



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 CHOAPA

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	ix
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	9
2.1.6 Actividad económica	10
2.2 CLIMA	12
2.2.1 Caracterización climática	12
2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática	14
2.2.3 Escenarios de cambio climático	23
2.3 DIMENSIÓN AMBIENTAL	24
2.3.1 Unidades ecosistémicas	24
2.3.2 Glaciares	29
2.4 INFRAESTRUCTURA	29
2.4.1 Obras hidráulicas	29
2.4.2 Red hidrométrica	34
2.5 NUEVAS FUENTES EXISTENTES	36
2.6 GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA	36
2.6.1 Mapa de actores	36
2.6.2 Síntesis de reuniones PAC	49
2.6.3 Brechas de coordinación	53
2.6.4 Brechas de información	64
CAPÍTULO 3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA DIFERENTES USOS	70
3.1 USO HUMANO	70
3.1.1 Demografía	70
3.1.2 Agua potable urbana, actual y proyectada	72

3.1.3	Agua potable rural, actual y proyectada	73
3.1.4	Derechos de agua para uso humano	75
3.2	NECESIDADES MÍNIMAS AMBIENTALES	76
3.2.1	Consideración de sistemas protegidos	76
3.2.2	Derechos de agua para el medio ambiente: caudales ecológicos	77
3.3	DEMANDA AGRÍCOLA	78
3.3.1	Zonas de riego modeladas	78
3.4	DEMANDA MINERA	82
3.4.1	Demanda del sector minero	82
3.4.2	Derechos de agua para la minería	82
3.5	DEMANDA INDUSTRIAL	83
3.5.1	Demanda del sector industrial	83
3.5.2	Derechos de agua para la industria	83
3.6	OTRAS DEMANDAS	83
3.6.1	Demanda del sector pecuario	83
3.6.2	Demanda por generación eléctrica	84
3.6.3	Demanda por uso turístico	84
3.7	RESUMEN DE DEMANDAS	84
3.8	MERCADO DE AGUAS	89
3.8.1	Evolución histórica	89
3.8.2	Valor del agua por sector económico	90
CAPÍTULO 4	OFERTA HÍDRICA	94
4.1	AGUA SUPERFICIAL	94
4.1.1	Fuentes superficiales	94
4.1.2	Oferta en la fuente	104
4.1.3	Oferta en la fuente proyectada	104
4.1.4	Calidad actual	105
4.1.5	Fuentes de contaminación	114
4.1.6	Derechos concedidos	115
4.2	AGUA SUBTERRÁNEA	119
4.2.1	Fuentes subterráneas	119
4.2.2	Stock, recarga y niveles	126
4.2.3	Estadística de parámetros de calidad	128
4.2.4	Fuentes de contaminación	133
4.2.5	Derechos concedidos	138
4.3	GLACIARES	142
4.3.1	Glaciares	142
CAPÍTULO 5	BALANCE DE AGUA	145
5.1	MODELO DE SIMULACIÓN	145
5.1.1	Situación actual	145
5.1.2	Situación proyectada	150
5.2	BRECHAS	153
5.2.1	Resultados de Escenario Cambio Climático Seleccionado	153

5.2.2	Resultados Escenario 1: Caso Base	154
5.3	SUSTENTABILIDAD	160
5.3.1	Oferta Hídrica Sustentable Superficial	160
5.3.2	Sustentabilidad de Sectores Acuíferos DGA	163
5.4	ESCENARIOS DE GESTIÓN ESPECÍFICOS	165
5.4.1	Escenario 2	166
5.4.2	Escenario 3	173
5.5	BRECHAS DE MODELACIÓN	178
CAPÍTULO 6	ACCIONES	180
6.1	OBRAS HIDRÁULICAS	182
6.1.1	Obras mayores	182
6.1.2	Obras medianas y menores	189
6.1.3	Tecnificación y revestimientos	211
6.2	MEDIDAS DE GESTIÓN	216
6.2.1	Gobernanza	216
6.2.2	Constitución de reservas	221
6.2.3	Sistemas de Información	222
6.2.4	Fortalecimiento y Formalización de las Organizaciones de Usuarios	237
6.2.5	Tecnologías habilitantes	242
6.3	NUEVAS FUENTES DE AGUA	248
6.3.1	Recarga de acuíferos	248
6.3.2	Desalinización	254
6.3.3	Uso aguas servidas tratadas	256
6.4	OTRAS MEDIDAS	257
6.4.1	Conocimiento e investigación sobre origen de contaminantes	258
CAPÍTULO 7	CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS	261
7.1	SÍNTESIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	261
7.2	EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS	267
7.2.1	Evaluación Económica	267
7.2.2	Evaluación Social	270
7.2.3	Evaluación Ambiental	271
7.2.4	Priorización de las medidas según líneas de acción	273
7.3	VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA	276
7.3.1	Acciones según ejecutor o mandante DGA	276
7.3.2	Acciones ejecutadas por otras instituciones	277
7.3.3	Distribución de costos por actores	277
7.4	CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES	279
CAPÍTULO 8	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	282
8.1	HITOS DE REFERENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	282
8.1.1	Estructura del Plan de Gestión	282
8.1.2	Corto plazo	282
8.1.3	Mediano plazo	283

8.1.4	Largo plazo	284
8.2	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	285
8.2.1	Aspectos institucionales	285
8.2.2	Aspectos de cultura del agua	286
8.2.3	Aspectos de financiamiento	288
8.2.4	Aspectos normativos	290
8.2.5	Pasos en la implementación	291
8.3	ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN	295
8.3.1	Comunicación y difusión durante el desarrollo del estudio	295
8.3.2	Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores	295
8.4	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL PLAN	296
CAPÍTULO 9	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN	297
9.1	PLAN MONITOREO	297
9.1.1	Indicadores de evaluación de las iniciativas	298
9.1.2	Indicadores del PEGH	298
9.1.3	Seguimiento del PEGH	298
9.2	MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES	300

ANEXOS

ANEXO A	ABREVIACIONES
ANEXO B	REFERENCIAS
ANEXO C	GLOSARIO
ANEXO D	FIGURAS
ANEXO E	ANTECEDENTES RECOPIADOS
ANEXO F	ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PLAN DE CUENCAS
ANEXO G	SIG
ANEXO H	MODELO HIDROLÓGICO
ANEXO I	DETALLE ACTIVIDADES PROCESOS PARTICIPATIVOS
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 Choapa respecto a comunas.....	10
Tabla 2.1-2	Superficies de riego en la cuenca del río Choapa - Censo Agropecuario año 2007	12
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 Choapa	24
Tabla 2.3-2	Ecosistemas acuáticos continentales en la cuenca del río Choapa	25
Tabla 2.3-3	Flora acuática de la cuenca del río Choapa.....	25
Tabla 2.3-4	Fauna acuática de la cuenca del río Choapa	26
Tabla 2.3-5	Áreas de conservación de la cuenca del río Choapa	26
Tabla 2.4-1	Registro de embalses en la cuenca del río Choapa	29
Tabla 2.4-2	Registro de bocatomas en la cuenca del río Choapa	29
Tabla 2.4-3	Registro de canales en la cuenca del río Choapa	30
Tabla 2.4-4	Territorio operacional de concesionarias de agua potable urbana en la cuenca del río Choapa	30
Tabla 2.4-5	Registro de PTAS en la cuenca del río Choapa	30
Tabla 2.4-6	Sistemas APR en la cuenca del río Choapa	31
Tabla 2.4-7	Pozos de extracción en el acuífero de Choapa.....	31
Tabla 2.4-8	Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Choapa	34
Tabla 2.6-1	Actores convocados en la cuenca del río Choapa.....	41
Tabla 2.6-2	Problemas en torno al objetivo 1.1 del Plan de Acción	49
Tabla 2.6-3	Problemas en torno al objetivo 1.2 del Plan de Acción	50
Tabla 2.6-4	Problemas en torno al objetivo 1.3 del Plan de Acción	50
Tabla 2.6-5	Problemas en torno al objetivo 1.4 del Plan de Acción	50
Tabla 2.6-6	Problemas en torno al objetivo 2.1 del Plan de Acción	51
Tabla 2.6-7	Problemas en torno al objetivo 3.1 del Plan de Acción	51
Tabla 2.6-8	Problemas en torno al objetivo 4.2 del Plan de Acción	52
Tabla 2.6-9	Juntas de Vigilancia en la cuenca del río Choapa.....	53
Tabla 2.6-10	Asociaciones de Canalistas en la cuenca del río Choapa	53
Tabla 2.6-11	Comunidades de Agua en la cuenca del río Choapa	53
Tabla 2.6-12	DAA con características esenciales de perfeccionamiento faltantes	66
Tabla 2.6-13	Número de transacciones y sus características no indicadas según naturaleza del agua, años 2015-2019	66
Tabla 3.1-1	Densidad y población residente en la cuenca del río Choapa.....	70
Tabla 3.1-2	Demanda hídrica APU actual y futura	73
Tabla 3.1-3	Pérdidas por distribución en localidades abastecidas	73
Tabla 3.1-4	Población abastecida por sistema APR actual y futura.....	74
Tabla 3.1-5	Demanda hídrica APR actual y futura por localidad.....	74
Tabla 3.1-6	Demanda hídrica APR actual y futura por SHAC	74
Tabla 3.1-7	Promedio de pérdidas por comuna.....	75

Tabla 3.2-1	Caudal de reserva para protección ambiental (m ³ /s) en “Río Choapa aguas arriba Estero Canela”	76
Tabla 3.2-2	Caudales ecológicos para las cuencas analizadas	77
Tabla 3.3-1	Zonas de riego modeladas en WEAP	78
Tabla 3.4-1	Demanda hídrica minera actual y futura	82
Tabla 3.6-1	Demanda hídrica pecuaria actual y futura por sector	83
Tabla 3.6-2	Demanda hídrica pecuaria actual y futura por subcuenca	83
Tabla 3.7-1	Resumen de demandas de la cuenca del río Choapa.....	85
Tabla 3.8-1	Transacciones según naturaleza del agua, años 1982-2019.....	89
Tabla 3.8-2	Aplicación incremental de criterios de depuración	91
Tabla 3.8-3	Transacciones depuradas	91
Tabla 3.8-4	Transacciones por unidad de mercado.....	92
Tabla 3.8-5	Resultados valor de aguas subterráneas.....	92
Tabla 3.8-6	Resultados valor de aguas superficiales.....	93
Tabla 4.1-1	Regímenes y caudales promedio histórico en la cuenca del río Choapa..	95
Tabla 4.1-2	División administrativa de la cuenca del río Choapa	97
Tabla 4.1-3	Declaración de agotamiento en la cuenca del río Choapa	99
Tabla 4.1-4	Oferta en la fuente, periodo 1989 - 2019.....	104
Tabla 4.1-5	Oferta en la fuente, periodo 2020 - 2050.....	104
Tabla 4.1-6	Registro de estaciones de control de calidad de agua analizadas en la cuenca del río Choapa	106
Tabla 4.1-7	DAA otorgados y Caudal otorgado	115
Tabla 4.1-8	DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud	116
Tabla 4.1-9	DAA otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA	116
Tabla 4.1-10	Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados.....	117
Tabla 4.2-1	SHAC en el acuífero de Choapa	122
Tabla 4.2-2	Áreas de restricción y zonas de prohibición en el acuífero del río Choapa..	125
Tabla 4.2-3	Entradas Promedio 1989-2019 Modelo Acoplado.....	126
Tabla 4.2-4	Índice de Calidad por APR de acuífero Choapa (parámetros locales Fe y Mn), año 2016.....	131
Tabla 4.2-5	Índice de Calidad en seguimiento APR de acuífero Choapa (parámetros locales Fe y Mn), año 2017.....	132
Tabla 4.2-6	Fuentes de captación de agua subterránea en la cuenca del río Choapa	132
Tabla 4.2-7	Depósitos de relave, según estado, en la cuenca del río Choapa	136
Tabla 4.2-8	DAA otorgados y Caudal otorgado	139
Tabla 4.2-9	DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud	139
Tabla 4.2-10	DAA y caudal otorgado según tipo de DAA y ejercicio del DAA	139
Tabla 4.2-11	Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados.....	140
Tabla 4.3-1	Tipología y número de glaciares en la cuenca del río Choapa	142
Tabla 5.1-1	Balace Hídrico Subterráneo Periodo 1989-2019, modelo acoplado	147
Tabla 5.1-2	Escenarios de cambio climático modelados	151
Tabla 5.1-3	Descenso promedio entre 2019-2050 para E1 CC y E2 CC.....	151
Tabla 5.1-4	Descripción Escenario 1, Caso Base	152
Tabla 5.1-5	Características Básicas Modelo Acoplado E1	153
Tabla 5.2-1	Escenario Cambio Climático, Recargas modelo 2020-2050	153

Tabla 5.2-2	Variación en l/s entre el Escenario Cambio Climático (2020-2050) y el Modelo Acoplado Calibrado (1985-2019)	154
Tabla 5.2-3	Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2020-2050.....	157
Tabla 5.2-4	Variación en l/s entre el Escenario 1 (2020-2050) y el Modelo Acoplado Calibrado (1989-2019)	157
Tabla 5.3-1	Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Río Illapel (m ³ /s).....	160
Tabla 5.3-2	Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Estero La Canela (m ³ /s).....	160
Tabla 5.3-3	Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Río Choapa (m ³ /s).....	160
Tabla 5.3-4	Caudales ecológicos para las cuencas analizadas	161
Tabla 5.3-5	Oferta hídrica del río Illapel (m ³ /s)	161
Tabla 5.3-6	Oferta hídrica del estero La Canela	161
Tabla 5.3-7	Oferta Hídrica cuenca Río Choapa (m ³ /s).....	162
Tabla 5.3-8	Descripción modelo considerado para sustentabilidad sectores acuíferos	163
Tabla 5.3-9	Condición Actual SHACs Choapa.....	163
Tabla 5.3-10	Criterio 1 Cuenca Río Choapa	164
Tabla 5.3-11	Oferta sustentable Río Cuenca Choapa	164
Tabla 5.3-12	Criterio 2 Cuenca Río Choapa	165
Tabla 5.4-1	Resumen descriptivo de Escenario 2 y Escenario 3.....	166
Tabla 5.4-2	Escenario 2, Balance Hídrico Subterráneo 2019 – 2050	169
Tabla 5.4-3	Criterio 2 Cuenca Río Choapa	173
Tabla 6.1-1	Iniciativas públicas relativas a obras mayores de acumulación.....	186
Tabla 6.1-2	Ficha resumen Acción N°: OH-03	188
Tabla 6.1-3	Distribución porcentual de financiamiento en obras de riego extrapredial Ley N° 18.450, entre 1987 y 2015, en la cuenca del río Choapa	190
Tabla 6.1-4	Resumen caracterización de obras por sector	190
Tabla 6.1-5	Cantidad y porcentaje de tranques según clasificación de diagnóstico .	191
Tabla 6.1-6	Volumen de agua distribuido por camiones aljibes para diferentes localidades en zonas rurales	192
Tabla 6.1-7	Sistemas APR abastecidos por camiones aljibes y su estado.....	193
Tabla 6.1-8	Defensas aluvionales en la cuenca del río Choapa	195
Tabla 6.1-9	Medidas estructurales, Plan de Manejo de Cauces.....	198
Tabla 6.1-10	Medidas no estructurales, Plan de Manejo de Cauces.....	199
Tabla 6.1-11	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Canela Alta	202
Tabla 6.1-12	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Canela Baja.....	202
Tabla 6.1-13	Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Illapel.....	202
Tabla 6.1-14	Ficha resumen Acción N°: OH-02	204
Tabla 6.1-15	Ficha resumen Acción N°: OH-04	206
Tabla 6.1-16	Ficha resumen Acción N°: OH-05	208
Tabla 6.1-17	Ficha resumen Acción N°: OH-06	210
Tabla 6.1-18	Estimación de la eficiencia de aplicación de riego, por comuna y cuenca	212
Tabla 6.1-19	Detalle revestimiento de canales en subcuenca del río Illapel	213

Tabla 6.1-20	Iniciativas de tecnificación y/o revestimiento de canales propuestas en el Plan de Riego	213
Tabla 6.1-21	Acciones públicas en cartera relativas a riego.....	213
Tabla 6.1-22	Ficha resumen Acción N°: OH-01	215
Tabla 6.2-1	Iniciativas públicas en la cuenca de Choapa para mejoras en gobernanza.	218
Tabla 6.2-2	Ficha resumen Acción N°: MG-04	220
Tabla 6.2-3	Resumen del grado de modernización de la Red Hidrométrica DGA.....	225
Tabla 6.2-4	Resumen de mejoras propuestas de la Red Hidrométrica DGA	227
Tabla 6.2-5	Ficha resumen Acción N°: MG-01	230
Tabla 6.2-6	Ficha resumen Acción N°: MG-02	232
Tabla 6.2-7	Ficha resumen Acción N°: MG-03	234
Tabla 6.2-8	Ficha resumen Acción N°: MG-06	236
Tabla 6.2-9	Iniciativas públicas para mejoras en fortalecimiento y formalización de OUA	238
Tabla 6.2-10	Ficha resumen Acción N°: MG-05	241
Tabla 6.2-11	Compuertas automáticas y puntos de automatización.....	242
Tabla 6.2-12	Estándares para los DAA subterráneas del MEE – SHAC de la provincia de Choapa.....	245
Tabla 6.2-13	Ficha resumen Acción N°: MG-07	247
Tabla 6.3-1	Ficha resumen Acción N°: NF-01	253
Tabla 6.4-1	Ficha resumen Acción N°: OM-01	260
Tabla 7.1-1	Síntesis de acciones asociadas a Obras Hidráulicas (OH).....	261
Tabla 7.1-2	Síntesis de acciones asociadas a Medidas de Gestión (MG).....	264
Tabla 7.1-3	Síntesis de acciones asociadas a Nuevas Fuentes de agua (NF).....	265
Tabla 7.1-4	Síntesis de acciones asociadas a Otras Medidas (OM)	265
Tabla 7.1-5	Identificación de iniciativas y su origen principal.....	266
Tabla 7.2-1	Resumen de evaluación económica de iniciativas	267
Tabla 7.2-2	Resumen evaluación económica por tipología de acciones	268
Tabla 7.2-3	Tabla relacional de evaluación social de iniciativas	270
Tabla 7.2-4	Indicador de evaluación ambiental según iniciativas.....	272
Tabla 7.2-5	Resultado de priorización de iniciativas	275
Tabla 7.3-1	Iniciativas ejecutadas por DGA.....	277
Tabla 7.3-2	Iniciativas ejecutadas por otras instituciones.....	277
Tabla 7.3-3	Distribución de costos según ejecutor: VAC y CAE [UF]	278
Tabla 8.4-1	Distribución de costos según mandante DGA u otros	296
Tabla 9.1-1	Distribución de iniciativas del PEGH según tipo de acción y horizonte de implementación	297
Tabla 9.1-2	Seguimiento del PEGH Choapa	299

FIGURAS

Figura 2.1-1	Mapa de elevaciones y unidades geomorfológicas de la cuenca del río Choapa.....	6
Figura 2.1-2	Mapa geológico de la cuenca del río Choapa (escala 1:1.000.000).....	8
Figura 2.1-3	Diagrama unifilar de los cauces principales	9
Figura 2.2-1	Clasificación climática de la cuenca del río Choapa (escala 1:1.500.000)	13
Figura 2.2-2	Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas Illapel DGA (4726003-5) y La Tranquilla (4710001-1)	14
Figura 2.2-3	Resumen de eventos más importantes, período: 1965-2018	15
Figura 2.2-4	Variación de eventos (comunales) más importantes en el tiempo, período 1965-2018.....	16
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)17	
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)	18
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)	19
Figura 2.2-9	Gráficos de caja para los valores anuales de temperatura 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)	20
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)21	
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 (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho)	22
Figura 2.3-1	Ecosistemas y áreas de conservación de la cuenca del río Choapa.....	28
Figura 2.4-1	Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (riego) en la cuenca del río Choapa	32
Figura 2.4-2	Infraestructura principal asociada al recurso hídrico (agua potable) en la cuenca del río Choapa	33
Figura 2.4-3	Red hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.....	35
Figura 2.6-1	Representación gráfica de actores en el territorio	38

Figura 2.6-2	Diagrama relación Interés/Influencia actores relevantes en la cuenca del río Choapa	39
Figura 2.6-3	Número de canales espacializados (SIIR) vinculados a Asociaciones de Canalistas en la cuenca del río Choapa.....	57
Figura 2.6-4	Número de canales espacializados (SIIR) asociados a Comunidades de Agua en la cuenca del río Choapa.....	58
Figura 3.1-1	Proyección de la tasa de crecimiento poblacional en la región de Coquimbo, periodo 2018-2050	71
Figura 3.1-2	Población proyectada para la cuenca del río Choapa, periodo 2018 – 2050	71
Figura 3.1-3	Distribución de la población según abastecimiento de agua potable, años 2019, 2030 y 2050	72
Figura 3.1-4	Serie en el tiempo de derechos para uso humano.....	75
Figura 3.2-1	Caudal de reserva para protección ambiental (m ³ /s) en “Río Choapa aguas arriba Estero Canela”	77
Figura 3.3-1	Demanda Agrícola año 2019.....	79
Figura 3.3-2	Demanda Agrícola año 2030.....	80
Figura 3.3-3	Demanda Agrícola año 2050.....	80
Figura 3.3-4	Zonas de riego modeladas.....	81
Figura 3.4-1	Serie en el tiempo de derechos para uso minero.....	82
Figura 3.7-1	Distribución de demandas principales según uso.....	86
Figura 3.7-2	Distribución de las demandas consuntivas (año 2019) de la cuenca del río Choapa.....	87
Figura 3.7-3	Distribución de las demandas consuntivas proyectadas (año 2030) de la cuenca del río Choapa	87
Figura 3.7-4	Distribución de las demandas consuntivas proyectadas (año 2050) de la cuenca del río Choapa	88
Figura 3.8-1	Distribución anual del número de DAA transados, periodo 1982-2019...	90
Figura 4.1-1	Hidrografía de la cuenca del río Choapa.....	96
Figura 4.1-2	Cuenca y subcuencas del río Choapa.....	98
Figura 4.1-3	Zonas con diferentes grados de restricción al uso de agua en la cuenca del río Choapa	101
Figura 4.1-4	Distribución temporal y espacial de los decretos de escasez hídrica (2008-2020) en la cuenca del río Choapa.....	102
Figura 4.1-5	Decretos de escasez históricos por comuna, periodo 2008-2020	103
Figura 4.1-6	Estaciones de calidad empleadas en el análisis de calidad de las aguas de la cuenca del Choapa.....	108
Figura 4.1-7	Gráfico de Cajas – As Total (mg/l).....	110
Figura 4.1-8	Gráfico de Cajas – Cu Total (mg/l)	111
Figura 4.1-9	Gráfico de Cajas – SO ₄ ²⁻ (mg/l).....	112
Figura 4.1-10	Gráfico de Cajas – pH.....	113
Figura 4.1-11	Gráfico de Cajas – CE (µS/cm).....	113
Figura 4.1-12	Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)	114
Figura 4.1-13	Ubicación geográfica de los puntos de captación asociados a los DAA superficiales en la cuenca del río Choapa.....	118
Figura 4.2-1	Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Choapa (escala 1:1.000.000)....	119

Figura 4.2-2	Leyenda de Mapa hidrogeológico en la cuenca del río Choapa (escala 1:1.000.000).....	120
Figura 4.2-3	SHAC de la cuenca del río Choapa	123
Figura 4.2-4	Curvas Equipotenciales Modelo Acoplado marzo 2019.....	127
Figura 4.2-5	Gráfico de Cajas – SO ₄ ²⁻ (mg/l).....	129
Figura 4.2-6	Gráfico de Cajas – CE (μS/cm).....	130
Figura 4.2-7	Gráfico de Cajas – SDT (mg/l)	130
Figura 4.2-8	Estado de la calidad de agua en la Red Hidrométrica DGA y pozos APR134	
Figura 4.2-9	Depósitos de relaves en la cuenca del río Choapa	137
Figura 4.2-10	Ubicación geográfica de los puntos de captación asociados a los DAA subterráneas en la cuenca del río Choapa	141
Figura 4.3-1	Glaciares en la cuenca del río Choapa	143
Figura 5.1-1	Resultados Calibración Embalse El Bato 2011 -2019.....	148
Figura 5.1-2	Resultados Calibración Embalse Corrales 2002 -2019	148
Figura 5.1-3	Calibración modelo acoplado en pozos de observación SHACs Choapa Alto y Choapa Medio	149
Figura 5.1-4	Calibración modelo acoplado en pozos de observación Choapa Bajo ...	149
Figura 5.1-5	Calibración modelo acoplado en pozo de observación SHAC Illapel	150
Figura 5.2-1	Componentes Balance Hídrico Superficial en Cuenca Choapa	155
Figura 5.2-2	Brechas demanda agrícola superficial periodo 2019-2050	156
Figura 5.2-3	Componentes de Balance Hídrico Subterráneo Cuenca Choapa – Escenario 1	158
Figura 5.2-4	Volumen Embalsado en Cuenca Choapa	159
Figura 5.4-1	Ubicación referencial pozos de inyección	166
Figura 5.4-2	Esquema de implementación de recarga en WEAP PEGH Choapa.....	167
Figura 5.4-3	Caudal simulado aguas abajo del punto de captación para inyección... ..	168
Figura 5.4-4	Esquema pozos de observación ficticios y As. Panguecillos	170
Figura 5.4-5	Comparación E1 vs E2 de niveles calculados (Asentamiento Panguecillos)	170
Figura 5.4-6	Limnigramas pozos de inspección.....	172
Figura 5.4-7	Zonas de riego aguas arriba y aguas abajo embalse Canelillo	174
Figura 5.4-8	Curva embalse Canelillo.....	175
Figura 5.4-9	Flujos modelados estación río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela .	176
Figura 5.4-10	Demanda Insatisfecha E3A.....	177
Figura 5.4-11	Demanda insatisfecha zonas de riego aguas abajo Embalse Canelillo ..	177
Figura 5.4-12	Volumen almacenado Embalse Canelillo	178
Figura 6.0-1	Diagrama de medidas analizadas	181
Figura 6.1-1	Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Corrales... ..	184
Figura 6.1-2	Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse El Bato	185
Figura 6.2-1	Módulos SATH Choapa.....	243
Figura 6.2-2	Vista de puntos de control del SATH Choapa	243
Figura 6.3-1	Sectores con potencial de recarga, cuenca del río Choapa.....	249
Figura 6.3-2	Sector óptimo de recarga, cuenca del río Choapa.....	250
Figura 6.3-3	Ubicación general del proyecto de desalación MLP.....	255
Figura 7.1-1	Iniciativas asociadas a Obras Hidráulicas.....	263
Figura 7.2-1	VAC [UF] totales según línea de acción	269
Figura 7.2-2	CAE [UF] totales según línea de acción.....	269

Figura 7.2-3	Esquema de priorización de iniciativas	274
Figura 7.3-1	Distribución de VAC [UF] según institución	278
Figura 7.3-2	CAE [UF] según institución	279
Figura 7.4-1	Hoja de ruta del Plan de Acción.....	280
Figura 7.4-2	Hoja de ruta del Plan de Acción (continuación)	281
Figura 8.1-1	Distribución de iniciativas a corto plazo	283
Figura 8.1-2	Distribución de iniciativas a mediano plazo	284
Figura 8.1-3	Distribución de iniciativas a largo plazo	284
Figura 8.2-1	Esquema simplificado de los pasos de implementación de PEGH	293
Figura 8.2-2	Modelo de gobernanza del PEGH Choapa	294

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 Choapa 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 Choapa, 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 Choapa 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 acoplado WEAP-MODFLOW existente (1962-2011) de la cuenca del río Choapa.
- **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 Choapa (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 Choapa, 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 Choapa en términos geográficos, analizando aspectos relativos a su geomorfología y geología, suelos, drenaje, división político-administrativa y principales actividades económicas.

