se presenta seguidamente el Plan de Acción a considerar en el supuesto que no se hayan cumplido con los umbrales fijados en la Tabla 9.1-2, teniendo en cuenta que el PM se divide en dos periodos, los primeros 4 años y el año 5:

- **Primer periodo (año *i* hasta *i+4*):** El objetivo del Plan de Acción en este periodo 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 periodo (año *i+5*):** El objetivo del Plan de Acción en este periodo 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 (apartado 9.2).

9.2 MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES

La planificación tiene una componente dinámica, más aún considerando iniciativas relativas a los recursos hídricos, los cuales van de la mano con la evolución del contexto climático, incidiendo sobre la oferta hídrica en la cuenca, y los cambios inherentes en la demanda de agua del territorio, así como las relaciones entre los actores (fortalecimiento, conflictos). Lo anterior hace necesario que el PEGH sea evaluado para determinar si el diseño original sigue vigente al cabo de su primer ciclo de 5 años, así como en ciclos consecutivos del mismo periodo.

En el presente mecanismo de análisis y toma de decisiones se expone, 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 recomienda considerar los siguientes aspectos:

- a) Actualización del diagnóstico en la cuenca del río Limarí en materia de recursos hídricos, con especial atención a las brechas entre oferta y demanda, el estado de la infraestructura, la situación de gobernanza en el territorio y el estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca.
- b) Actualización de la cartera actual de acciones, tanto a nivel público como privado.
- c) Actualización del modelo hidrológico superficial-subterráneo con la nueva *data* disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.
- d) Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.
- e) 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 deberá establecer la forma de abordar la reformulación del PEGH, ya sea a través de medios propios o con apoyo externo al servicio, 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.