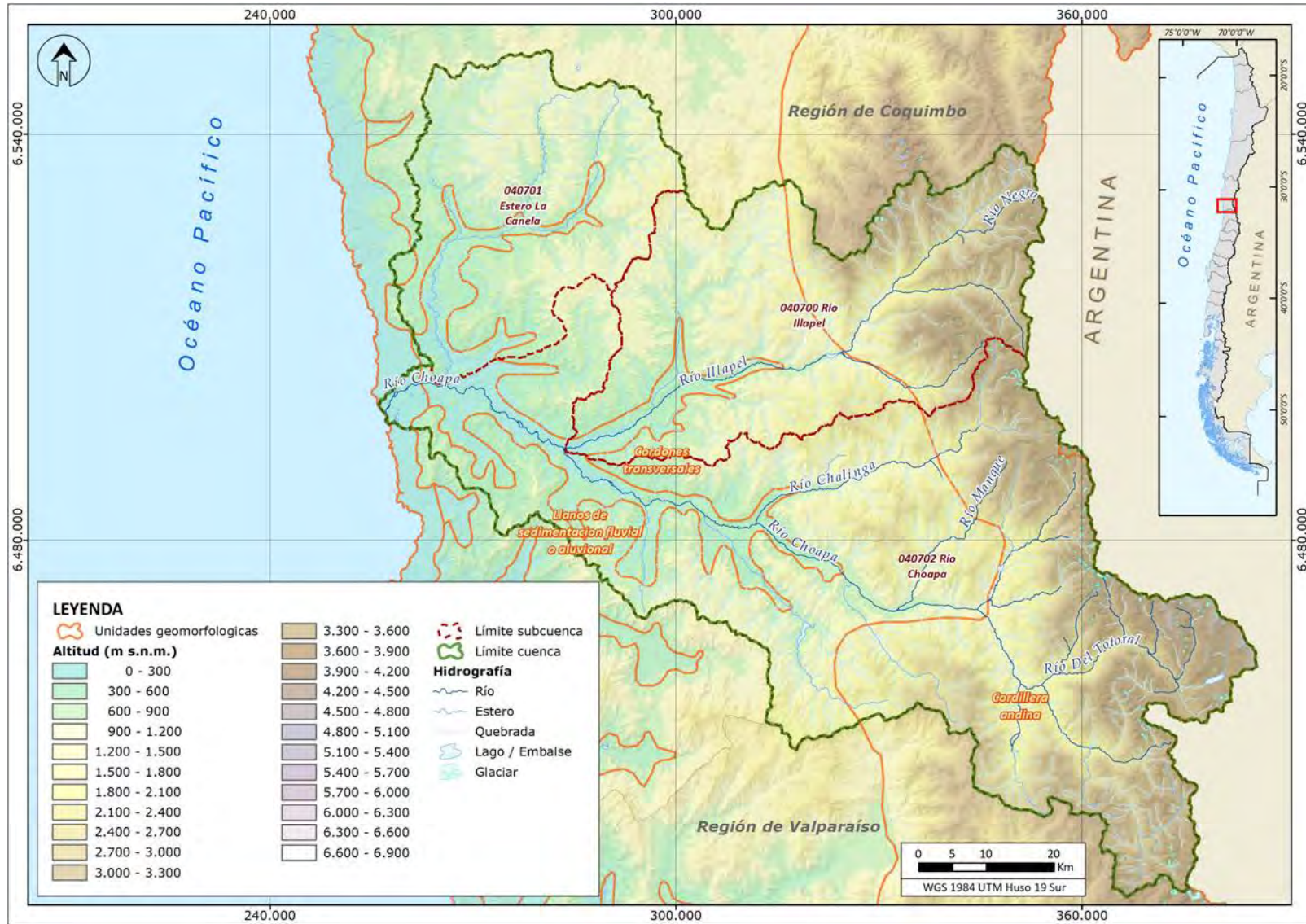
2.1.1 Geomorfología

La cuenca del río Choapa constituye el último de los valles transversales de la región de Coquimbo, ubicado en su extremo sur. En términos generales, los rasgos geomorfológicos no difieren mucho a los de las cuencas del río Elqui y Limarí, presentando una cuenca de sedimentación fluvial en su curso medio y bajo. El valle del río Choapa es el más estrecho con respecto a los otros valles transversales existentes en la región (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.

El cauce del río Choapa desemboca en el mar en el sector de Huentelauquén, después de recibir las aguas aportadas por un ancho árbol de escurrimientos cordilleranos, que conforman dos ejes: uno en sentido N-E dado por el río Illapel, y el otro en sentido E-W que corresponde al río Choapa, los que se unen al oeste de la ciudad de Illapel, para formar un río caudaloso y encajonado aguas abajo (DGA, 2004).

El río Choapa, aguas arriba de la junta con el río Illapel, se caracteriza por presentar un cauce encajonado por cerros del ambiente netamente andino, los que se presentan con laderas escarpadas, con afloramientos de roca, que aportan material derrubial al cauce a través de conos y quebradas. Desde la junta con el río Illapel hasta su desembocadura, el río se presenta rodeado por cadenas de cerros de la costa, a tal punto que sólo en algunos sectores se establecen pequeñas terrazas de sedimentación fluvial, aprovechadas para la actividad agrícola y el asentamiento de pequeños poblados (DGA, 2004).



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

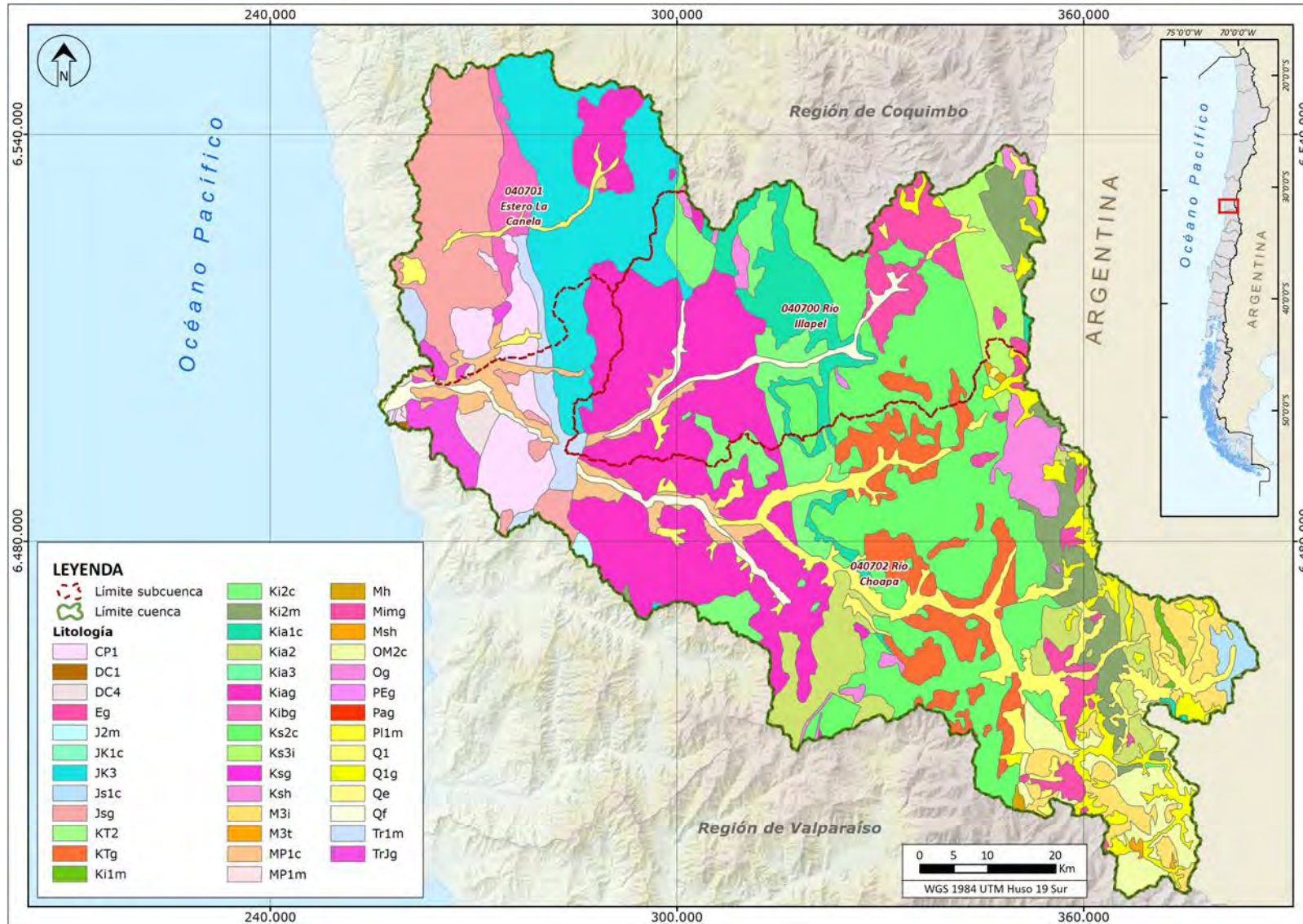
Figura 2.1-1 Mapa de elevaciones y unidades geomorfológicas de la cuenca del río Choapa

2.1.2 Geología

En la Figura 2.1-2 se muestran las diferentes formaciones geológicas presentes en la cuenca del río Choapa.

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, 2004):

- Zona central de la cuenca: Rocas Tr1m de tipo sedimentarias del Triásico Superior. Secuencias sedimentarias marinas y transicionales; areniscas conglomerados, limonitas y calizas; franja de ancho pequeño.
- Río Illapel: 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.
- Zona media-alta de la cuenca: 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.
- Zona alta de la cuenca: Rocas Ks2c de tipo volcanosedimentarias del Cretácico Superior. Secuencias volcanosedimentarias continentales: rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas.



Fuente: Elaboración propia, basado en SERNAGEOMIN (2003).

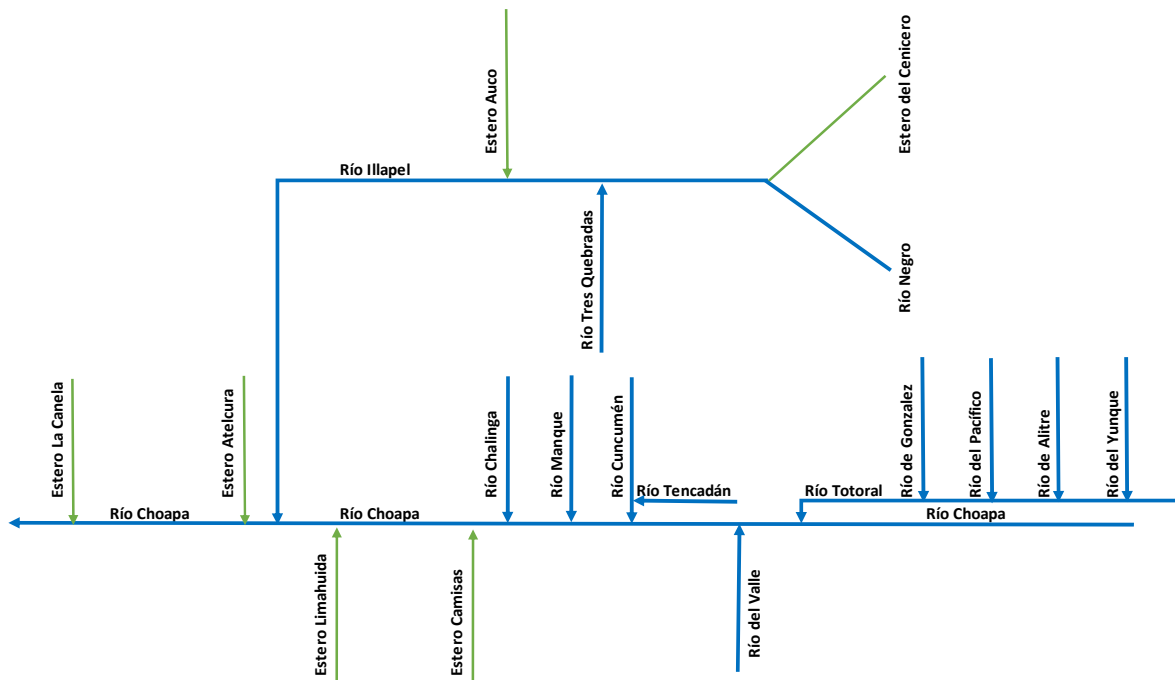
Figura 2.1-2 Mapa geológico de la cuenca del río Choapa (escala 1:1.000.000)

2.1.3 Suelos

Los suelos de la cuenca del río Choapa, en el valle (localidad de Choapa) y sector alto (localidades de Salamanca y El Tambo), presentan condiciones adecuadas para cultivo de frutales, sin limitaciones para uso agrícola. La mayor extensión en la zona baja del cauce del río Choapa corresponde a suelos con una alta capacidad de drenaje, presentando limitaciones para el uso agrícola. Los suelos de las terrazas fluviales del sector bajo del río Choapa presentan las mismas características anteriores (DGA, 2004).

2.1.4 Drenaje

El río Choapa nace en la cordillera de Los Andes, a 1.000 m s.n.m., y se forma por la confluencia de los tributarios Totoral, Leiva y del Valle. Aguas abajo y aún dentro de la cordillera, el río Choapa recibe como afluentes los ríos Cuncumén y Chalinga. El estero Camisas es el principal aportante del curso medio del Choapa por el S. En su curso medio recibe un afluente importante: el río Illapel, que le entrega sus aguas por el N. El río Choapa desemboca al mar junto a la Caleta de Huentelauquén, a unos 140 km desde su nacimiento (DGA, 2004). 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 de los cauces principales

2.1.5 División político-administrativa

La cuenca del río Choapa se extiende a través de la provincia de Choapa, abarcando completa o parcialmente las comunas de Canela, Illapel y Salamanca. 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 Choapa respecto a comunas

Cuenca	Provincia	Comuna	Superficie comuna (km ²)	Porcentaje superficie comuna en cuenca (%)
Río Choapa	Choapa	Canela	2.197	79%
		Illapel	2.629	100%
		Salamanca	3.446	100%

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

2.1.6 Actividad económica

2.1.6.1 Valor de la producción regional¹

El 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. La identificación de las actividades económicas de interés para la cuenca y la gestión de recursos hídricos, se realizó a partir de los registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB) regional, los que se obtuvieron desde la base de datos estadísticos en línea del Banco Central (BC, 2019).

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 Choapa existen 266 faenas mineras, consistentes en minas a rajo abierto, minas subterráneas y plantas procesadoras (molienda, chancado, concentración y lixiviación), focalizadas

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.

en las comunas de Salamanca, Illapel y Canela. 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 20 plantas que desarrollan estos procesos. El registro completo de las instalaciones (minas y plantas) presentes en la cuenca del río Choapa 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 carbonato de Ca y silicios. Entre los yacimientos cupríferos se destaca la Minera Pelambres, con una producción de 356,3 miles de toneladas métricas en el año 2017; otras empresas cupríferas presentes en la zona son S.C.M Tres Valles, Minera La Puntilla y Empresa Nacional de Minería (ENAMI). Entre las empresas no cupríferas se encuentran la S.C.M Adrian, con plantas de producción de Fe; Sociedad Minera California, con plantas de concentración de Au; y Alfredo Villalobos Roman, con producción de carbonatos de Ca.

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 36% de la producción regional al año 2007.

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).

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

Código Subc.	Nombre Subcuenca	Superficie por cultivos [Ha] ³					Total
		CER	FOP	HOR	VIÑ	FRU	
0470	Río Choapa Alto (hasta abajo junta R. Cuncumén)	26,53	107,87	5,08	313,03	213,84	666,35
0471	Río Choapa Medio (entre R. Cuncumén e Illapel)	393,45	1.493,43	323,24	1.466,73	1.861,78	5.538,63
0472	Río Illapel	96,25	260,79	118,75	141,22	693,93	1.310,94
0473	Río Choapa Bajo (entre R. Illapel y Desemb.)	185,73	136,78	118,67	1,88	177,52	620,57
Total	Cuenca río Choapa	701,96	1.998,87	565,74	1.922,86	2.947,06	8.136,49

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2007).

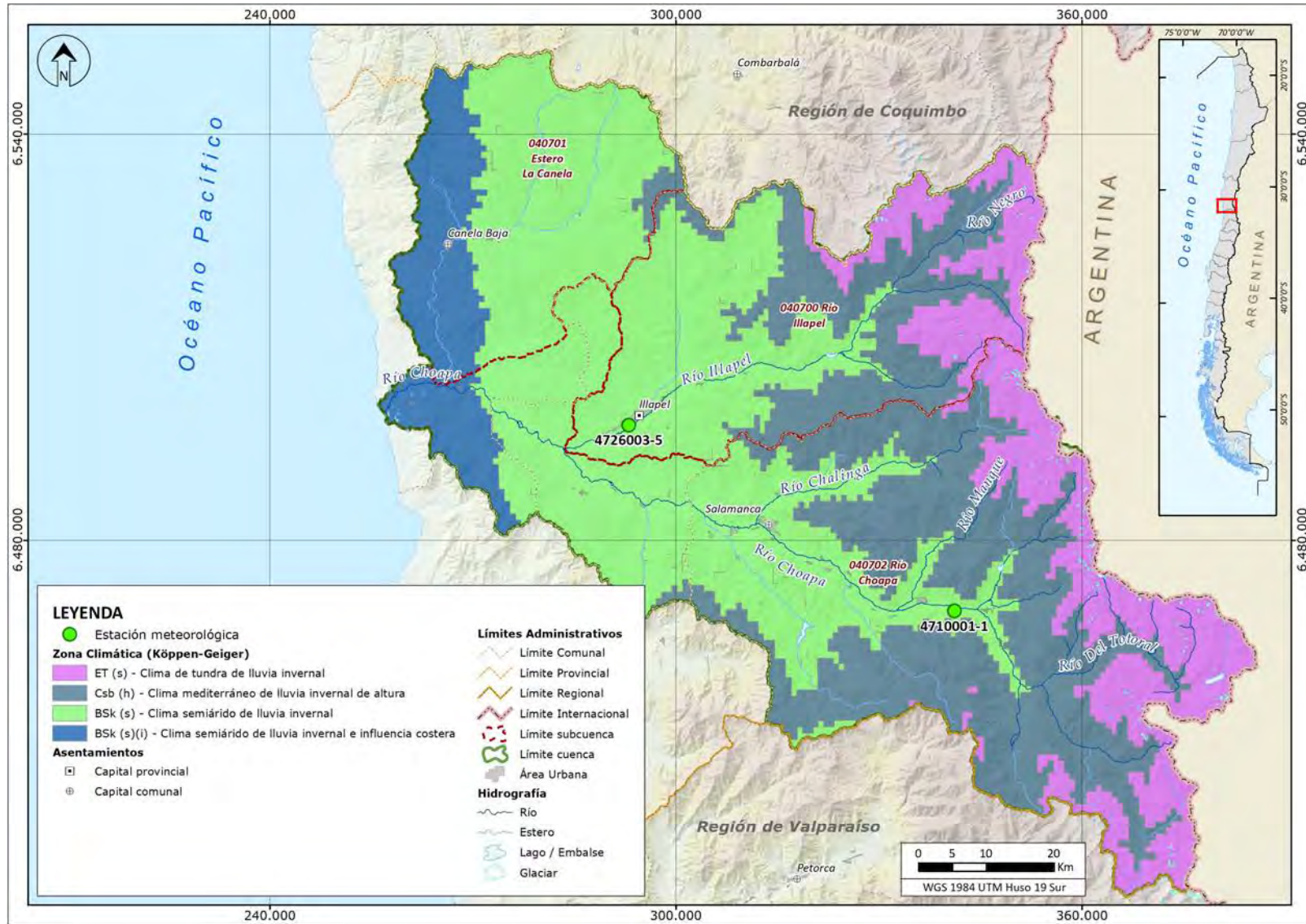
De acuerdo a las estadísticas entregadas por INE (2019a), la producción silvoagropecuaria para exportación, solo alcanza el 11,9% de participación a nivel regional, lo cual también se ve reflejado en el aporte de esta actividad al PIB regional, como se muestra en la Tabla 2.1-2. Sin embargo, de acuerdo 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 73% de la demanda consuntiva en la cuenca (Anexo J.1.3), razón por la cual es considerado en el presente análisis.

2.2 CLIMA

2.2.1 Caracterización climática

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

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).



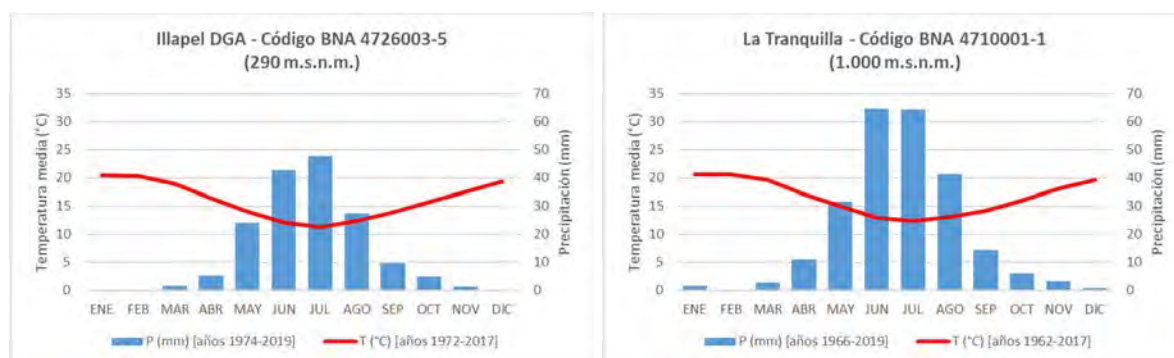
Fuente: Elaboración propia basada en UCH (2016).

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

Los climas identificados, en sentido W-E, se exponen a continuación.

- En la franja oeste 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 templado cálido de lluvia invernal de altura (Csb (h)), caracterizado por inviernos suaves, lluvias no muy abundantes, y veranos secos y calurosos; y un clima frío de tundra de lluvia invernal (ET (s)) en sus cotas más elevadas, en que el mes más caluroso del año las temperaturas son muy bajas.

En la Figura 2.2-2 se presentan los climogramas de las estaciones meteorológicas de Illapel DGA y La Tranquilla, ubicadas en diferentes alturas de la cuenca del río Choapa (Figura 2.2-1).



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

Figura 2.2-2 Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas Illapel DGA (4726003-5) y La Tranquilla (4710001-1)

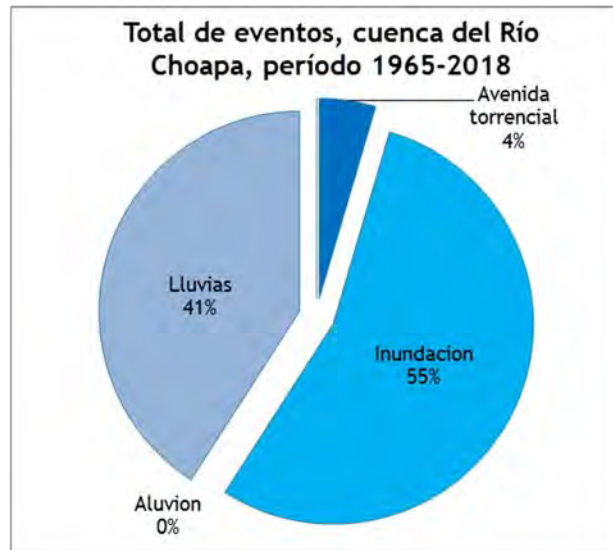
La temperatura media anual en Illapel es de 15,8°C, con máxima de 25°C y mínima de 5,2°C, y una precipitación anual de 168 mm. Por otro lado, en La Tranquilla se presenta una temperatura media anual de 16,8°C, con temperaturas máxima y mínima de 29,3°C y 1,1°C respectivamente, y una precipitación anual de 241 mm (CR2, 2020).

2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Para el análisis de los eventos extremos, se realiza una selección de eventos a evaluar, se establece la resolución de los insumos a utilizar y el período de análisis. El detalle de la metodología se expone en el acápite 3.4.5 del Anexo F.

2.2.2.1 Eventos extremos considerados

A continuación, se muestran los resultados asociados al período 1965-2018. Se identificó un total de 22 eventos diferentes. En la Figura 2.2-3 se muestra el resultado del total de eventos por tipo de eventos, siendo los eventos asociados a inundaciones los mayoritarios con un 55% del total, seguido por las lluvias en un 41%. Los eventos asociados a aluviones y las avenidas torrenciales poseen una mínima proporción, con 0% y 4%, respectivamente.

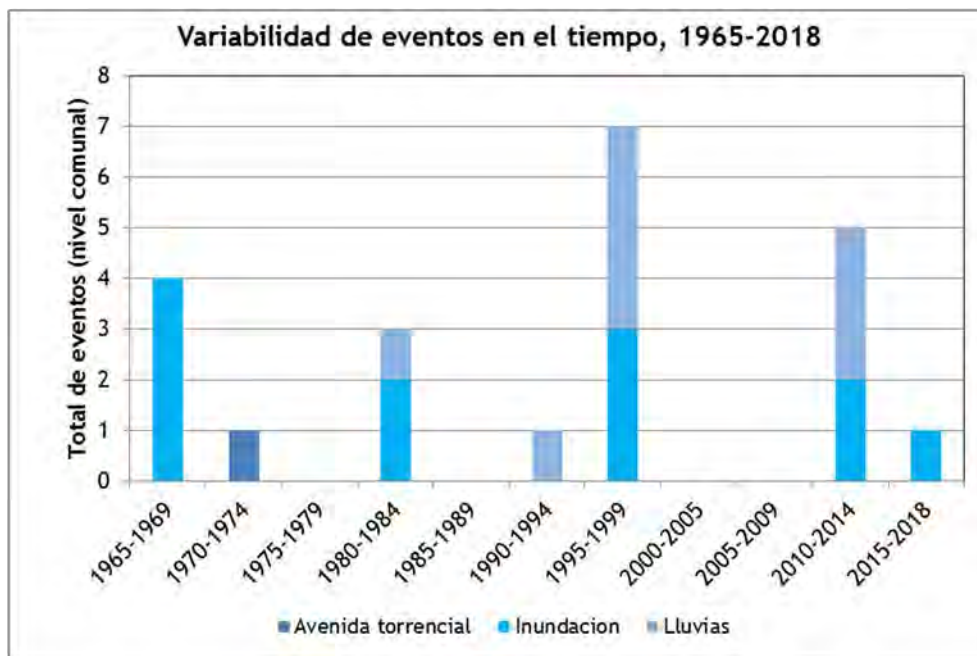


Fuente: Elaboración propia.

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. Además, se verifica que la población ha sido afectada de manera aleatoria por los diferentes eventos. Este aspecto puede ser explicado por la aleatoriedad de los eventos extremos, y/o la capacidad de resiliencia de los habitantes de la región, aunque estos aspectos deben ser estudiados con mayor profundidad. Se destaca que los eventos asociados a aluviones no se han reportado durante el período analizado. De los resultados, se destaca que el número de eventos no ha aumentado sostenidamente en el tiempo. Sin embargo, el aumento en la frecuencia de eventos climatológicos extremos ha sido ampliamente discutido (Cubasch, U. *et al.*, 2001; Karl and Trenberth, 2003). La explicación a esta diferencia, corresponde a que los eventos analizados resultan ser muchas veces del tipo secundario, vale decir, fueron generados de un evento primario, el cual pudo haber sido un evento climatológico; por lo tanto, la frecuencia de los eventos primarios puede aumentar de frecuencia, pero no implicaría un aumento en la frecuencia de eventos secundarios. Por otro lado, en relación al nivel de impacto en la población, la facilidad de comunicación mediante redes interpersonales, ha permitido mostrar con mayor detalle los efectos de cada evento, generándose a la vez un aumento en la amplitud de su impacto (Kasperson, R., *et al.*, 1988), con la búsqueda permanente de su justificación mediante el cambio climático.

Que en un período de 4 o 5 años no existan registros se explica porque: (i) no hubo personas afectadas a pesar que sí ocurrieron eventos del tipo analizado; (ii) que sí hubo personas afectadas, pero el trabajo periodístico no incluyó dicha noticia por cubrir otras de mayor interés. De esta manera, la Figura 2.2-4 fue construida del registro de eventos que han generado alguna afectación a la población. El que exista o no exista correlación con otros fenómenos es una materia que requiere de otros análisis más profundos a la información recopilada.



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

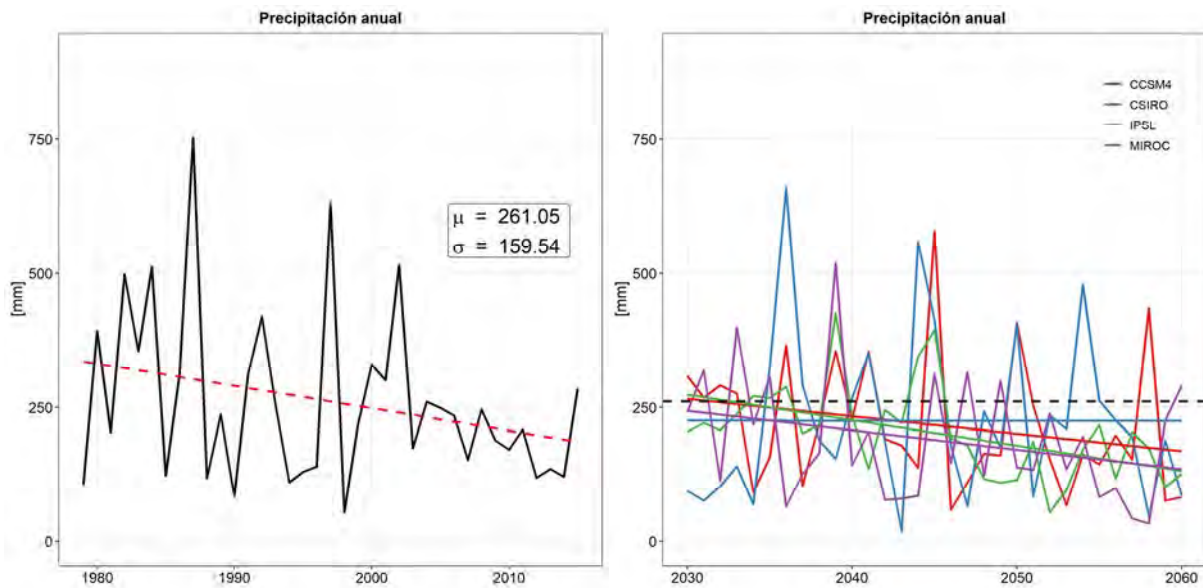
La metodología en detalle para establecer la variabilidad climática asociada a la precipitación, temperatura y caudales se expone en el Anexo F (acápite 3.4.5). A continuación, se presentan los resultados del análisis de variabilidad para las tres variables hidrometeorológicas.

i. Precipitación

En la Figura 2.2-5, la Figura 2.2-6, y la Figura 2.2-7 se muestran los resultados gráficos, mientras que en la Tabla 2.2-1 se resumen los resultados numéricos. El periodo histórico presenta una tendencia estadísticamente significativa (p valor > 0,05) a la disminución de las precipitaciones. Los cuatro MCGs presentan tendencias a la disminución, significativas en los casos de CSSM y CSIRO. En promedio, los MCGs proyectan una disminución de 4 mm en la precipitación media anual para el periodo futuro, siendo MIROC el modelo más pesimista con una disminución de 20 mm⁴.

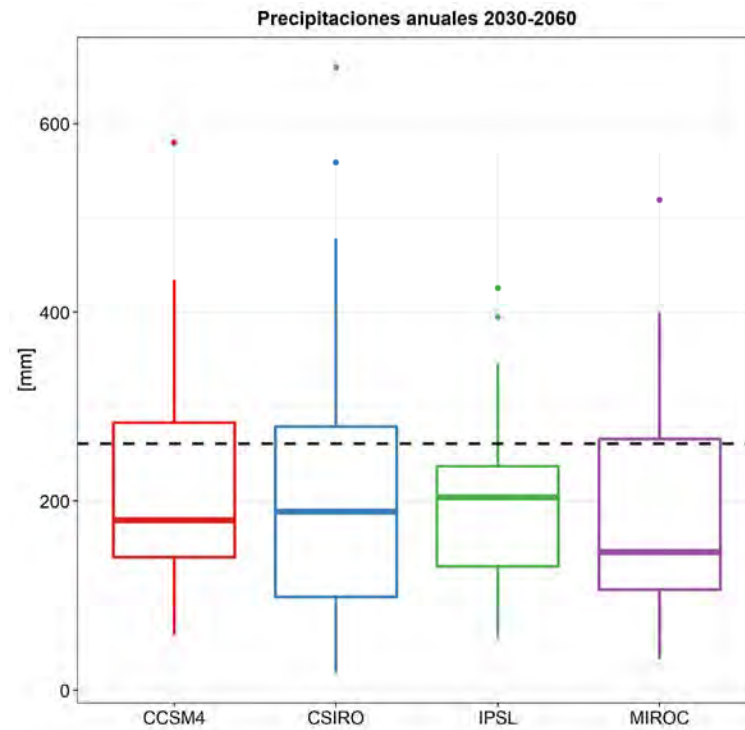
⁴ En términos del impacto que esto podría tener en la cuenca, en el Escenario 1 se presentan resultados al respecto (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Los modelos CSIRO, IPSL y MIROC proyectan una disminución en la variabilidad interanual en comparación con el periodo histórico. La resolución espacial empleada en la Figura 2.2-7 es de 5 x 5 km/pixel, y se observa que la distribución espacial de la disminución de precipitaciones depende del modelo analizado.



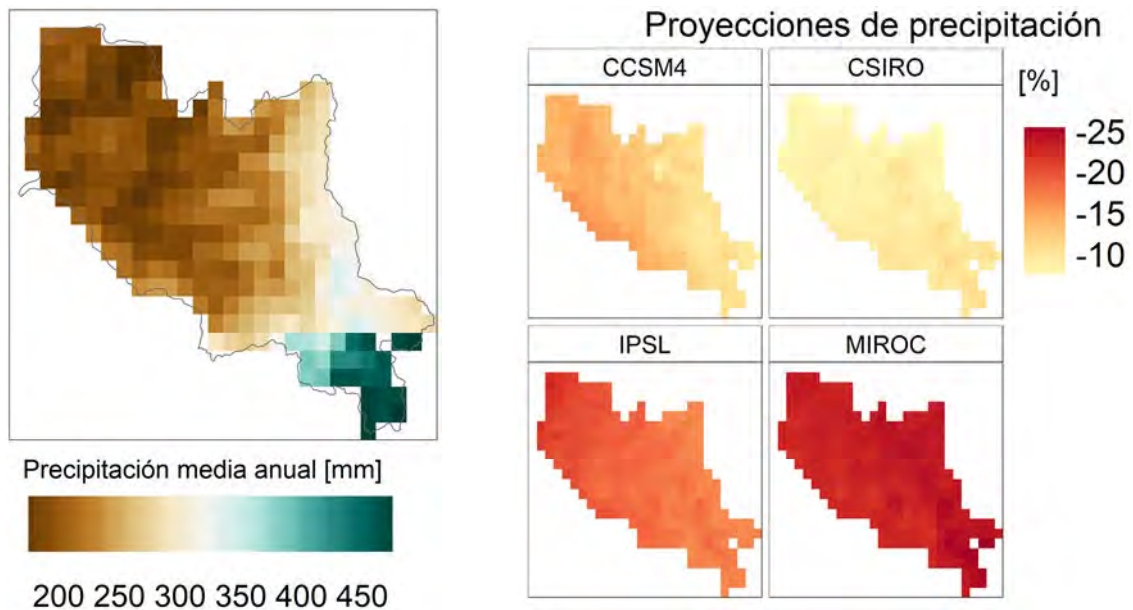
Fuente: Elaboración propia.

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



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)

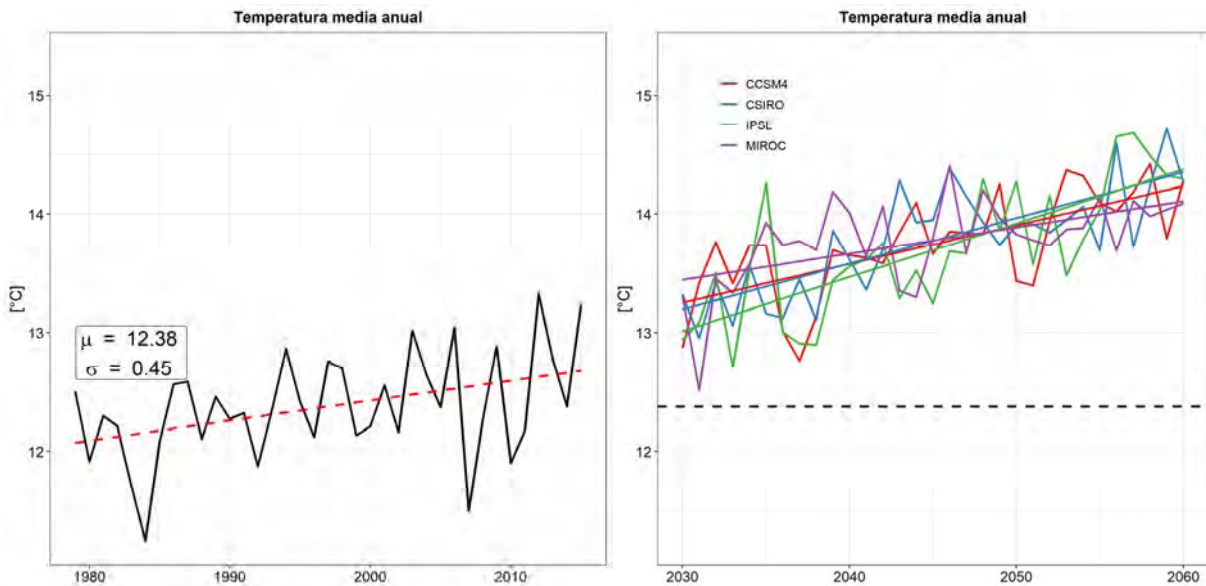
Tabla 2.2-1 Estadísticos de precipitación anual para el periodo histórico y 4 MCGs

Modelo/Periodo	Promedio (mm)	Desviación estándar (mm)	Coefficiente de variación (-)	Tau (-)	p valor (-)
Histórico	261	160	0,61	-0,16	0,16
CCSM4	248	171	0,69	-0,11	0,14
CSIRO	250	155	0,62	-0,10	0,18
IPSL	236	104	0,44	-0,26	< 0,01
MIROC	229	114	0,50	-0,29	< 0,01

Fuente: Elaboración propia.

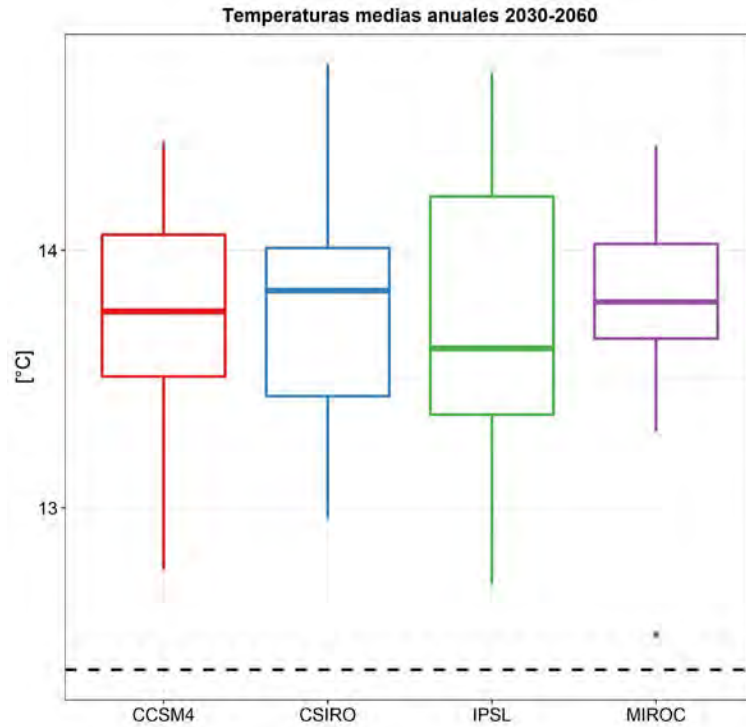
ii. Temperatura

En la Figura 2.2-8, la Figura 2.2-9, y la Figura 2.2-10 se muestran los resultados gráficos, mientras que en la Tabla 2.2-1 se resumen los resultados numéricos. El periodo histórico presenta una tendencia al aumento de temperaturas; sin embargo, esta no es estadísticamente significativa (p valor < 0,05). Los cuatro MCGs proyectan tendencias similares entre sí, sin embargo, ninguna de ellas es estadísticamente significativa. En promedio, las proyecciones estiman un aumento de 0,56 °C a escala de cuenca. La resolución espacial empleada en la Figura 2.2-10 es de 5 x 5 km/píxel, y se observa que los cuatro modelos estiman un mayor aumento de temperaturas en el sector noreste de la cuenca, llegando hasta 1,65°C. 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.



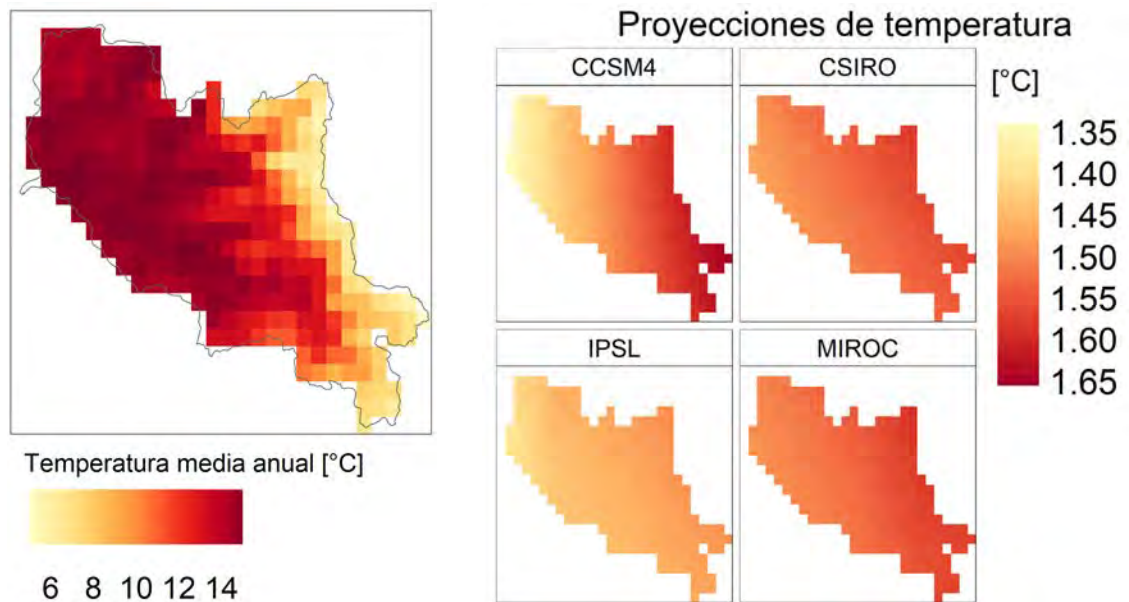
Fuente: Elaboración propia.

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 Gráficos de caja para los valores anuales de temperatura para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico



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)

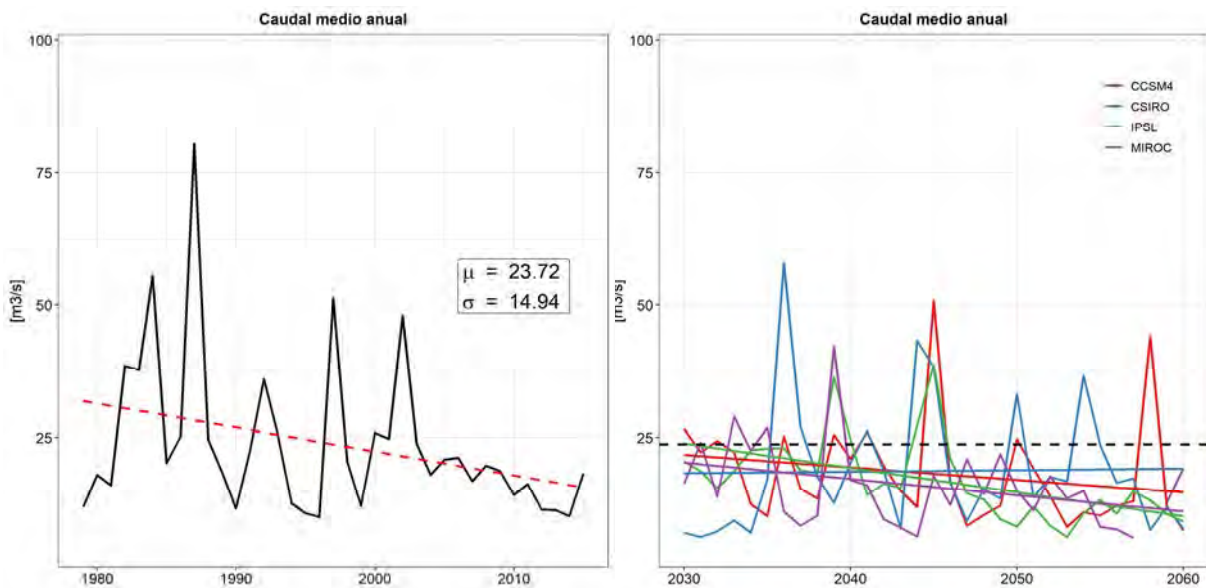
Tabla 2.2-2 Estadísticos de temperatura anual para el periodo histórico y 4 MCGs

Modelo/Periodo	Promedio (°C)	Desviación estándar (°C)	Coefficiente de variación (-)	Tau (-)	p valor (-)
Histórico	12,38	0,45	0,04	0,27	0,02
CCSM4	12,96	0,82	0,06	0,74	< 0,01
CSIRO	12,95	0,79	0,06	0,73	< 0,01
IPSL	12,89	0,85	0,07	0,74	< 0,01
MIROC	12,95	0,80	0,06	0,74	< 0,01

Fuente: Elaboración propia.

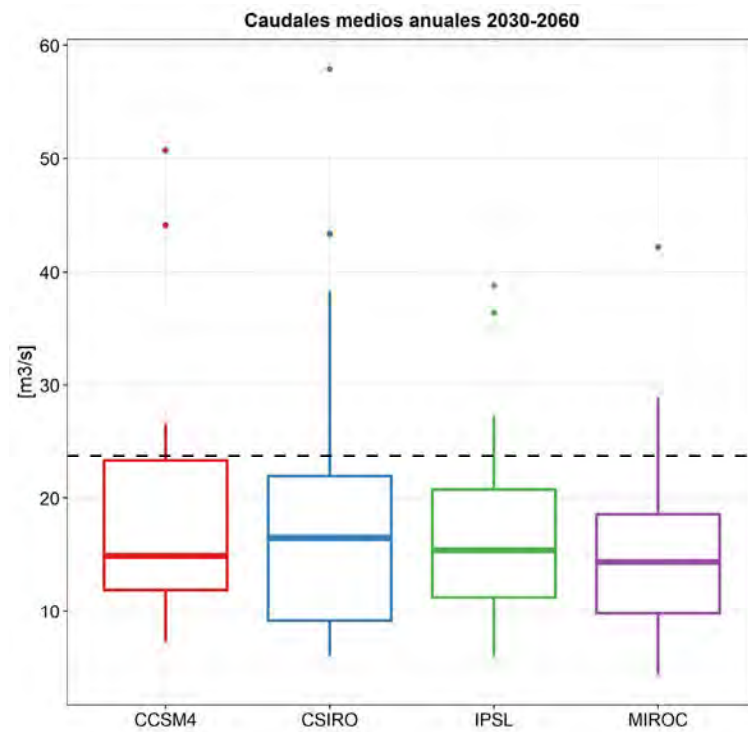
iii.Caudal

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). Los cuatro MCGs presentan tendencias a la disminución de escorrentía, siendo significativos solo para los casos de CCSM4 y CSIRO. Los cuatro MCGs son concordantes en presentar una disminución de escorrentía, proyectando una disminución promedio de 2,94 m³/s. Los modelos CSIRO, IPSL y MIROC proyectan una disminución en la variabilidad interanual de los caudales. La distribución espacial de las disminuciones de escorrentía depende del modelo analizado. La resolución espacial empleada en la Figura 2.2-13 es de 5 x 5 km/píxel.



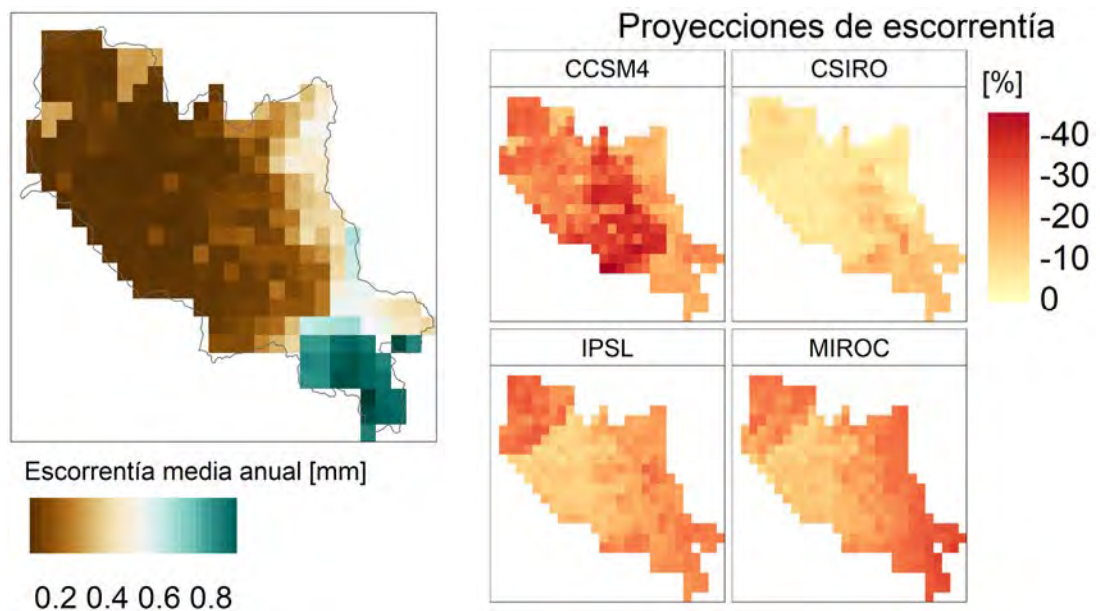
Fuente: Elaboración propia.

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 (panel izquierdo) y las proyecciones (expresadas en diferencias porcentuales con respecto al periodo histórico) de los 4 MCGs (panel derecho)

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	23,72	14,94	0,63	-0,26	0,02
CCSM4	22,13	17,91	0,81	-0,14	0,06
CSIRO	21,24	13,64	0,64	-0,10	0,18
IPSL	20,35	9,37	0,46	-0,31	< 0,01
MIROC	19,39	9,87	0,51	-0,34	< 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 Choapa, los modelos seleccionados como prioridad 1 y 2 fueron CSIRO y CCSM4 respectivamente.

2.3 DIMENSIÓN AMBIENTAL

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 Unidades ecosistémicas

2.3.1.1 Ecosistemas terrestres

Las formaciones y pisos vegetales en la cuenca del río Choapa, 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 Choapa

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>	1204	15%
Herbazal de altitud	P118	Herbazal mediterráneo andino de <i>Nastanthus spathulatus</i> - <i>Menonvillea spathulata</i>	359	5%
Matorral bajo de altitud	P111	Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Nardophyllum lanatum</i>	735	9%
	P112	Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Laretia acaulis</i> - <i>Berberis empetrifolia</i>	479	6%
Matorral desértico	P20	Matorral desértico mediterráneo interior de <i>Flourensia thurifera</i> - <i>Colliguaja odorifera</i>	2106	27%
	P21	Matorral desértico mediterráneo costero de <i>Bahia ambrosioides</i> / <i>Puya chilensis</i>	358	5%
Matorral esclerófilo	P36	Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de <i>Peumus boldus</i> - <i>Schinus latifolius</i>	170	2%
	P37	Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior <i>Quillaja saponaria</i> / <i>Porlieria chilensis</i>	1487	19%
Matorral espinoso	P27	Matorral espinoso mediterráneo interior de <i>Trevoa quinquinervia</i> - <i>Colliguaja odorifera</i>	6	0,1%
	P28	Matorral espinoso mediterráneo interior de <i>Puya coerulea</i> - <i>Colliguaja odorifera</i>	80	1%
Sin vegetación	SV	Sin vegetación	830	11%

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 Choapa, 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 Choapa

Clase	Subclase	Longitud (km)	Área (km ²)
Ríos	Ríos principales	234	-
	Ríos secundarios	333	-
Cuerpos	Lagos	-	-
	Lagunas	-	4
Otros humedales	Otros humedales	-	25
Sistemas antropizados	Embalses	-	3

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 Choapa, 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 Choapa

Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación
<i>Cladophora sp</i>	Peste de agua	Exótica
<i>Epilobium chilense</i>	-	-
<i>Hydrocotyle modestus</i>	-	-
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	-	-
<i>Ranunculus sp</i>	-	-
<i>Rorippa nasturtium aquaticum</i>	Berro	Exótica
<i>Veronica anagallis</i>	-	-
<i>Zannichellia palustris</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 Choapa

Nombre científico	Nombre común	Ambiente	Estado de conservación
<i>Trichomycterus aerolatus</i>	Bagrecito	Íctico	Vulnerable
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Íctico	Vulnerable
<i>Basilichthys australis</i>	Pejerrey chileno del sur	Íctico	Casi amenazado
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Íctico	Exótica
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	Íctico	Preocupación menor
<i>Onchornyctus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Íctico	Exótica
<i>Salmo trutta</i>	Trucha café	Íctico	Exótica

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 Choapa, las cuales también se representan en la Figura 2.3-1.

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

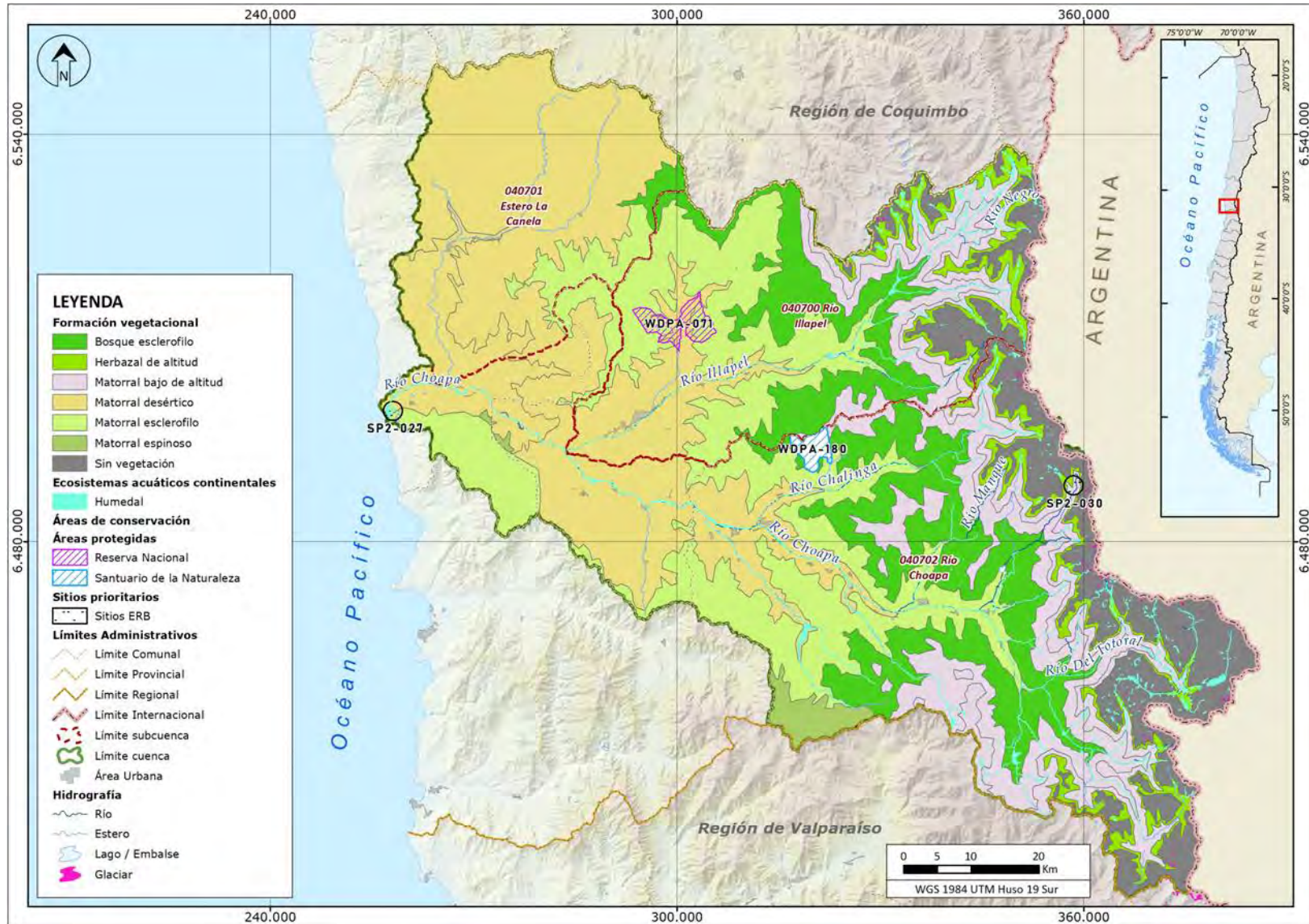
Categoría	Cód. RNAP	Nombre	Año Promulg.
Áreas Protegidas			
Parque Nacional	-	-	-
Reserva Nacional	WDPA-071	Las Chinchillas	1983
Monumento Nacional	-	-	-
Santuario de la Naturaleza	WDPA-180	Raja de Manquehua - Poza Azul	2018
Reserva Forestal	-	-	-
Área Marina Costera Protegida	-	-	-
Otras Áreas con Medidas de Conservación			
Sitio Ramsar	RAM-013	Las Salinas de Huentelauquén (LSH)	-
Reserva de la Biosfera	-	-	-
Bien Nacional Protegido (BNP)	-	-	-
Iniciativa de Conservación Privada (ICP)	ICP-058	Hacienda El Durazno	-
Sitios Prioritarios			
Sitio Ley 19.300 art. 11 letra d)	-	-	-
Sitio Estratégico Regional de Biodiversidad (ERB)	SP2-027	Desembocadura Río Choapa	-
	SP2-030	Vegas de Quebrada Las Hualtatas	-

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

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 Choapa y sus afluentes (excepto aquellas relativas a las figuras WDPA-180 y RAM-013, y en menor medida SP2-027 y SP2-030) 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 Choapa, que son parte de la base de datos de estudios sobre servicios ecosistémicos del MMA son *“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).



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

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

2.3.2 Glaciares

Los glaciares presentes en la cuenca del río Choapa pertenecen a la zona glaciológica de Los Andes Desérticos. Se identifican un total de 172 glaciares, representando un volumen total equivalente de agua de 0,03 km³.

En el apartado 4.3 se recopila mayor detalle de la hidrología glaciaria 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 Choapa, 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 dos (2) embalses y ninguna (0) central hidroeléctrica en la cuenca del río Choapa. El detalle se presenta en la Tabla 2.4-1. 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 Choapa

Cuenca	Subcuenca	Comuna	Nombre Embalse	Uso	Capacidad (hm ³)
Río Choapa	Río Illapel	Illapel	El Bato	Riego	25
Río Choapa	Río Choapa	Salamanca	Corrales	Riego	50

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

2.4.1.2 Infraestructura de riego

Se identificaron 283 bocatomas y 1.021 kilómetros lineales de extensión en canales, siendo su distribución detallada en la Tabla 2.4-2 y la Tabla 2.4-3.

Tabla 2.4-2 Registro de bocatomas en la cuenca del río Choapa

Subcuenca	Comuna	Número de captaciones superficiales
Esteros La Canela	Canela	28
Río Choapa	Canela	21
	Illapel	17
	Salamanca	153
Río Illapel	Illapel	64
Total		283

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2020).

Tabla 2.4-3 Registro de canales en la cuenca del río Choapa

Subcuenca	Comuna	Extensión Total (m)
Estero La Canela	Canela	29.419
Río Choapa	Canela	52.726
	Illapel	147.780
	Salamanca	542.646
Río Illapel	Illapel	248.833
Total		1.021.404

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2020).

Para el caso de obras de acumulación de agua para riego, dada la escasa o desactualizada información relacionada a tranques, no es posible determinar la cantidad y 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 un total de 29 tranques, 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 10,3 km² aproximadamente y 4 PTAS, así como 42 APR. El detalle se presenta en la Tabla 2.4-4, la Tabla 2.4-5 y la Tabla 2.4-6.

Tabla 2.4-4 Territorio operacional de concesionarias de agua potable urbana en la cuenca del río Choapa

Empresa	Territorio Operado	Área (km ²)
Aguas Del Valle	Canela Alta	0,3
	Canela Baja	0,5
	Illapel	6,6
	Salamanca	2,9

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

Tabla 2.4-5 Registro de PTAS en la cuenca del río Choapa

Cuenca	Sistema	Sanitaria	Receptor
Río Choapa	Canela Alta	Aguas Del Valle S.A.	Río sin dilución
	Canela Baja		
	Illapel		
	Salamanca		

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

Tabla 2.4-6 Sistemas APR en la cuenca del río Choapa

Cuenca	Comuna	Numero de Sistemas APR
Río Choapa	Canela	7
	Illapel	14
	Salamanca	21
	Total	42

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

2.4.1.4 Pozos

Se identificaron 837 pozos de extracción con DAA ubicados en los 6 SHAC que conforman el acuífero de Choapa (la identificación de SHAC y su situación se presentan en la Tabla 4.2-1 y la Figura 4.2-3, respectivamente), y 6 pozos sin información para su localización. En la Tabla 2.4-7 se presenta el detalle de la cantidad de pozos por sector.

Tabla 2.4-7 Pozos de extracción en el acuífero de Choapa

SHAC	N° Pozos
Choapa Alto	102
Choapa Bajo	86
Choapa Medio	151
Chalinga	57
Illapel	239
Canela	202
Total sectores	837
Sin información de ubicación	6
Total	843

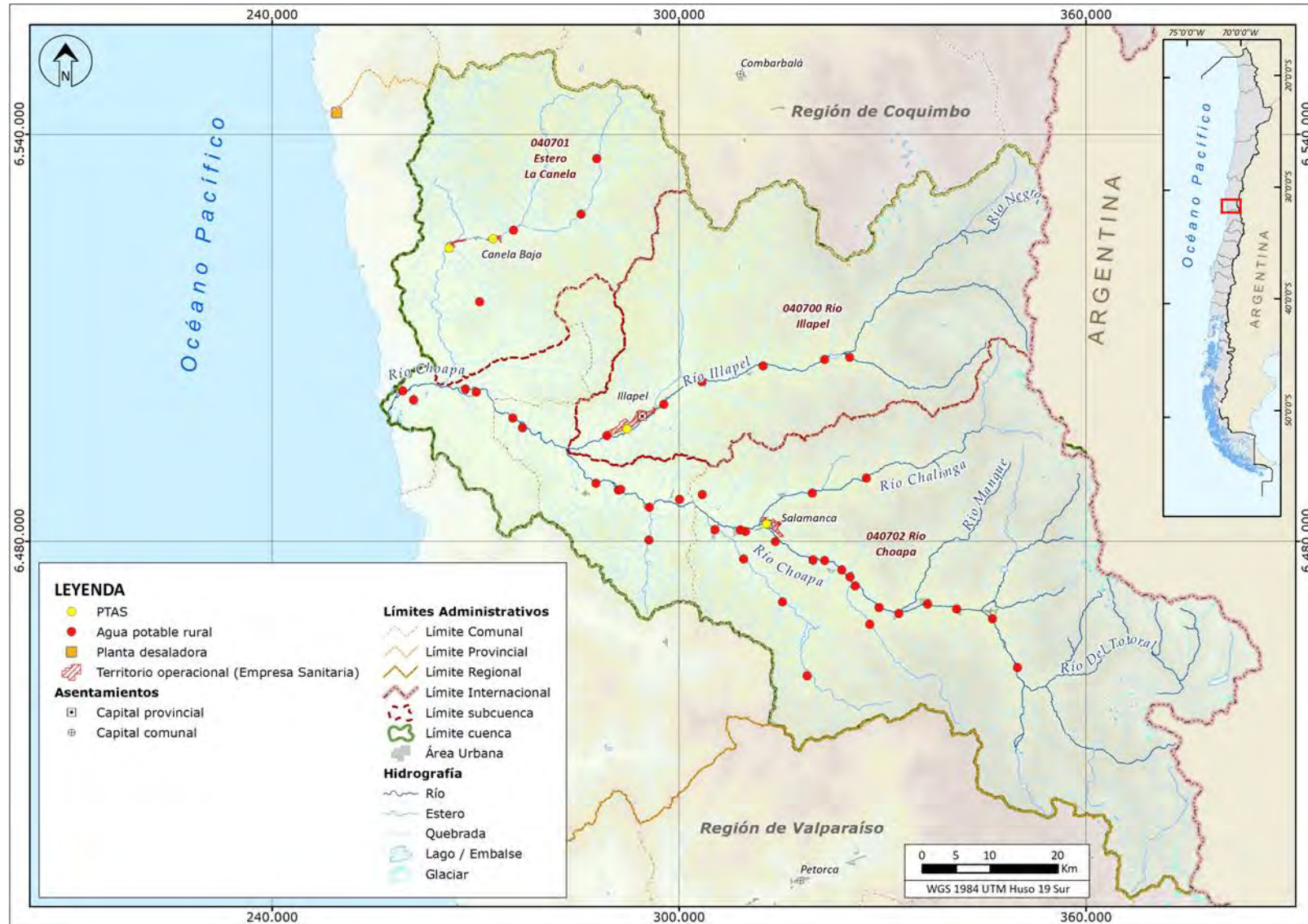
Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2019c)

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) en la cuenca del río Choapa



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 Choapa

2.4.2 Red hidrométrica

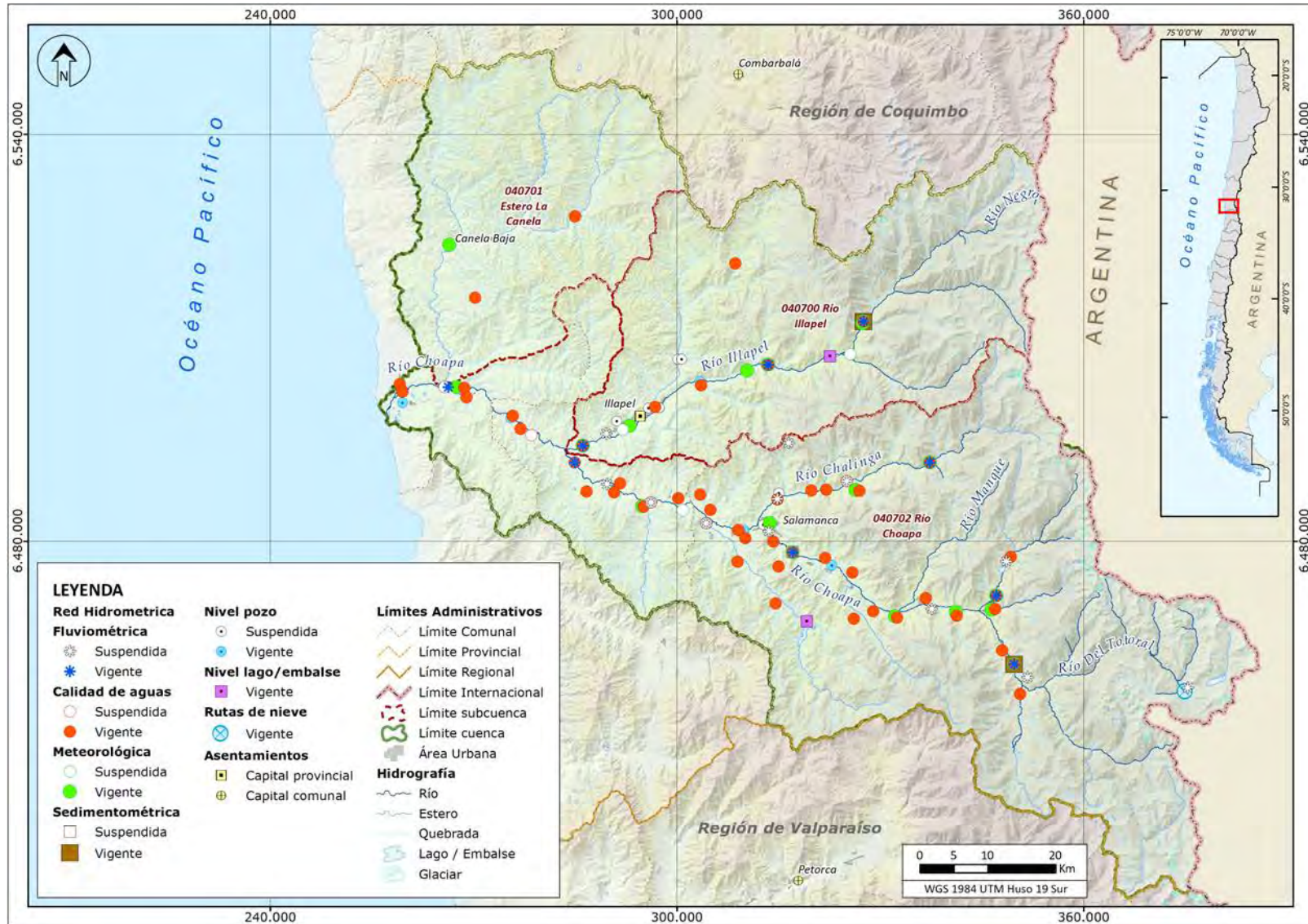
De acuerdo a la red de monitoreo y control de la DGA, en la cuenca del río Choapa se encuentran vigentes la cantidad de estaciones de monitoreo indicadas en la Tabla 2.4-8; adicionalmente se muestran las estaciones suspendidas, ya que pueden contar con información histórica relevante. En la Figura 2.4-3 se muestra la red de estaciones de control de la DGA en la cuenca.

Tabla 2.4-8 Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Choapa

Cuenca	Tipo	Vigentes	Suspendidas
Río Choapa	Calidad	47	5
	Fluviométrica	9	12
	Meteorológica	18	3
	Nivel de pozo	5	9
	Sedimentométrica	2	1
	Nivel lagos y embalses	2	-
	Glaciológica	-	-
	Ruta de nieve	1	-

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 Choapa

2.5 NUEVAS FUENTES EXISTENTES

En la cuenca del río Choapa no se identifican actualmente obras o infraestructuras existentes en torno a nuevas fuentes de agua (recarga artificial de acuíferos, desalinización u otras).

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 metodológico⁵ que acotó la nómina de actores a convocar, se determinó un listado de actores en la cuenca de Choapa todos ellos vinculados al recurso hídrico. En la Figura 2.6-1 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 Choapa, 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), 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.
- Actores de la Comunidad: Representan a aquellas entidades u organizaciones que agrupan a ciudadanos con un interés común, entre estas se encuentran, APR,

⁵ Ajuste metodológico señalado en acápite 3.5.5.2 del Anexo F.

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

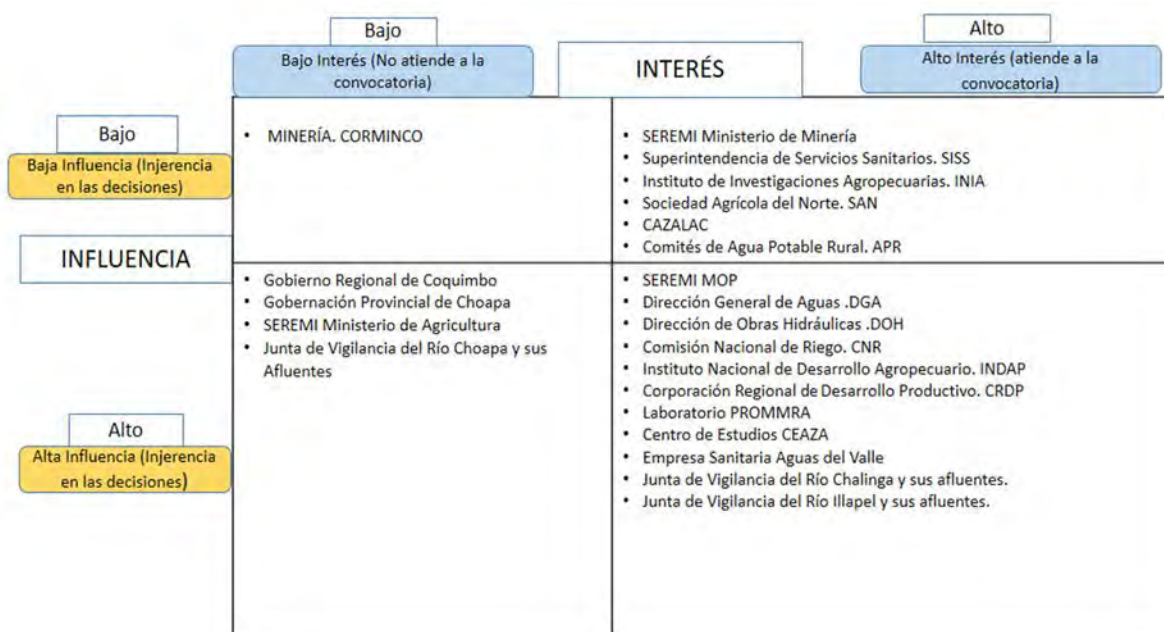
En función de la información y los criterios definidos en la metodología (Anexo F acápite 3.5), en la Tabla 2.6-1 se pormenoriza la situación de cada actor (o grupo de actores) relevante efectivamente convocado a las actividades participativas programadas y realizadas; además se presenta el grado de 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 Choapa

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 Choapa y Quillimarí" (CNR, 2016a).

El Plan de Riego (CNR, 2016a) señala que la mayor parte de los actores estudiados son identificados como alta relevancia y alto nivel de interés, particularmente, corresponde a organizaciones de usuarios de aguas (Juntas de Vigilancia y Comunidades de Aguas). También existe una fracción importante de actores identificados con un alto nivel de interés en el dicho Plan, pero con escasa relevancia, que en este análisis mayoritariamente corresponde a servicios públicos (Servicio Agrícola y Ganadero; Gobernación del Choapa; Dirección General de Aguas, Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Corporación de Fomento de la Producción; Dirección de Obras Hidráulicas, Instituto de Desarrollo Agropecuario, entre otros). Los actores que se manifestaron inicialmente escépticos a los resultados del Plan, por lo tanto, con bajo o muy bajo nivel de interés, correspondiente a representantes de APR.

Finalmente, como primera aproximación, se puede observar que para ambos análisis las OUAs 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. Sin embargo, se identifica que la relevancia de los Organismos Públicos en este tipo de estudios, va a depender de le poder de decisión que tenga sobre la gestión directa de los recursos hídricos, aunque se considera extraño que entidades públicas como DGA se consideren con poca relevancia para el Plan de Riego. Finalmente, para la reformulación de las iniciativas PEGH, se recomienda considerar la inclusión de representantes de la comunidad o sociedad civil 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 Choapa

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	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 Choapa	Su misión es apoyar el ejercicio del Gobierno Ministerio del Interior de la Provincia de Choapa.	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. Destaca su liderazgo en la Mesa Hídrica Provincial.

⁶ Influencia: grado de influencia del actor, vinculado a recursos hídricos, en torno a la toma de decisiones en el territorio.

⁷ Interés: grado de disposición del actor, vinculado a recursos hídricos, a participar en el estudio.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<p>Secretaría Regional Ministerio de Obras Públicas (SEREMI MOP). Región de Coquimbo</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>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.</p>
<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 MINERIA). 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 de Minería, 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>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<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>Por su misión y función, 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. Además de su vínculo 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>
<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 el otorgamiento 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 "Consorcio Centro Tecnológico Quita-Anko".</p>
<p>Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Ministerio de Obras Públicas (MOP). Región de Coquimbo</p>	<p>Pertenciente 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. 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 "Consorcio Centro Tecnológico Quita-Anko".</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	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 Saneamiento de DAA en el embalse Corrales.</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. En particular, destaca su participación en la Mesa Regional para la Emergencia Hídrica.</p>
<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 Coquimbo, SEREMI Agricultura, DOH, entre otros; sobre programas de iniciativas y financiamiento para infraestructuras hidráulicas y capacitaciones.</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
<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>
<p>Sociedad Agrícola del Norte (SAN)</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Se relaciona con agricultores y sus gremios nacionales, sus asociados quienes representan forman parte de las OUA de la región.</p>
<p>Corporación Regional de Desarrollo Productivo de Coquimbo (CRDP)</p>	<p>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</p>	<p>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.</p>	<p>Alto</p>	<p>Alto</p>	<p>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.</p>

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
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.
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)	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.	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.	Alto	Alto	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.
Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)	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.	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.	Bajo	Alto	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.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Comités de Agua Potable Rural (APR)	Los APR son sistemas de agua potable mantenidos y operados por la propia comunidad, organizada en Comités o Cooperativas.	Organizaciones encargadas de abastecer de agua potable a las localidades rurales contribuyendo al desarrollo económico y a la integración social del país	Bajo	Alto	Se relaciona con organismos públicos como DOH, DGA, MOP y OUA de toda la región. Como organizaciones intercomunitarias, existe actualmente la Asociación Gremial de Agua Potable Rural de la provincia de Choapa y la Unión Comunal de Comités de Agua Potable Rural de Salamanca.
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. Mantiene convenio con JV del río Illapel para suministro de agua desde embalse el Bato, además de mantener convenios estratégicos para SWAP hídrico.	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.
Junta de Vigilancia del Río Choapa 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 DGA, CNR, MOP, DOH, GORE Coquimbo y otros servicios públicos ligados a temas hídricos y agrarios, mantiene vínculos con centros de investigaciones regionales. Se relaciona con otras OUA presentes en el territorio.

ACTOR	DESCRIPCIÓN	PRESENCIA EN TEMAS HÍDRICOS	GRADO DE INFLUENCIA ⁶	GRADO DE INTERÉS ⁷	RELACIÓN ENTRE ACTORES
Junta de Vigilancia del Río Chalinga 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 DGA, CNR, MOP, DOH, GORE Coquimbo y otros servicios públicos ligados a temas hídricos y agrarios, mantiene vínculos con centros de investigaciones regionales. Se relaciona con otras OUA presentes en el territorio.
Junta de Vigilancia del Río Illapel 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. Mantiene convenio con Aguas del Valle para suministro de agua desde embalse el Bato.	Alto	Alto	Se relaciona con DGA, CNR, MOP, DOH, GORE Coquimbo, otros servicios públicos ligados a temas hídricos y agrarios, mantiene vínculos con centros de investigaciones regionales. Se relaciona con otras OUA presentes en el territorio y la empresa Sanitaria Agua del Valle.
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 acciones de agua 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 (ver 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 en el Plan, 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 la 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).	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - Academia - Entidades Público-Privado - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - Minería
2	Disminución de nivel de agua en acuíferos por su uso intensivo y creciente.	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - Agua Potable Rural - Academia - Entidades Público-Privado - JV Illapel
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

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	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea para abastecimiento de agua potable.	- Aguas del Valle
7	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea por contaminación difusa desde agricultura.	- CNR Coquimbo - Aguas del Valle - Minería
8	Inexistencia de gestión de aguas tratadas, actual uso costumbrista.	- DGA Coquimbo - SISS Coquimbo

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
9	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
10	Insuficientes o inexistentes fuentes alternativas de agua a escala relevante.	- DOH Coquimbo - CNR Coquimbo - SISS Coquimbo - Agua Potable Rural - Academia
11	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea para abastecimiento de agua potable.	- DOH Coquimbo - CNR Coquimbo - Aguas del Valle
12	Disparidades capacidades técnicas y/o financieras de los Comités APRs.	- DOH Coquimbo - 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
13	Disminución en la capacidad de almacenamiento de obras de acumulación.	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - JV Illapel
14	Captación y distribución de agua sin infraestructura adecuada.	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - JV Illapel

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 las insuficientes o inexistentes fuentes alternativas de agua a escala relevante para el abastecimiento de agua potable rural.

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
15	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DOH Coquimbo -INDAP Coquimbo
16	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo de calidad.	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo
17	Deficiente o insuficiente fiscalización de extracciones ilegales de agua.	- DOH Coquimbo - JV Illapel

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 deficiente cobertura de la red hidrométrica, en particular a la necesidad de mejorar la estación fluviométrica Choapa en Canela. Con respecto a la deficiente o insuficiente fiscalización de extracciones ilegales de agua, durante las reuniones PAC la principal inquietud se identifica la necesidad de mejorar los sistemas de monitoreo como base para mejorar la fiscalización. En el acápite 6.2.1.1 se presenta el diagnóstico del rol de DGA en los procesos de fiscalización y su efecto en la gobernanza.

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.	- DGA Central - SEREMI MOP - DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - Minería - JV Illapel - JV Chalinga

Objetivo 3.1. Promover y revitalizar la alianza público - privada en materia hídrica.		
N° Problema	Problemas	Actores
19	Disparidades capacidades técnicas y/o financieras de las Organizaciones de Usuarios de Agua.	<ul style="list-style-type: none"> - DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - CNR Coquimbo - SISS Coquimbo - Academia - Entidades Público-Privado - Aguas del Valle - Agua Potable Rural - JV Chalinga

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al objetivo de promover y revitalizar la alianza público-privada (Tabla 2.6-7), De acuerdo a lo señalado por los diferentes actores asistentes, esta descoordinación se debe a la inexistencia de entidad o política pública 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 de 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 Chalinga) y representantes APR, 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 identificaron la problemática asociadas al fortalecimiento de las competencias o de las capacidades organizacionales, señalando que existe poca renovación de los directorios, lo cual también se relaciona con la regularización de derechos, ya que al heredar se debe hacer los trámites de regularización de derechos para poder participar directamente de la administración de las organizaciones. 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.	<ul style="list-style-type: none"> - DOH Coquimbo - CNR Coquimbo - Aguas del Valle - Minería

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de la Tabla 2.6-8, se observa que los actores convocados expresan preocupación frente deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea, producido principalmente por contaminación difusa desde 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 Choapa 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 2.6-11 se presenta un resumen de las diferentes organizaciones de usuarios de aguas (OUA) identificadas en la cuenca estudiada, siendo estas 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 Choapa

Junta de Vigilancia	Situación actual	Fecha vigencia	Nº Usuarios totales	Nº Acciones totales
JV del Río Chalinga y sus Afluentes	Aprobada	18-07-1995	52	2.518
JV del Río Choapa y sus afluentes	Aprobada	08-03-1996	97	18.001
JV del Río Illapel y sus afluentes	Aprobada	08-03-1996	82	4.330

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

Tabla 2.6-10 Asociaciones de Canalistas⁸ en la cuenca del río Choapa

Subcuenca	Asociaciones de Canalistas		
	Nº de AC	Nº de Usuarios	Nº de Acciones
Río Illapel	16	423	2.240

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

Tabla 2.6-11 Comunidades de Agua⁹ en la cuenca del río Choapa

Subcuenca	Comunidades de Agua		
	Nº de CA	Nº de Usuarios	Nº de Acciones
Río Illapel	20	626	1.555
Río Choapa	129	6.382	20.679
Río Canela	4	723	595
Total	153	7.731	22.829

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

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

⁹ Comunidades de Agua en situación actual "Aprobado", según Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU).

En resumen, en la cuenca del río Choapa se han identificado 3 Juntas de Vigilancia, 16 Asociaciones de Canalistas (AC) y 153 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 Choapa y sus Afluentes (JVRCA)

De acuerdo a la información pública registrada en RPOU (2020), existen 97 usuarios en la Junta que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N° 650 el 8 de marzo de 1996.

Organizacionalmente, la JVRCA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 6 directores, con un periodo de administración de 3 años. De acuerdo a la información pública disponible (<http://www.jvrchoapa.cl/>), la organización posee una planta técnica-administrativa altamente profesionalizada y con funciones claramente definidas.

Administrativamente, se considera una organización integral, que ha logrado desarrollar estrategias de gestión exitosas, que le permiten tomar iniciativas de fortalecimiento; generar proyectos y propuestas de mejora de infraestructura y redes de monitoreo; además de mantener una relación constante con instituciones públicas y privada, garantizando un aprovechamiento óptimo del recurso hídrico. En cuanto a la relación de la Junta con los usuarios, la JVRCA mantiene plataformas públicas de difusión, las cuales se encuentran en constante actualización con información referente a reglas de reparto y procesos administrativos; entre estas se encuentran: página web (<http://www.jvrchoapa.cl>) y redes sociales (Twitter @jvrchoapa).

La JVRCA cuenta con el Sistema Automático de Telemetría Hidrométrica (SATH), una red integrada de puntos de medición telemétrica que recoge información en línea de diversas instituciones, que permite optimizar el proceso de toma de decisiones para la correcta distribución y explotación de las aguas. Es un sistema en línea (<http://sathchoapa.cl/>) que entrega información relacionada a caudales, calidad de agua, alertas de crecida, niveles de acuíferos, entre otros.

En cuanto a aspectos económicos, la Junta cuenta con un equipo de contabilidad y finanzas; y un equipo de asesores externos, quienes se encargan de generar estados

financieros anuales y auditorías. Los resultados se presentan anualmente a los usuarios.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRCA mantiene una relación constante con entidades públicas y privadas, entre algunas de las actividades más recientes se encuentran: “Comisión de Sequía de la Provincia del Choapa, 2019”, la cual se formó como una instancia de comunicación colectiva con autoridades públicas, respecto a la situación hídrica de la provincia del Choapa; “Mesa de Acuerdo de Salamanca, 2015”, en la cual se firmó un acuerdo público-privado con Minera Pelambres para la correcta gestión de agua en el sector de producción de la minera.

b) Junta de Vigilancia del Río Illapel y sus Afluentes (JVRIA)

De acuerdo a la información pública registrada en RPOU (2020), existen 82 usuarios en la Junta que comprenden usuarios individuales y OUAs. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N° 685 el 8 de marzo de 1996.

Organizacionalmente, la JVRIA posee una directiva que se compone de un (1) presidente y 6 directores, con un periodo de administración de 2 años. De acuerdo al estudio “Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Choapa y Quilimarí” (CNR, 2016a), es una organización cuya profesionalización ha ido aumentando a través de los años.

Administrativamente, se considera una organización ordenada, la cual cuenta con estatutos y reglas de operación; también se caracteriza por su capacidad de tomar iniciativas para seguir fortaleciéndose y generar proyectos de mejora para infraestructura y organización interna. También es posible identificar la existencia de herramientas de difusión de información (<http://rioillapel.cl/>), pero no se registra un trabajo regular en sus actualizaciones.

La Junta también cuenta con herramientas de catastro SIG para los canales bajo su jurisdicción (<http://rioillapel.cl/modelacion-de-canales/>); además cuenta con monitoreo telemétrico para algunos de sus canales.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre su presupuesto es escasa, por lo que no es posible realizar un diagnóstico.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRIA registra instancias de participación en actividades colectivas de gestión hídrica, entre las que se encuentra la “Comisión de Sequía de la Provincia del Choapa, 2019”, la cual se formó como una instancia de comunicación colectiva con autoridades públicas, respecto a la situación hídrica de la provincia del Choapa. También se observa la iniciativa de la Junta por conformar una “Mesa de Gestión Hídrica Integrada para el Río Illapel”, con el objetivo de integrar políticas, programas y proyectos relacionados ya existentes, para finalmente desarrollar planes de gestión en la cuenca.

c) Junta de Vigilancia del Río Chalinga y sus Afluentes (JVRCH)

De acuerdo a la información pública registrada en RPOU (2020), existen 52 usuarios en la Junta que comprenden usuarios individuales y OUAs; además, de acuerdo al programa “Transferencia para mejorar la gestión del recurso hídrico en río Chalinga” (CNR, 2019a), existen 34 Comunidades de Aguas. Su constitución y estatutos fueron aprobados mediante la Resolución Exenta DGA N° 1.574 el 18 de julio de 1995.

Organizacionalmente solo fue posible identificar el presidente actual, debido a que no existe registro fácilmente accesible a la organización de la junta.

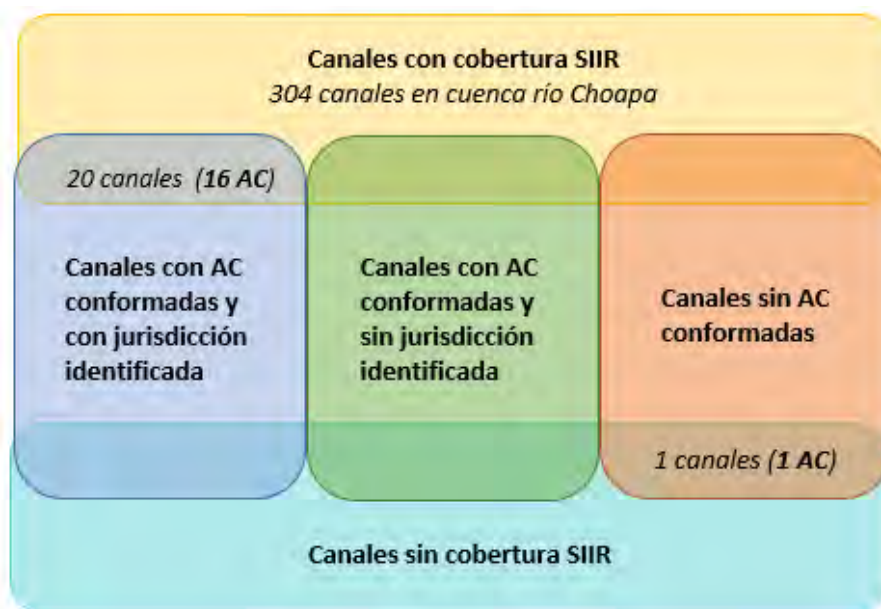
Administrativamente, se considera una organización dinámica, la cual cuenta con estatutos, reglas de operación y un registro de comuneros actualizado; se caracteriza por ser proactiva en relación a la generación de propuestas y proyectos para mejorar infraestructura; además posee la capacidad de tomar iniciativas para fortalecer la gestión y proyección de la organización. A pesar de esto, no se pudo identificar herramientas de difusión de información (ej.; páginas web; redes sociales); sí se encontró una página Facebook ([es-la.facebook.com/](https://www.facebook.com/es-la.facebook.com/)), la cual fue utilizada durante el programa de transferencia mencionado anteriormente (CNR, 2019a), sin embargo, no se observan actualizaciones regulares sobre las actividades de la Junta. Tampoco fue posible registrar la existencia de herramientas de monitoreo: telemetría; SIGs; modelos de operación.

En cuanto a aspectos económicos, la información pública disponible sobre su presupuesto es escasa, por lo que no es posible realizar un diagnóstico.

En temas relacionados a gobernanza, la JVRCH registra instancias de participación en actividades colectivas de gestión hídrica, entre las que se encuentra la “Comisión de Sequía de la Provincia del Choapa, 2019”, la cual se formó como una instancia de comunicación colectiva con autoridades públicas, respecto a la situación hídrica de la provincia del Choapa.

d) Asociaciones de Canalistas

A partir del estudio de diagnóstico de las OUA (DGA, 2018a), se lograron identificar 304 canales en la cuenca. De la totalidad de canales registrados en la cuenca, a 20 canales se les asignó una AC conformada y con jurisdicción identificada. (Figura 2.6-3).



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

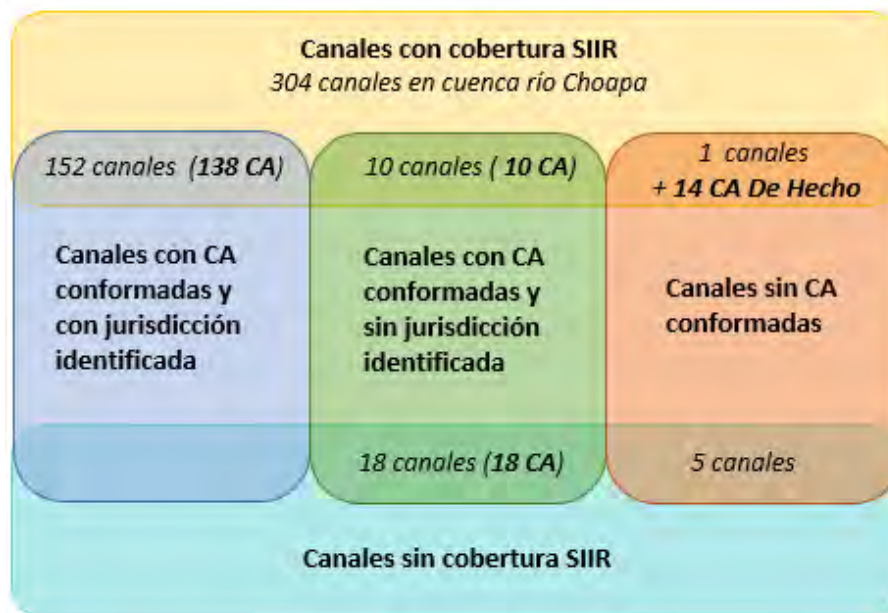
Figura 2.6-3 Número de canales especializados (SIIR) vinculados a Asociaciones de Canalistas en la cuenca del río Choapa

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, no es posible realizar un análisis de sus capacidades actuales como asociaciones, sin embargo, es posible encontrar análisis de sus funciones incorporadas en programas de transferencias desarrolladas para comunidades de agua (sección v)

e) Comunidades de Aguas Superficiales

Como se mencionó en el acápite anterior, de acuerdo al estudio DGA (2018a), se lograron identificar 304 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 152 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 en la cuenca del río Choapa

Con respecto a la estructura organizacional, al igual que las AC, 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, en programas de transferencia como el realizado por la JVRCH (CNR, 2019a), presenta a las comunidades de agua como organizaciones con características principalmente básicas, es decir, comunidades que distribuyen las aguas conducidas por el canal matriz y se preocupan de la mantención del canal, pero no cuentan con un presupuesto y rara vez se preocupan de mejorar el sistema de riego que administran. Por el contrario, en el “Programa de transferencia tecnológica para mejorar gestión de recurso hídrico en Choapa Bajo” (CNR, 2019a), las comunidades se describen como organizaciones con mayor desarrollo y autonomía en sus trayectorias, donde existen propósitos claros y sus integrantes se identifican y contribuyen con su organización. Las descripciones presentadas anteriormente, demuestran que las capacidades de gestión de las comunidades se relacionan directamente con el nivel de desarrollo organizacional de las Juntas a las que pertenecen.

ii. Comunidades de Aguas Subterráneas

No existen comunidades de aguas subterráneas en la cuenca del río Choapa.

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 Lecciones 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 Choapa en cada dimensión. Específicamente, en el Anexo J.4.4, se detalla una descripción de la gobernanza hídrica enfocada en los casos 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 Choapa:

- *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 Choapa, también incluye a otras cuencas de la región (cuenca río Limarí, 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. Asimismo, la Mesa Acuerdo de Salamanca, es pertinente para un pequeño sector de la cuenca, por lo que las iniciativas generadas en dicha instancia, no serán estratégicas para la cuenca si no se articulan con otras instancias.
- *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 Choapa, 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 (2015), 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 Choapa:

- *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 información¹⁰, 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 Choapa, existen diversas plataformas de información desarrolladas por el Laboratorio PROMMRA de la Universidad de La Serena; también cuenta con el Sistema Automático de Telemetría Hidrométrica (SATH) administrado por la Junta de Vigilancia del río Choapa, sin embargo, no cuenta con información “en tiempo real” y disponible para la totalidad de la cuenca. 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

¹⁰ Senate Bill x7-6 (2009), sobre colaboración para el monitoreo entre agencias locales y Departamento de Recurso Hídricos de California.

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 Choapa:

- *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 Aguas¹¹, 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 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 OUAs. 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 Choapa, 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

¹¹ California Water Code §10723 et seq.

del río Choapa 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 acápite 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 (148 CA) y/o Asociación de Canalistas (16 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 Choapa 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 OUA 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 Choapa, y respecto a la disponibilidad de información de los DAA. Finalmente, se sintetizan las principales brechas de información identificadas en la cuenca de Choapa 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 Choapa:

- 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 Choapa, son inexistentes actualmente; este hecho supone una falta de información de los actores que explotan el recurso hídrico subterráneo. El modelo hidrológico desarrollado durante este estudio, permitirá identificar aquellos SHAC en donde el balance entre oferta y demanda ejerza mayor presión sobre los acuíferos, pudiendo servir como base para establecer los sectores prioritarios para promover la conformación de Comunidades de Agua Subterránea.

2.6.4.2 Estado de información sobre DAA

Sobre la información disponible de DAA en la cuenca del río Choapa, 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)¹² 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.

¹² 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 Organizaciones de Usuarios de Agua.

Tabla 2.6-12 DAA con características esenciales de perfeccionamiento faltantes¹³

Tipo de solicitud	N° DAA
Subterránea	6
Coordenada	6
Caudal	0
Tipo de Derecho	0
Ejercicio del Derecho	0
Superficial	35
Coordenada	35
Caudal	0
Tipo de Derecho	0
Ejercicio del Derecho	0
Total	41

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

En cuanto a las transacciones de DAA realizadas en el mercado de agua en la cuenca del río Choapa, se identifican falencias en el registro de sus elementos esenciales para un seguimiento óptimo de la mutación del dominio. A continuación, en 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	85	1	-	2	12
Superficial	2.110	26	-	72	40
No indica	209	5	-	8	14
Total	2.404	3	0	44	52

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

En la Tabla 2.6-13 se puede observar que en la cuenca se han realizado 209 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.

¹³ Los DAA de empresas sanitarias identificados por SISS (Anexo J.7.1), no cuentan con información del tipo de derecho ni ejercicio del derecho. (21 DAA subterráneas y 4 DAA superficiales).

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:

- i) LA JVRCA cuenta con el Sistema Automático de Telemetría Hidrométrica (SATH), el cual constituye una red integrada de puntos de medición telemétrica que recoge información en línea de diversas instituciones. Permite la obtención y tratamiento de datos históricos y en tiempo real de caudales circulantes, variables meteorológicas y de calidad de agua, en el área jurisdiccional de la JVRCA.¹⁴.
- ii) 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 de modelación de canales¹⁵; Plataforma Pronóstico de Caudales de Cabecera (PROQ) y Plataforma de Monitoreo de Uso de Suelo Agrícola (PROMUS).
- iii) Red Hidrométrica DGA (Tabla 2.4-8). En las reuniones PAC, diversos actores expresaron la necesidad mejorar las estaciones de monitoreo fluviométrico, como la estación de Choapa en Canela.
- iv) Cabe señalar que en el marco del Monitoreo de Extracciones Efectivas (MEE) de la DGA se podría tener mayor detalle de las extracciones superficiales¹⁶ y subterráneas¹⁷ 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 Choapa 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

¹⁴ Ver plataforma <en línea> en el link: <http://sathchoapa.cl/>, visitado por última vez el 9 de octubre de 2020.

¹⁵ Proyecto FIC-R, Coquimbo (2016) "Planificación de la Inversión en Revestimientos Hídricos", ejecutado por el Laboratorio PROMMRA de La Universidad de La Serena.

¹⁶ Resolución DGA N° 53 "APRUEBA REGLAMENTO DE MONITOREO DE EXTRACCIONES EFECTIVAS DE AGUAS SUPERFICIALES", del 03 de abril de 2020

¹⁷ 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

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 acápite 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 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 Choapa **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 Demografía

3.1.1.1 Población actual y proyección demográfica

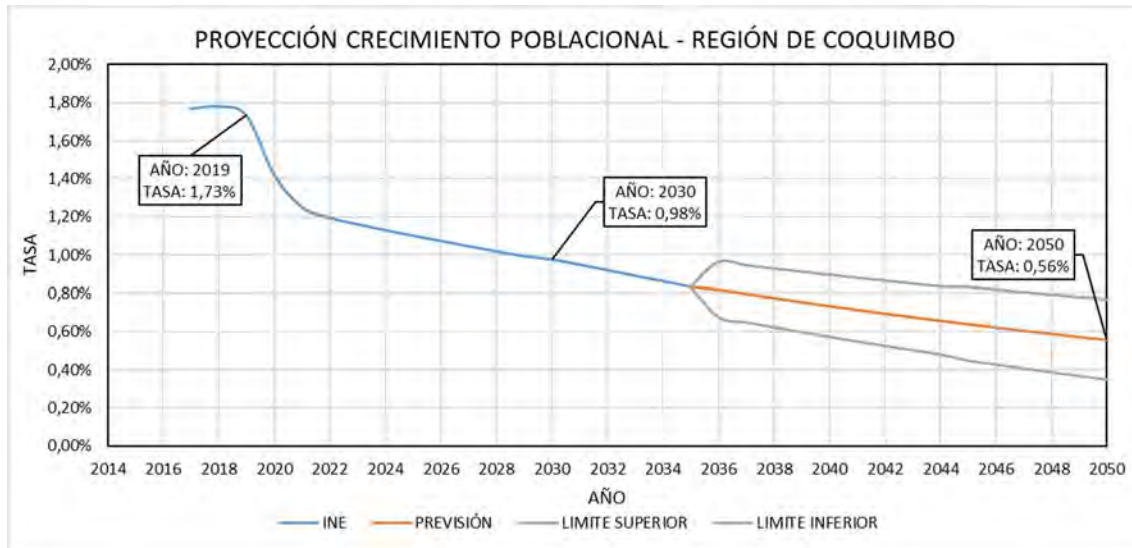
De acuerdo a la información del “Censo Poblacional y Vivienda” del año 2017 (INE, 2018), la población que habita en la cuenca del río Choapa alcanza los 67.811 habitantes, cuya distribución territorial se presenta en la Tabla 3.1-1. Se observa que la comuna de Illapel concentra la mayor cantidad de habitantes en zona urbana al interior de la cuenca (el 68% del total comunal), mientras que en la comuna de Salamanca se encuentra la mayor población habitante en zona rural (43% del total comunal).

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

Cuenca	Comunas	Población (n° habitantes)			Densidad de población (n° hab./km ²)
		Total	Urbana	Rural	
Río Choapa	Illapel	30.848	21.052	9.796	11,74
	Canela	7.616	1.960	5.656	4,14
	Salamanca	29.347	16.803	12.544	8,52
	Total	67.811	39.815	27.996	8,68

Fuente: Elaboración propia basada INE (2018).

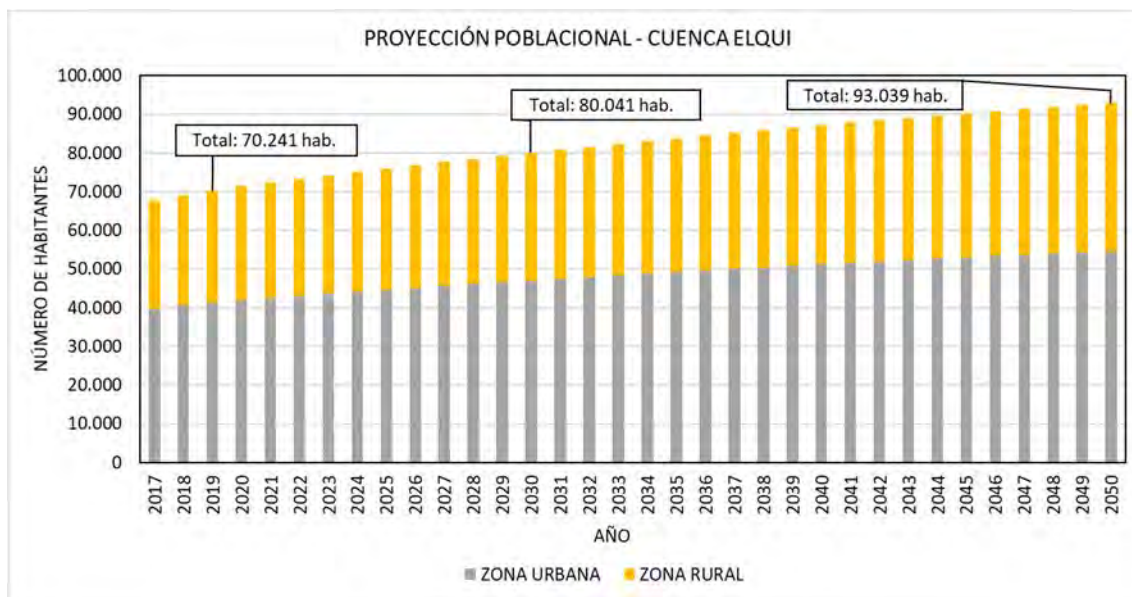
Considerando la información recopilada por el censo (INE, 2018), durante el periodo 2002-2017, la región de Coquimbo experimentó un crecimiento poblacional promedio del 1,56%, inferior al 1,79% estimado en el periodo 1992-2002 y mayor al 1,11% actual a nivel nacional. En la Figura 3.1-1, se puede observar 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 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, lo 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.



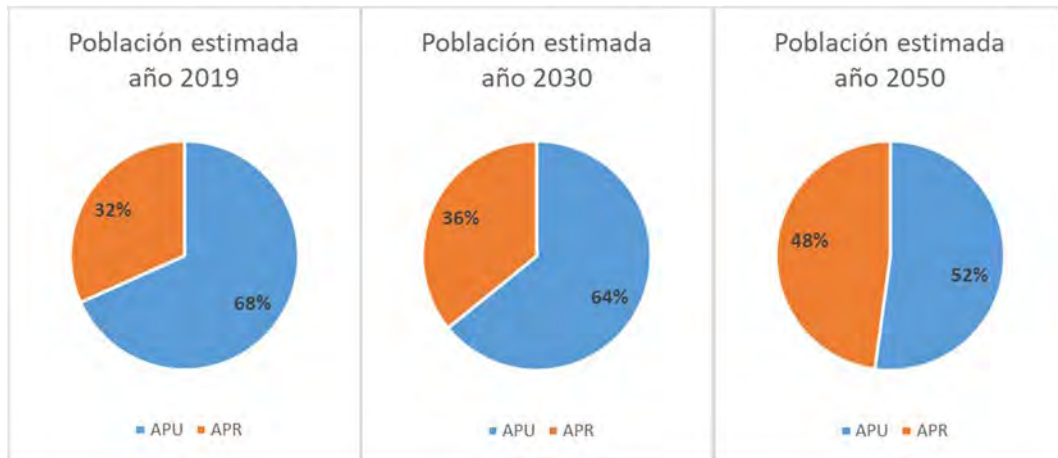
Fuente: Elaboración propia basada INE (2018).

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

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

3.1.1.2 Abastecimiento de agua potable de la población

En términos generales, la población urbana se abastece de agua potable desde la red de distribución de una empresa sanitaria (Aguas del Valle), mientras que la población rural lo hace mediante los sistemas de APR, actualmente llamados “Servicios Sanitarios Rurales”. La distribución de la población, según la estimación de la población actual (año 2019) y sus proyecciones (años 2030 y 2050), según su fuente de abastecimiento, se muestra en la Figura 3.1-3.



Nota: APU: Agua Potable Urbana; APR: Agua Potable Rural.

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018) y DGA-DOH (2019).

Figura 3.1-3 Distribución de la población según abastecimiento de agua potable, años 2019, 2030 y 2050

El porcentaje de población abastecida desde sistemas APR podría decrecer bajo el supuesto en que el territorio operacional de la empresa sanitaria existente se ampliara hasta APR con mayor población, considerando que 4 APR de la cuenca superarían los 3.000 habitantes el año 2050.

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 Choapa 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
Canela Alta	75.732	86.726	98.770
Canela Baja	126.089	131.112	149.954
Illapel	1.439.033	1.379.880	1.587.480
Salamanca	1.028.491	744.453	864.218
Total	2.669.345	2.342.170	2.700.422

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
Canela Alta	31%
Canela Baja	20%
Illapel	28%
Salamanca	35%
Promedio	29%

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

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
Illapel	6.191	7.890	13.127
Canela	2.657	3.205	4.700
Salamanca	13.416	16.443	24.632
Total	22.264	27.538	42.459

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

3.1.3.2 Demanda APR

Se identificaron 44 localidades al interior de la cuenca del río Choapa 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 localidad

Comuna	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Illapel	637.132	809.696	1.338.409
Canela	275.836	333.636	492.235
Salamanca	1.335.015	1.629.648	2.421.102
Total	2.247.983	2.772.979	4.251.747

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

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

SHAC	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Canela	88.951	121.319	224.413
Chalinga	169.613	189.232	230.899
Choapa Bajo	224.599	254.395	319.165
Choapa Medio	756.336	926.729	1.400.672
Choapa Alto	715.965	901.232	1.428.006
Illapel	249.564	332.150	590.118
Río Choapa 1° Sección	42.953	47.922	58.474
Total	2.247.983	2.772.979	4.251.747

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 6.1.2.1ii 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. De acuerdo a lo informado por DOH en (DGA-DOH, 2019), se presenta el porcentaje de pérdida de cada APR en detalle en el Anexo J.6.2. En la Tabla 3.1-7 se resume el promedio de pérdidas por comuna.

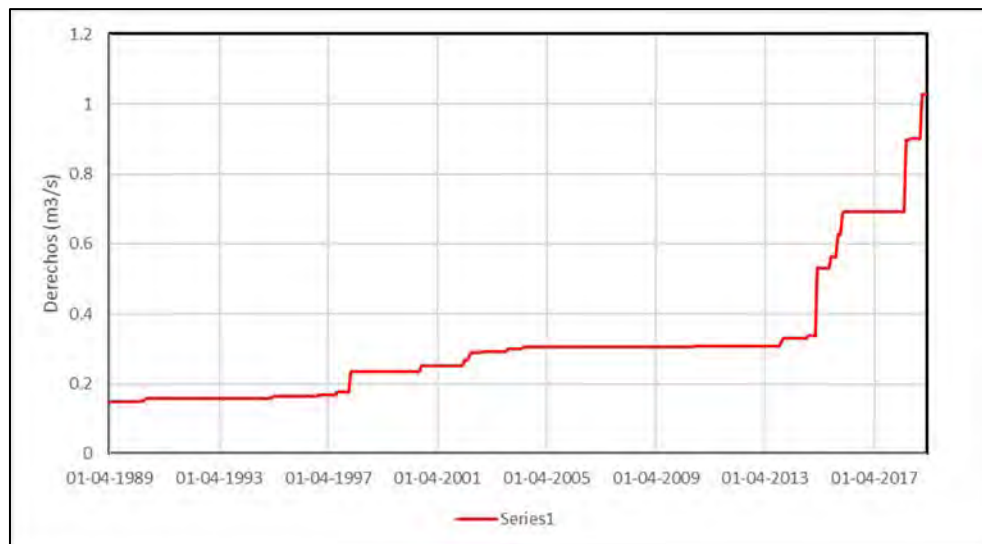
Tabla 3.1-7 Promedio de pérdidas por comuna

Comuna	Pérdidas
Illapel	30%
Canela	31%
Salamanca	28%
Promedio	30%

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

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 3.1-4 los que indican ser para uso humano, expresados en m³/s. El valor a 2019 es de 1,03 m³/s.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1-4 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 Choapa 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 Choapa" (SP2-027) y a "Las Salinas de Huentelauquén" (RAM-013), ambas en la subcuenca Río Choapa Bajo; 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 Choapa aguas arriba Estero Canela"

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
12,05	4,27	3,13	5,13	9,07	17,92	21,21	18,90	17,27	28,38	52,25	36,85	20,18

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 Choapa aguas arriba Estero Canela”

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 (acápite 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-6 Sustentabilidad.

Tabla 3.2-2 Caudales ecológicos para las cuencas analizadas

Cuenca	Q ecológico (m³/s)
Río Illapel	0,48
Estero La Canela	0,06
Río Choapa	1,57

Fuente: Elaboración propia.

3.3 DEMANDA AGRÍCOLA

La demanda agrícola se representa en el modelo superficial WEAP a través de unidades hidrológicas (Catchments), bajo la metodología *Rainfall Runoff (simplified coefficient method)*, donde los parámetros de entrada corresponden a Kc, ETO, Pp y eficiencia de riego. A continuación, se presenta en detalle la estructura de modelación de las zonas de riego.

Es importante mencionar que la información detallada de este tipo de demanda se encuentra en el Apéndice H-9. Entre otros aspectos importantes, cabe destacar que valores de eficiencia, por ejemplo, en canales, fueron tomados del estudio “Análisis para el Desarrollo de un Plan de GIRH en la cuenca el Choapa”, DGA-Rodhos (2017), donde además se comenta el alto nivel de pérdidas que experimenta el sistema de conducción de agua para regadío en la cuenca.

3.3.1 Zonas de riego modeladas

En la Tabla 3.3-1 se presentan las zonas de riego modeladas en WEAP.

Tabla 3.3-1 Zonas de riego modeladas en WEAP

Código WEAP	Área Potencial (ha)	Sector
ZR_01	173,1	Río Valle o Estero Almendrillo
ZR_02	360,5	Batuco, Río Choapa arriba de confluencia Choapa-Cuncumén
ZR_03	562,2	Cuncumén
ZR_04	585,4	Tranquilla, Río Choapa abajo de Cuncumén
ZR_050	820,2	Chillepín, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_051	449,6	Coirón, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_052	86,0	Quelén, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_06	337,4	Estero Quelén
ZR_07	206,0	Llimpo, abajo de Estero Quelén
ZR_08	1.470,5	Higuerilla, Río Choapa abajo de sector Panguecillo
ZR_09	16,9	El Queñe, Río Choapa arriba de Salamanca
ZR_10	430,8	Ciudad Salamanca, Río Choapa
ZR_11	148,8	Zapallar, Río Chalinga arriba San Agustín
ZR_12	410,0	Río Chalinga entre San Agustín y Quebrada Cunlagua
ZR_13	871,6	Río Chalinga entre Quebrada Cunlagua y Río Choapa
ZR_14	1.259,3	El Tambo, Río Choapa abajo de Salamanca
ZR_15	911,8	Estero Camisas
ZR_16	1.488,7	Choapa y Estero Limáhuida
ZR_17	2.144,0	Choapa entre Estero Limáhuida y Río Illapel
ZR_18	203,6	Río Illapel arriba Las Burras
ZR_19	124,0	Río Illapel arriba de Río Carén
ZR_20	167,2	Río Carén
ZR_21	62,7	Río Illapel abajo de Río Carén (área de inundación embalse El Bato)
ZR_22	180,0	Río Illapel arriba de bocatoma Canal Cocinera
ZR_23	480,0	Río Illapel entre Huintil y Cárcamo
ZR_24	1.106,8	Río Illapel entre Quebrada Cárcamo y Estero Aucó
ZR_25	785,1	Ciudad Illapel, Río Illapel
ZR_26	101,4	El Maitén, Río Illapel arriba confluencia con Choapa

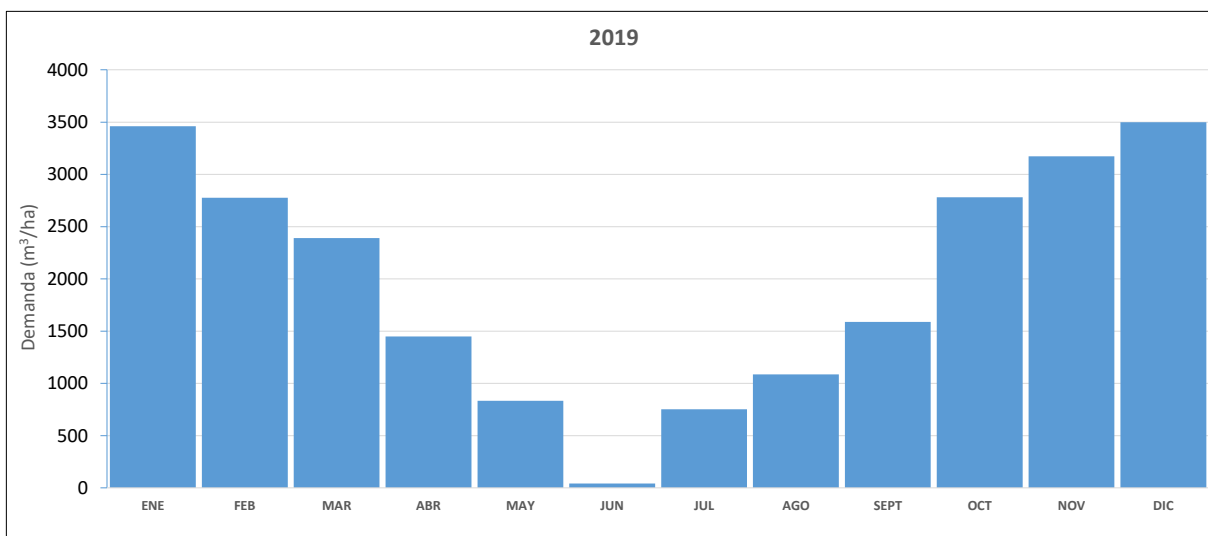
Código WEAP	Área Potencial (ha)	Sector
ZR_27	241,1	Choapa entre Río Illapel y Estero Canela
ZR_28	606,3	Huentelauquén, Río Choapa abajo de Estero Canela
NOZR_CL_050	77,9	Río Choapa entre Bocatoma Corrales y sector confluencia Quelén-Choapa, Chillepín
NOZR_CL_13	82,9	Estero Camisas, parte baja
NOZR_CL_11	72,7	Sector confluencia Río Choapa y Río Chalinga y Río Chalinga abajo Quebrada Cunlagua
NOZR_CL_21	2,2	Río Illapel entre Quebrada Cárcamo y Estero Aucó
NOZR_CL_22	49,7	Río Illapel entre Estero Aucó y El Peral
NOZR_CL_24	1,8	Río Choapa entre Río Illapel y Estero La Canela

Fuente: DGA (2019d).

El total potencial corresponde a 17.078 ha, el cual se asume constante desde 2014 hasta 2050. La distribución en el espacio se presenta en la Figura 3.3-4.

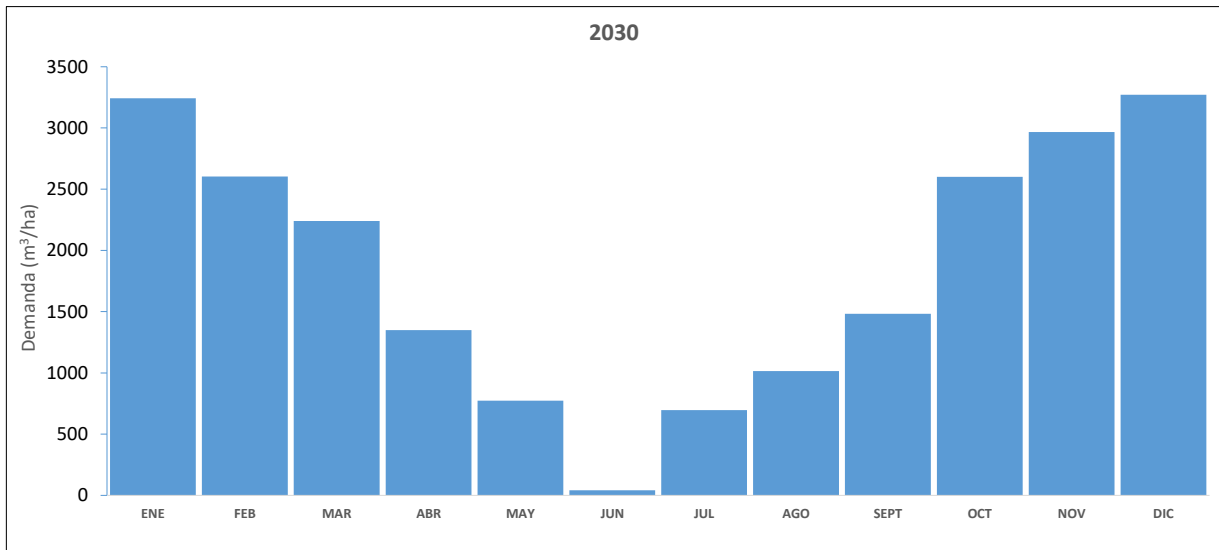
Para las modificaciones en la implementación de las áreas de riego en la actualización del modelo (2019) y las proyecciones a futuro (2030 y 2050) se realizaron cambios en las proporciones en las cuales se encontraba presente los cultivos en cada zona de riego.

En términos de la demanda agrícola mensual para los años 2019, 2030 y 2050, se presentan los resultados obtenidos en la Figura 3.3-1, la Figura 3.3-2 y la Figura 3.3-3:



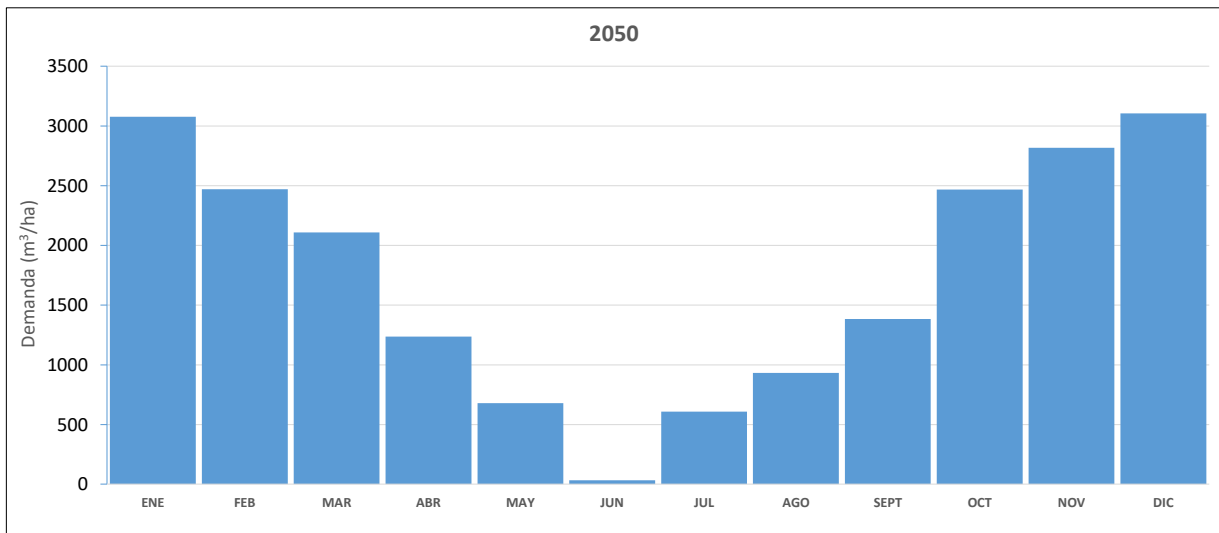
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3-1 Demanda Agrícola año 2019



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3-2 Demanda Agrícola año 2030



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3-3 Demanda Agrícola año 2050

En caso de requerir una revisión más exhaustiva de la información presentada, se recomienda analizar el Anexo J.6.3.

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

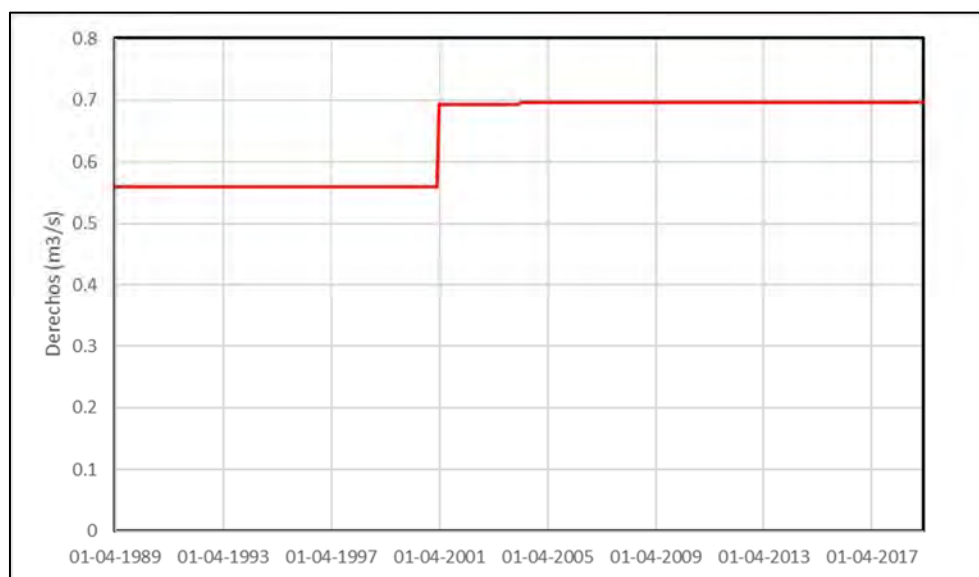
Subcuenca	Demanda hídrica (m ³ /año)		
	2019	2030	2050
Río Choapa Medio (entre Ríos Cuncumén e Illapel)	144.006	123.351	48.546
Río Choapa Alto (hasta abajo junta Río Cuncumén)	21.269.749	19.914.047	13.228.197
Total	42.320.984	37.031.345	34.320.246

Fuente: Elaboración propia.

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. Por lo tanto, la demanda minera presenta una tendencia a la baja, principalmente por el agotamiento del yacimiento.

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 0,70 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 Choapa 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, no existen derechos asociados a este sector productivo en la cuenca.

3.6 OTRAS DEMANDAS

3.6.1 Demanda del sector pecuario

De acuerdo con los Censos Agropecuarios de los años 1997 y 2007 y otras fuentes complementarias (acápite 3.3.2.2.iv del Anexo F) se estimó la demanda actual y futura asociada al sector pecuario. A continuación, en 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	96.041	378.186	552.686
Ovino	44.853	59.602	86.309
Caprino	50.046	85.470	116.922
Avícola	1.240	1.742	2.487
Porcino	10.762	14.304	20.903
Equino	226.824	250.081	315.119
Camélidos	91	136	218
Otros	834	1.226	1.939
Total	430.691	790.747	1.096.583

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
0470	Río Choapa Alto	18.507	6.072	6.463
0471	Río Choapa Medio	182.780	404.388	558.632
0472	Río Illapel	74.197	154.113	232.144
0473	Río Choapa Bajo	155.206	226.174	299.345
047	Río Choapa	430.691	790.747	1.096.583

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, la mayor presión por demanda hídrica de este rubro corresponde a la proyección del sector equino, y espacialmente, en las subcuencas Río Choapa Medio y Río Choapa Bajo. Mayor detalle de la estimación de demanda hídrica actual y su proyección se presenta en el Anexo J.6.4.

3.6.2 Demanda por generación eléctrica

Según la metodología aplicada (Anexo F, acápite 3.3.2.2.vii), en la cuenca del río Choapa no se encontraron instalaciones de generación eléctrica.

3.6.3 Demanda por uso turístico

La cuenca del río Choapa 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

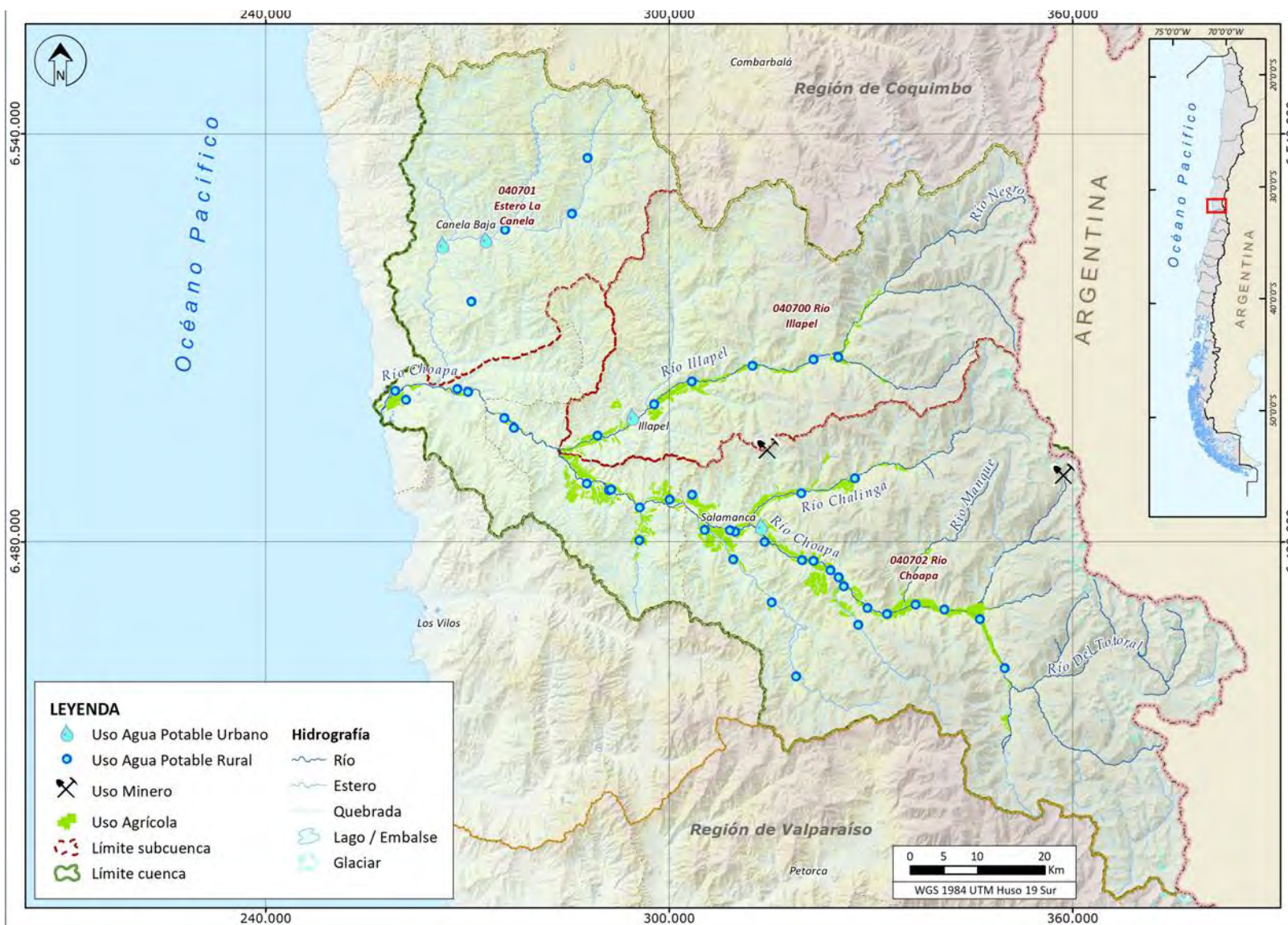
En la Tabla 3.7-1 se presenta un resumen de los valores de demandas consuntivas y no consuntivas por sector económico u otro uso, mientras que en la Figura 3.7-1 se representa la distribución de las demandas en el territorio y la Figura 3.7-2 se grafica el porcentaje de dichos sectores sobre el total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

Tabla 3.7-1 Resumen de demandas de la cuenca del río Choapa

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	2.669.345	0,08	2.342.170	0,07	2.700.422	0,09	-12%	1%
Agua potable rural	2.247.983	0,07	2.772.979	0,09	4.251.747	0,13	23%	89%
Agrícola	407.869.272	12,93	376.175.842	11,93	344.280.536	10,92	-8%	-16%
Pecuario	430.691	0,01	790.747	0,03	1.096.583	0,03	84%	155%
Minería	42.320.984	1,34	37.031.345	1,17	34.320.246	1,09	-12%	-19%
Protección Ambiental (*)	-	20,18	-	20,18	-	20,18	0%	0%

(*) 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 Choapa

Al respecto, cabe destacar que el principal consumo es el referente al riego (89,5%), mientras que la minería representa un 9,3% del total; el agua potable urbano y rural alcanzan en torno a un 1,1%.

Las proyecciones futuras (años 2030 y 2050) muestran una tendencia casi constante del porcentaje de la demanda de riego, del agua potable y la minería, con leves cambios (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 proyectadas (año 2030) de la cuenca del río Choapa



Fuente: Elaboración propia.

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

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 agua potable rural proyectado al año 2050, suponiendo un porcentaje de variación del 89%. 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 Illapel y los Vilos con jurisdicción en las comunas que integran la cuenca, Salamanca, Illapel y Canela.

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).

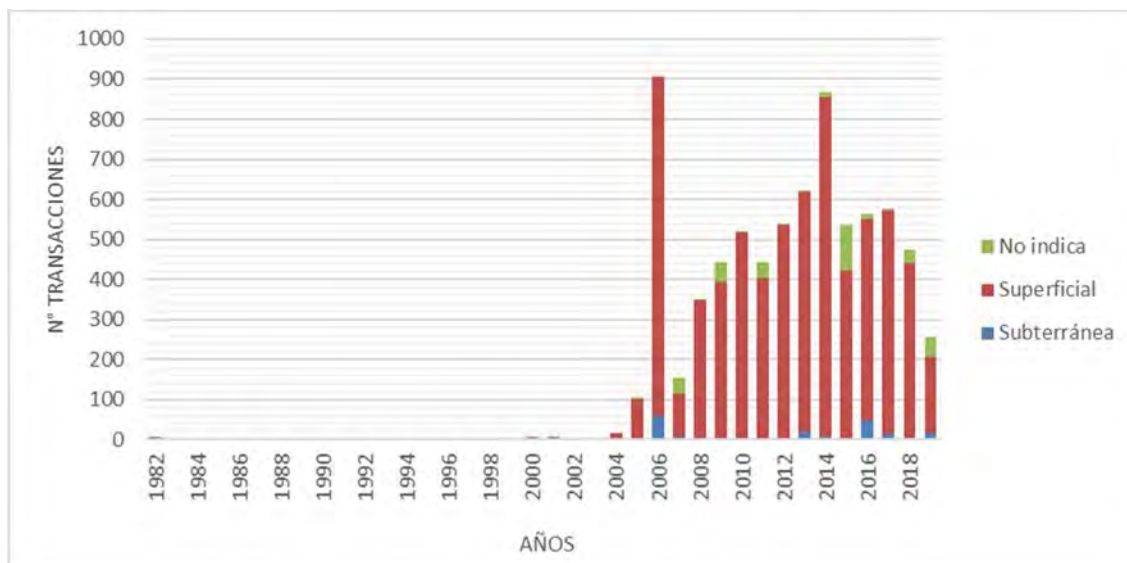
El estado de registro de las características esenciales disponibles para el análisis correspondiente al periodo 1982-2019 se presenta en la Tabla 3.8-1.

Tabla 3.8-1 Transacciones según naturaleza del agua, años 1982-2019

Naturaleza del Agua	N° de Transacciones	Característica no indicada		
		Nombre vendedor	Nombre comprador	N° Transacción con valor de Caudal
Subterránea	188	31	2	3
Superficial	6.854	2.783	136	196
No indica	370	116	2	13
Total	7.412	2.930	140	212

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

El total de transacciones informadas corresponde a 7.412, de las cuales, según la naturaleza del agua, 188 (2,54%) de ellas pertenecen al tipo de fuente subterránea, 6.854 (92,47%) corresponden al tipo de fuente superficial y 370 (4,99%) no indica el tipo de fuente. En la Figura 3.8-1 se observa el total de transacciones de DAA a lo largo del periodo de estudio. Entre 2005 y 2019 se concentra el 99% de las transacciones de DAA en relación al total informado, con un máximo en el año 2006 con 907 transacciones.



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

Figura 3.8-1 Distribución anual del número de DAA transados, periodo 1982-2019

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 información contenida en la base de datos entregada por la DGA y que registra las transacciones informadas por los CBR. Esta base de datos contiene 12.900 transacciones informadas por los CBR de Illapel y Los Vilos durante el periodo del año 1982 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 ha realizado en base a la metodología que la 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.

La Tabla 3.8-2 presenta el resultado del proceso de depuración de la base de datos inicial. Se observa que, de las 12.900 transacciones, 191 (1,5%) 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	12.900
<i>Criterio de depuración</i>	
Compraventa	3.470
Con información de naturaleza	3.350
Con información de tipo de ejercicio	254
Con información de caudal	239
Con información de monto	235
Transacciones sin otros bienes	194
Con información de Mercado (naturaleza y sector)	191
Base de datos depurada	191

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

Cabe indicar que de las transacciones que quedaron fuera de las estimaciones según la depuración descrita, 3.235 (25%) 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	N° Superficial	N° Subterránea	Total
Eventual	2	0	2
Eventual y continuo	10	0	10
Permanente	70	0	70
Permanente y continuo	68	41	109
Total general	150	41	191
Proporción	79%	21%	100%

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

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

La Tabla 3.8-4 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	Sector	Transacciones
Subterránea	Agrícola	3
	Agua potable y Saneamiento	0
	Banca	0
	Inmobiliaria y Construcción	0
	Minería	0
	Otros (Particular y otras empresas)	38
	Subtotal	41
Superficial	Agrícola	4
	Agua potable y Saneamiento	4
	Banca	0
	Inmobiliaria y Construcción	3
	Minería	2
	Otros (Particular y otras empresas)	137
	Subtotal	150
Total	191	

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

La Tabla 3.8-5 y Tabla 3.8-6 presentan los resultados obtenidos para las unidades de mercado “aguas subterráneas” y “aguas superficiales”.

Aguas Subterráneas

Para la unidad de mercado de aguas subterráneas, no se encontraron valores atípicos. Con esto, se obtiene una media y mediana por caudal de 145 UF/l/s y 73 UF/l/s, respectivamente (Tabla 3.8-5).

Tabla 3.8-5 Resultados valor de aguas subterráneas

Transacciones	41
Transacciones atípicas	0
Media (UF/l/s)	145
Mediana (UF/l/s)	73

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

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/l/s y 77 UF/l/s, respectivamente (Tabla 3.8-6).

Tabla 3.8-6 Resultados valor de aguas superficiales

Transacciones	150
Transacciones atípicas	2
Media (UF/l/s)	113
Mediana (UF/l/s)	77

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

Con respecto a las unidades de mercado sector económico, no se ha podido realizar una estimación de precios debido a que no se cuenta con un número mínimo de transacciones que permita una estimación robusta y representativa del mercado. Cabe mencionar que se ha considera un mínimo de 10 transacciones para el análisis conforme a la metodología descrita en el estudio “Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile”, SIT N.º 438, diciembre 2018.

En el 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 Choapa, 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 Choapa nace en la cordillera de Los Andes, a 1.000 m s.n.m., y se forma por la confluencia de los tributarios Totoral, Leiva y del Valle. Aguas abajo y aún dentro de la cordillera, el río Choapa recibe como afluentes los ríos Cuncumén y Chalinga. El río Choapa desemboca al mar junto a la Caleta de Huentelauquén, a unos 140 km desde su nacimiento (DGA, 2004).

El estero Camisas es el principal aportante del curso medio del Choapa por el S, el cual sufre severos estiajes, y sobre el que se encuentra el embalse Corrales, con una capacidad útil de 50 millones de m³. Este tiene la particularidad de haber sido construido en este valle lateral para no inundar las tierras fértiles del valle del Choapa, alimentándose con recursos del río Choapa a través de un canal con bocatoma a 5 km aguas arriba de la localidad de Coirón y devolviendo las aguas al valle a través de un canal matriz 10 km aguas arriba de la ciudad de Salamanca, conocido como Sistema Choapa – Corrales.

En su curso medio recibe un afluente importante: el río Illapel, que le entrega sus aguas por el N, el cual drena una extensión de 2.035 km² con un desarrollo de 85 km hasta su junta con el río Choapa. Este curso de agua está regulado por el embalse El Bato, de 25,5 millones de m³ de capacidad útil.

El régimen del río Choapa es principalmente nival, ya que la mayoría de las estaciones fluviométricas de esta cuenca presenta una marcada influencia nival, salvo la estación ubicada en el estero Camisas, la cual tiene un régimen claramente pluvial (DGA, 2004). A modo de ejemplo, en la Tabla 4.1-1 se presentan los valores de caudal en 3 puntos de control de la cuenca según el régimen.

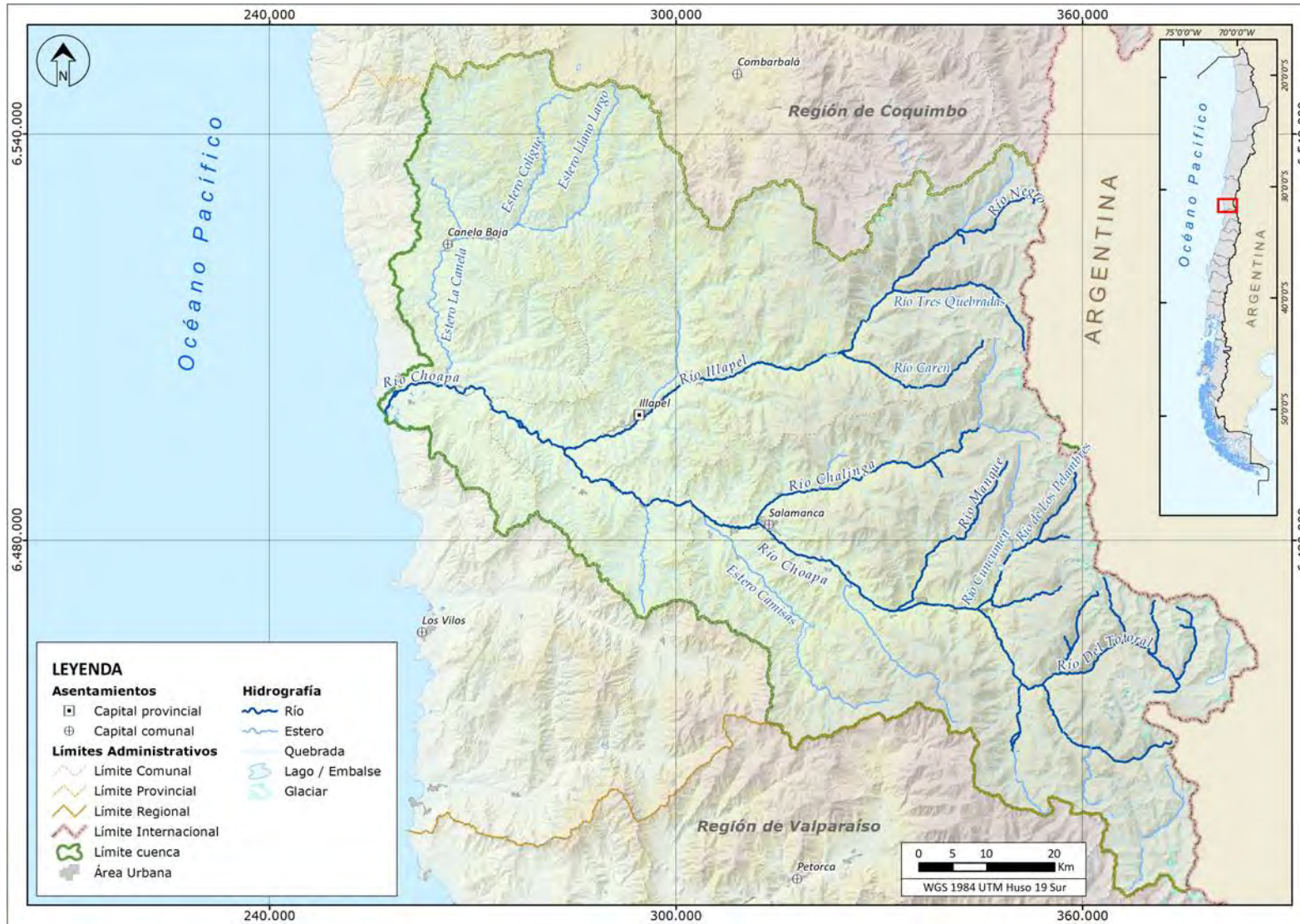
Tabla 4.1-1 Regímenes y caudales promedio histórico en la cuenca del río Choapa

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
4723001-2	Río Illapel en Huintil	2,8	3,5	1,5	2,0	4,0	Nival
4716004-9	Río Choapa en Puente Negro	9,8	10,2	3,3	10,0	15,6	Nivo-Pluvial
4714001-3	Estero Camisas en Desembocadura	1,0	0,7	0,5	2,0	0,9	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 Choapa.



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

Figura 4.1-1 Hidrografía de la cuenca del río Choapa

4.1.1.2 División administrativa

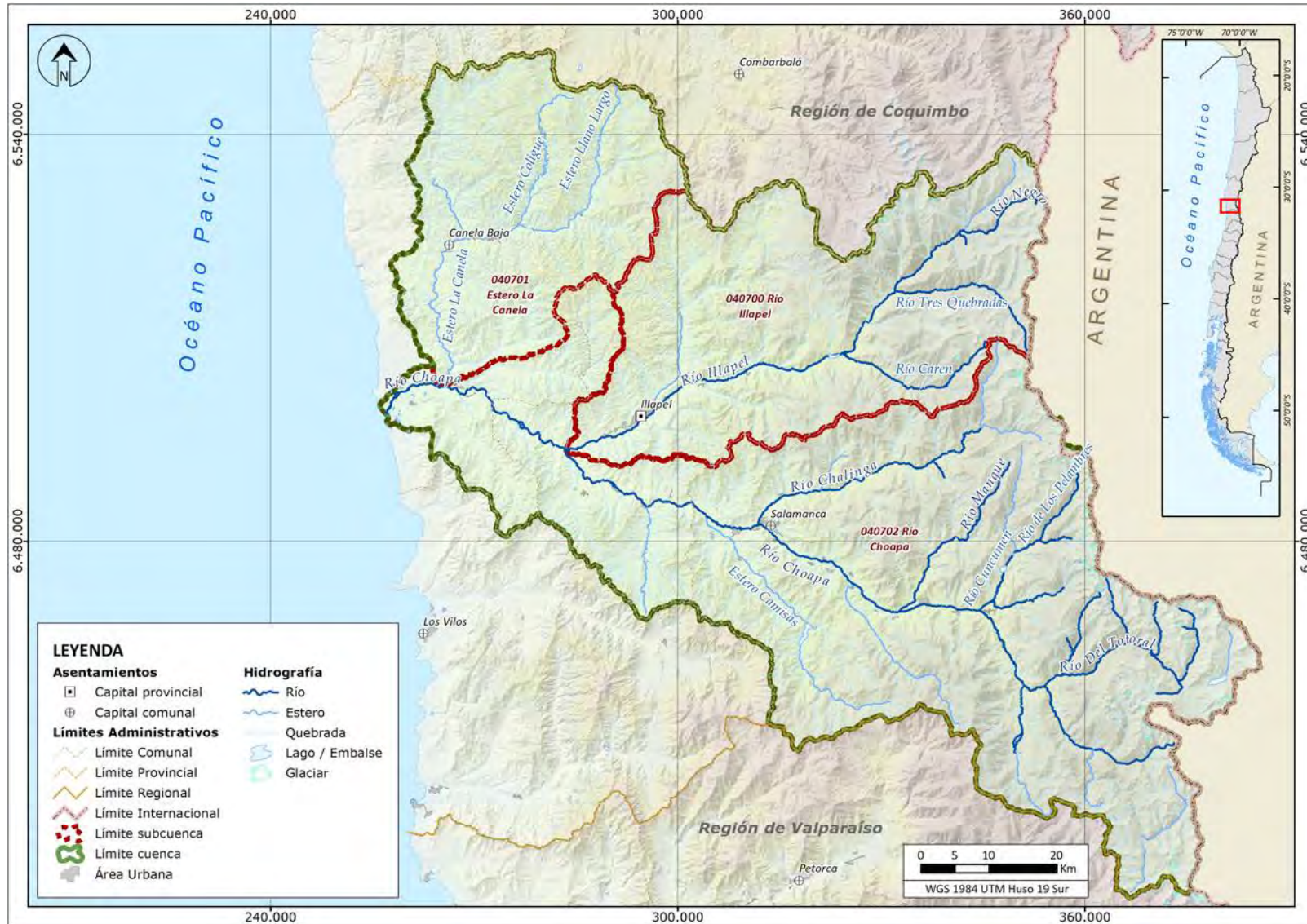
La cuenca del río Choapa tiene una superficie de 7.815 km² y se divide en 3 subcuencas, las cuales se presentan en la Tabla 4.1-2. En la Figura 4.1-2 se presentan la cuenca y las subcuencas del río Choapa.

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

Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Superficie (km²)
0407	Río Choapa	040700	Río Illapel	2.036
		040701	Estero La Canela	1.372
		040702	Río Choapa	4.407

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 (2019c).

Figura 4.1-2 Cuenca y subcuencas del río Choapa

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 Figura 4.1-3 se representan las medidas vigentes de restricción al uso de agua de la cuenca del río Choapa. 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 Choapa.

Tabla 4.1-3 Declaración de agotamiento en la cuenca del río Choapa

Cuenca	Limitación	Res. DGA N°	Fecha Res. DGA
Río Choapa y sus afluentes	Declaración de agotamiento	1432	2004-10-08

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 Choapa 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 y una descripción general, mientras que en la Figura 4.1-3 se muestra su ubicación.

- Reserva Nacional: Las Chinchillas (WDPA-071). La unidad Las Chinchillas está ubicada en la comuna de Illapel. La unidad destaca por la protección de las especies de fauna como la "chinchilla chilena", especie en peligro de extinción, siendo esta reserva el único sitio que la protege. En lo que ha flora se refiere, su vegetación tiene un alto valor fitogeográfico, con presencia importante de dos especies vulnerables como son el guayacán y el carbonillo.
- Santuario de la Naturaleza: Raja de Manquehua – Poza Azul (WDPA-180). El área se encuentra ubicada en la comuna de Salamanca. Este Santuario de la Naturaleza se encuentra dentro del hotspot chileno de biodiversidad, el que es reconocido mundialmente como de importancia global para la conservación de la biodiversidad por contener aproximadamente 1.500 especies endémicas (0,5% del total mundial) y haber perdido al menos el 70% del hábitat original. El área comprende ecosistemas mediterráneos y áridos. Forma parte de una estructura llamada Falla Manquehua, que se extiende por más de 50 km; producto de esta

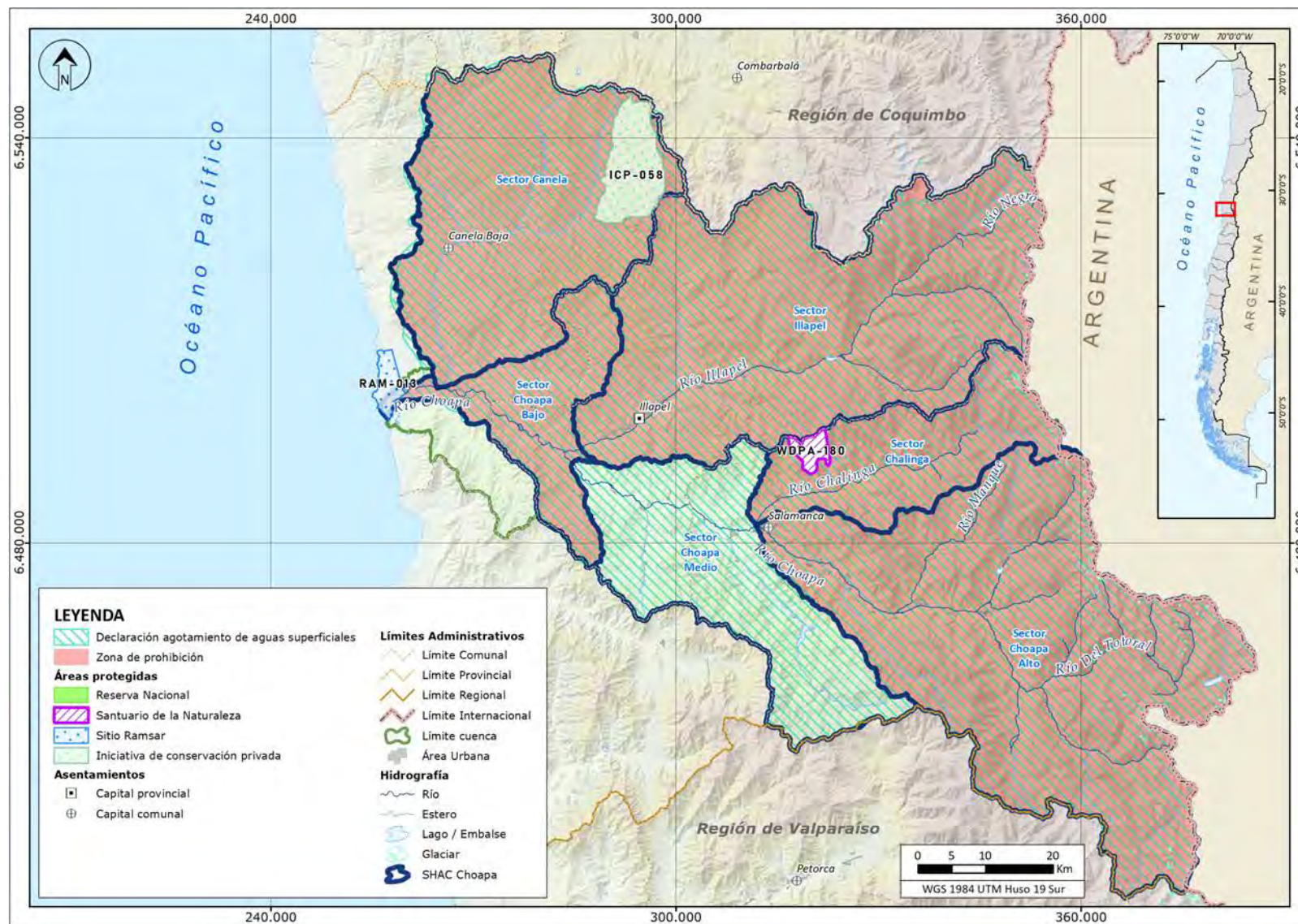
falla se eleva un macizo rocoso de 2.300 metros sobre el nivel del mar, llamado cerro Manquehua, el que es dividido por una enorme fractura o grieta de origen tectónico, conocida como Raja de Manquehua. La Poza Azul es un lugar en donde se conjugan elementos geológicos, hidrológicos y vegetacionales que le otorgan al área un carácter de oasis en el paisaje semidesértico del entorno.

- Sitio Ramsar: Las Salinas de Huentelauquén (LSH) (RAM-013). Las Salinas de Huentelauquén (que incluye el pueblo de Huentelauquén, la matriz agrícola y las áreas naturales), se constituye alrededor del tramo final del cauce del Río Choapa y su extensa laguna estuarina. El sitio abarca los ecosistemas de playas, llanos, dunas y quebradas, junto con varios tipos de humedales del tipo escorrentía y costeros, que configuran un mosaico interconectado de zonas naturales de alta diversidad y escasa representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado de Chile (SNASPE).

En el Anexo J.2 se adjuntan las fichas RNAP (MMA, 2020a) de estas zonas 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 Choapa.



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 Choapa

iv. Decretos de escasez hídrica

En la cuenca del río Choapa, en el periodo 2008-2020, se han declarado un total de 18 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 Choapa:

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

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 en el año 2008, y desde el año 2014 hasta la actualidad.

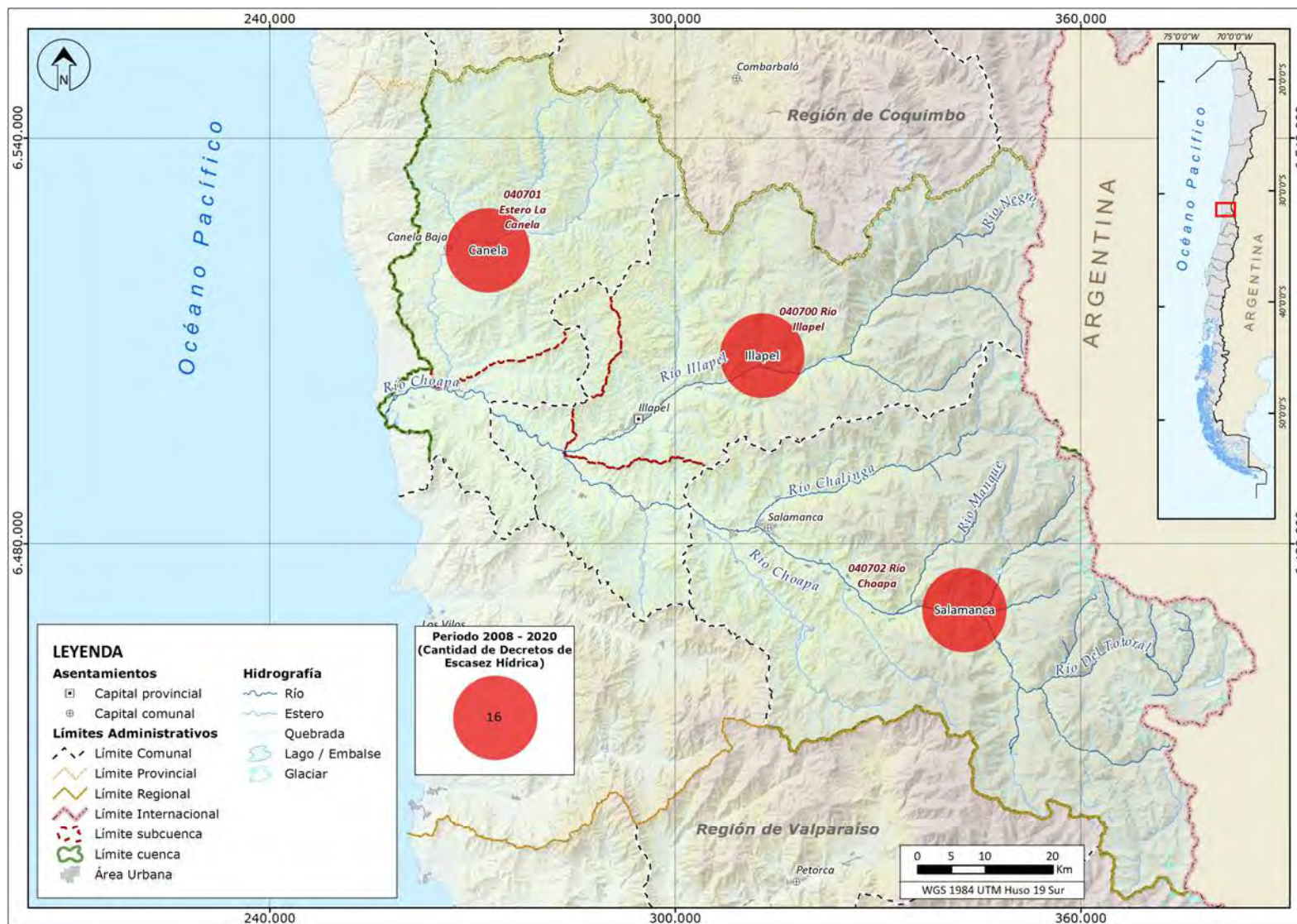
Cuenca	Provincia	Comuna	Decretos de escasez hídrica												
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Río Choapa	Choapa	Canela													
		Illapel													
		Salamanca													

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 Choapa

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



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 acoplado, se presenta en la Tabla 4.1-4 la oferta hídrica considerando las probabilidades de excedencia 50% (Q_{50}) y 85% (Q_{85}) en las estaciones fluviométricas durante el periodo 1989-2019, 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 1989 - 2019

Estación	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{85} (m ³ /s)
Estero Camisas en Desembocadura	0,560	0,310
Río Chalinga en la Palmilla	0,687	0,433
Río Chalinga en San Agustín	1,025	0,580
Río Choapa aguas arriba Estero La Canela	14,427	8,797
Río Choapa en Batuco	6,421	3,785
Río Choapa en Puente Negro	10,912	6,552
Río Choapa en Salamanca	7,701	4,650
Río Cuncumén antes Bocatoma Canales	0,716	0,301
Río Illapel en el Peral	2,892	1,776
Río Illapel en el Huintil	2,598	1,494
Río Illapel en las Burras	2,138	1,242

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Oferta en la fuente proyectada

De acuerdo a los resultados del modelo acoplado en el periodo 2020 - 2050, considerando cambio climático sin demandas ni obras de regulación, se presenta en la Tabla 4.1-5 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 2020 - 2050

Estación	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{85} (m ³ /s)
Estero Camisas en Desembocadura	0,390	0,202
Río Chalinga en la Palmilla	0,547	0,312
Río Chalinga en San Agustín	0,705	0,373
Río Choapa aguas arriba Estero La Canela	11,796	6,226
Río Choapa en Batuco	5,706	3,115
Río Choapa en Puente Negro	9,016	4,726
Río Choapa en Salamanca	6,937	3,612
Río Cuncumén antes Bocatoma Canales	0,570	0,230
Río Illapel en el Peral	2,511	1,325
Río Illapel en el Huintil	2,399	1,250
Río Illapel en las Burras	2,006	1,065

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Calidad actual

La calidad de las aguas en la cuenca, tanto superficiales como subterráneas, 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).

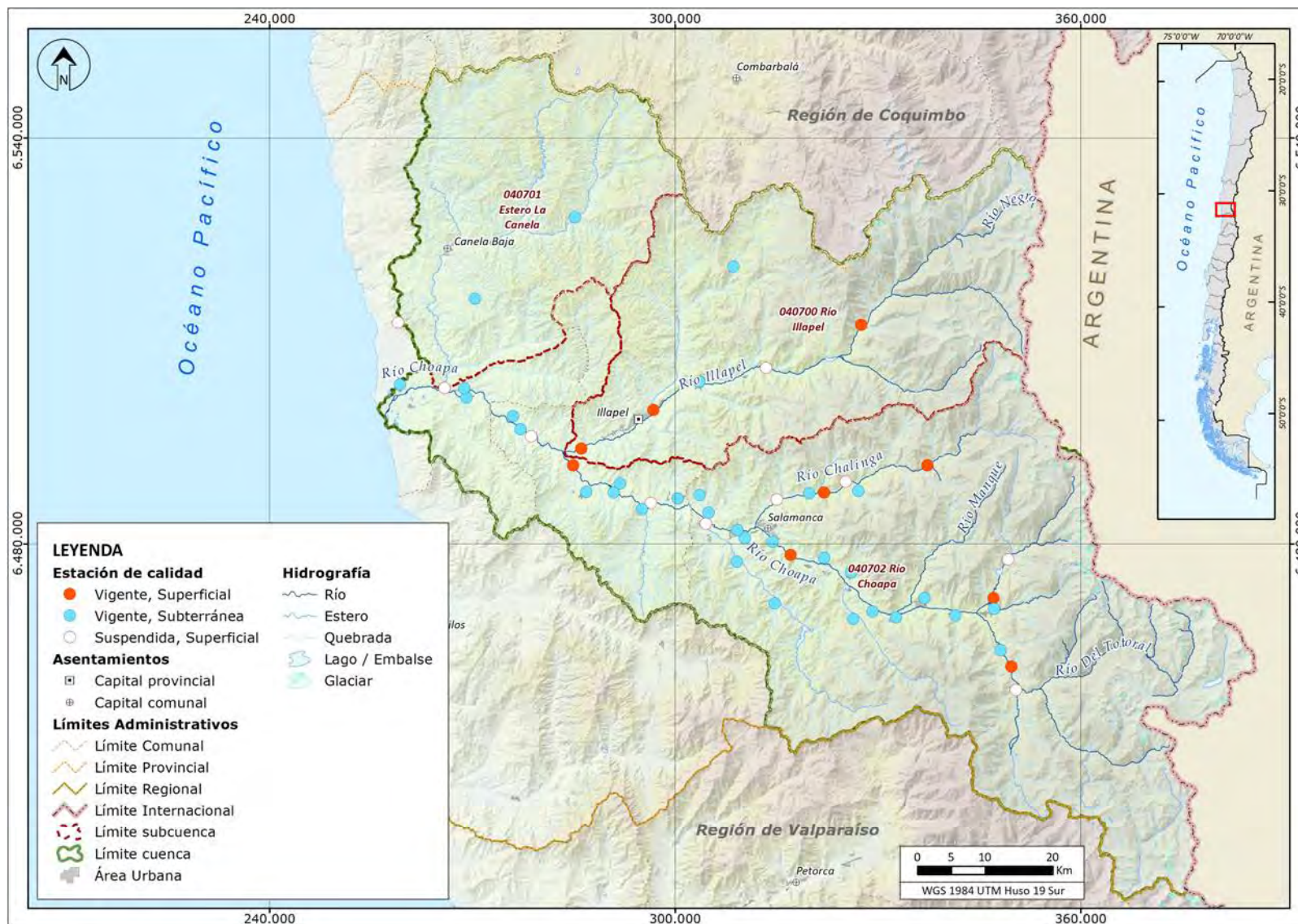
En la Tabla 4.1-6 se presentan las estaciones destinadas a control de calidad de aguas dentro de la cuenca a partir de las cuales se ha realizado dicha caracterización y/o que fueron utilizadas en el diagnóstico del estado de la calidad, indicando detalles sobre su estado, ubicación y el tipo de estación 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 Choapa

Código Subc.	Código BNA	Nombre Estación	Estado medición calidad	Coordenadas		Tipo Estación
				Este 84	Norte 84	
40700	4721001-1	RIO ILLAPEL EN LAS BURRAS	Vigente	327549	6512386	Superficial
	4723001-2	RIO ILLAPEL EN HUINTIL	Suspendida	313467	6506056	Superficial
	4726001-9	RIO ILLAPEL EN EL PERAL	Vigente	286157	6494086	Superficial
	4725001-3	ESTERO AUOCO ANTES DEL RIO ILLAPEL (CA)	Vigente	296810	6499829	Superficial
	4724000-K	POZO MATANCILLA	Vigente	308656	6520996	Subterránea
	4723006-3	APR CÁRCAMO	Vigente	303593	6504021	Subterránea
40702	4702001-8	RIO DEL VALLE ANTES RIO TOTOTAL (CA)	Suspendida	350430	6458415	Superficial
	4703002-1	RIO CHOAPA EN CUNCUMEN	Vigente	349754	6461883	Superficial
	4704001-9	RIO CUNCUMEN ANTES JUNTA CHOAPA (CHACAY)	Vigente	347110	6472007	Superficial
	4704002-7	RIO CUNCUMEN ANTES BOCATOMA DE CANALES	Suspendida	349276	6477736	Superficial
	4711001-7	RIO CHOAPA EN SALAMANCA	Vigente	317085	6478374	Superficial
	4712001-2	RIO CHALINGA EN LA PALMILLA	Vigente	337333	6491612	Superficial
	4713001-8	RIO CHALINGA EN SAN AGUSTIN	Suspendida	325258	6489222	Superficial
	4713003-4	RIO CHALINGA EN CHALINGA	Suspendida	315062	6486580	Superficial
	4713006-9	RIO CHALINGA EN BOCATOMA CANAL CUNLAGUA	Vigente	322067	6487595	Superficial
	4714001-3	ESTERO CAMISAS EN DESEMBOCADURA (CA)	Suspendida	304546	6482997	Superficial
	4716004-4	RIO CHOAPA EN LAMAHUIDA	Suspendida	296405	6486075	Superficial
	4716004-9	RIO CHOAPA EN PUENTE NEGRO	Vigente	284944	6491637	Superficial
	4730002-9	RIO CHOAPA EN DOÑA JUANA (CA)	Suspendida	278733	6495940	Superficial
	4730003-7	RIO CHOAPA EN LA CANELA (CA)	Suspendida	265919	6503054	Superficial
	4735001-8	RIO CHOAPA EN HUENTELAUQUEN (CA)	Suspendida	259020	6512758	Superficial
	4715004-3	POZO LIMAHUIDA	Vigente	295125	6485154	Subterránea
	4715003-5	POZO CHUCHIÑI	Vigente	304929	6484636	Subterránea
	4700003-3	APR BATUCO	Vigente	348191	6464296	Subterránea
	4703004-8	APR CUNCUMÉN	Vigente	347181	6470380	Subterránea
	4710004-6	APR TRANQUILLA	Vigente	341492	6469431	Subterránea
	4710003-8	APR CHILLEPIN	Vigente	336932	6471978	Subterránea
	4711010-6	APR COIRÓN	Vigente	332694	6469107	Subterránea
	4711007-6	APR PUNTA NUEVA	Vigente	329183	6470034	Subterránea
	4711008-4	APR QUELÉN ALTO	Vigente	326337	6468939	Subterránea
	4711006-8	APR LLIMPO	Vigente	326090	6475774	Subterránea
	4711009-2	APR JORQUERA	Vigente	322055	6477954	Subterránea
	4714006-4	APR EL ARRAYÁN	Vigente	314759	6471201	Subterránea
	4723006-3	APR CARCAMO	Vigente	303593	6504021	Subterránea
	4711011-4	APR EL QUEÑE	Vigente	314410	6480314	Subterránea
	4714005-6	APR COLLIGUAY	Vigente	309123	6477383	Subterránea
	4713008-5	APR SAN AGUSTÍN	Vigente	327124	6487805	Subterránea
	4713007-7	APR ARBOLEDA GRANDE	Vigente	319863	6487496	Subterránea
4714008-0	APR EL TAMBO ORIENTE	Vigente	310322	6480825	Subterránea	
4714007-2	APR EL TAMBO	Vigente	309247	6482068	Subterránea	

Código Subc.	Código BNA	Nombre Estación	Estado medición calidad	Coordenadas		Tipo Estación
				Este 84	Norte 84	
	4715006-K	APR CHUCHIÑI	Vigente	303648	6487231	Subterránea
	4715005-1	APR PERALILLO	Vigente	300392	6486737	Subterránea
	4716006-5	APR PINTACURA SUR	Vigente	291816	6488940	Subterránea
	4716008-1	APR LAS CAÑAS 2	Vigente	290947	6487629	Subterránea
	4716007-3	APR LAS CAÑAS	Vigente	286864	6487699	Subterránea
	4730009-6	APR TUNGA SUR	Vigente	277156	6496954	Subterránea
	4730008-8	APR TUNGA NORTE	Vigente	276008	6498871	Subterránea
	4730007-K	APR MINCHA SUR	Vigente	269170	6501617	Subterránea
	4730006-1	APR MINCHA NORTE	Vigente	268849	6502997	Subterránea
	4630000-9	APR HUENTELAUQUÉN NORTE	Vigente	259339	6503551	Subterránea
40701	4734000-4	APR CARAQUIDAÑO	Vigente	270429	6516283	Subterránea
	4732002-K	APR LOS POZOS	Vigente	285210	6528306	Subterránea

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1-6 Estaciones de calidad empleadas en el análisis de calidad de las aguas de la cuenca del Choapa

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 aguas 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 Choapa, analizando sus características por separado. Se ha definido la parte alta de la cuenca del río Choapa como la sección asociada a la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702) aguas arriba de la junta entre el río Choapa y el río Cuncumén, inmersa en la unidad geomorfológica Cordillera andina, donde se presentan las mayores altitudes. La parte media de la cuenca corresponde a la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702) entre las juntas con los ríos Cuncumén e Illapel, incluyendo la subcuenca "Río Illapel" (BNA 040700). Allí se presentan menores cotas, donde se destacan las unidades geomorfológicas Cordones transversales y Llanos de sedimentación fluvial o aluvional. Finalmente, la parte baja de la cuenca corresponde al último tramo de la subcuenca "Río Choapa" hasta su desembocadura, incluyendo además la subcuenca "Estero La Canela" (BNA 040701). Esta zona se caracteriza por cotas bajas, la presencia de las unidades geomorfológicas Llanos de sedimentación fluvial o aluvional y Planicie marina o fluvio-marina, y una mayor influencia del clima árido.

Del análisis realizado se puede observar que la cuenca del río Choapa 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 del río Cuncumén y del estero Auco. En ambos casos la composición de las aguas corresponde al tipo SO_4^{2-} - Ca^{2+} , las cuales también se observan en otras estaciones en la zona alta de la subcuenca "Río Choapa".

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 Choapa, 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, se consideraron los siguientes parámetros:

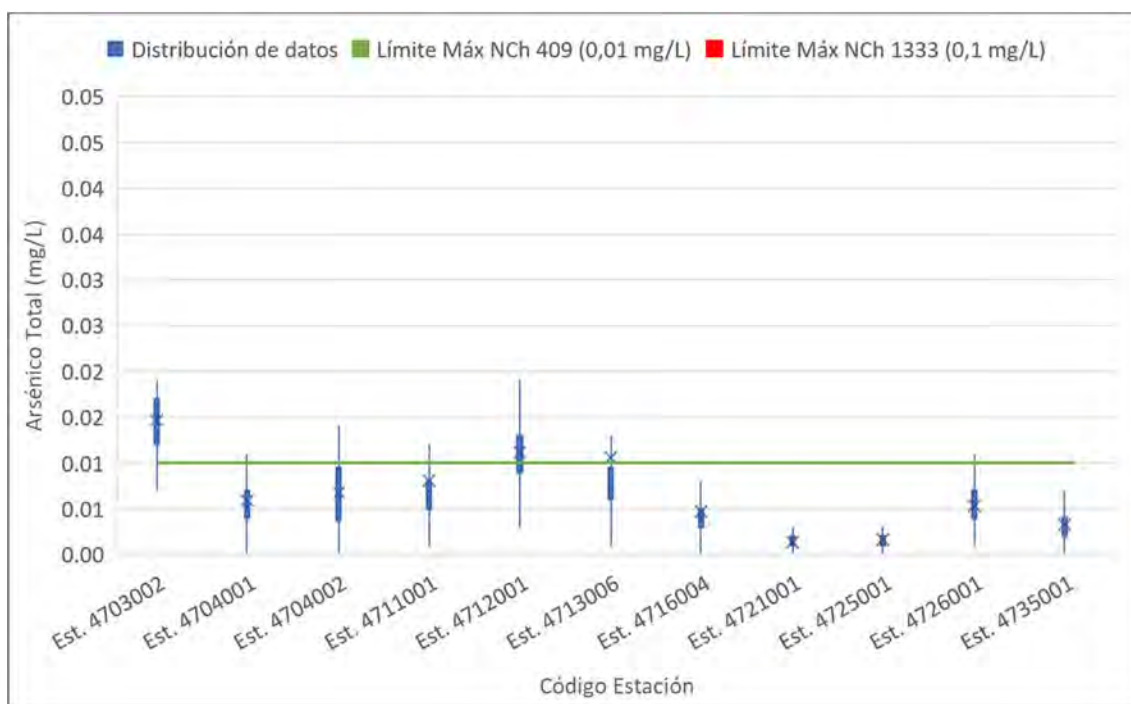
- Metales totales: As, Pb, Cu, Mo, Cr, Hg y Zn.
- Parámetros inorgánicos: Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- .
- Parámetros físico-químicos: pH, CE y SDT.
- Parámetros microbiológicos: Coliformes Totales y *E. coli*

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 referencia¹⁸ (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

En términos generales, las concentraciones de metales en las aguas superficiales se presentan bajo los límites establecidos por las normas, exceptuando al As y al Cu en estaciones puntuales.

El As observado sobrepasa los límites impuestos por la NCh409/05 en las estaciones “Río Chalinga en la Pampilla” (BNA 4712001-2) y “Río Choapa en Cuncumén” (BNA 4703002-1), ambas ubicadas en la subcuenca “Río Choapa”, en la parte media y en la parte alta respectivamente (Figura 4.1-7). Posteriormente estas concentraciones son diluidas por acción de las aguas de los afluentes.



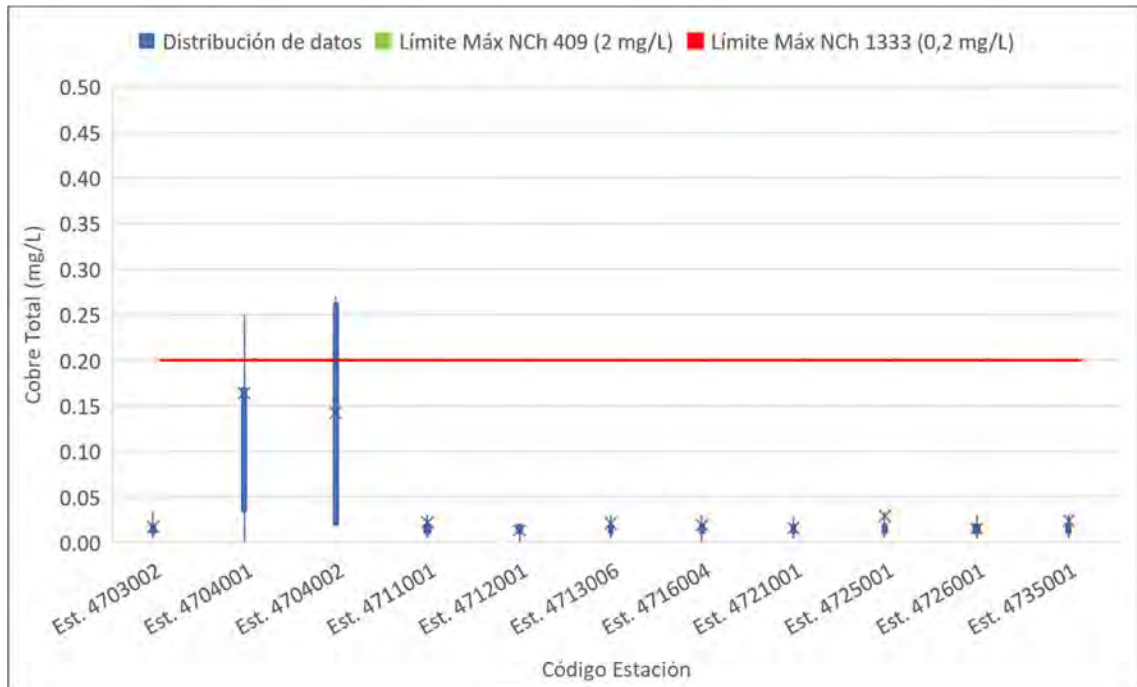
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017a).

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)

En cuanto al Cu, este presenta valores sobre la NCh1333/78 en la estación “Río Cuncumén antes Bocatoma de Canales” (BNA 4704002-7), y al igual que el As, se observa una disolución de sus concentraciones aguas abajo por dilución gracias a los distintos afluentes (Figura 4.1-8).

¹⁸ 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.

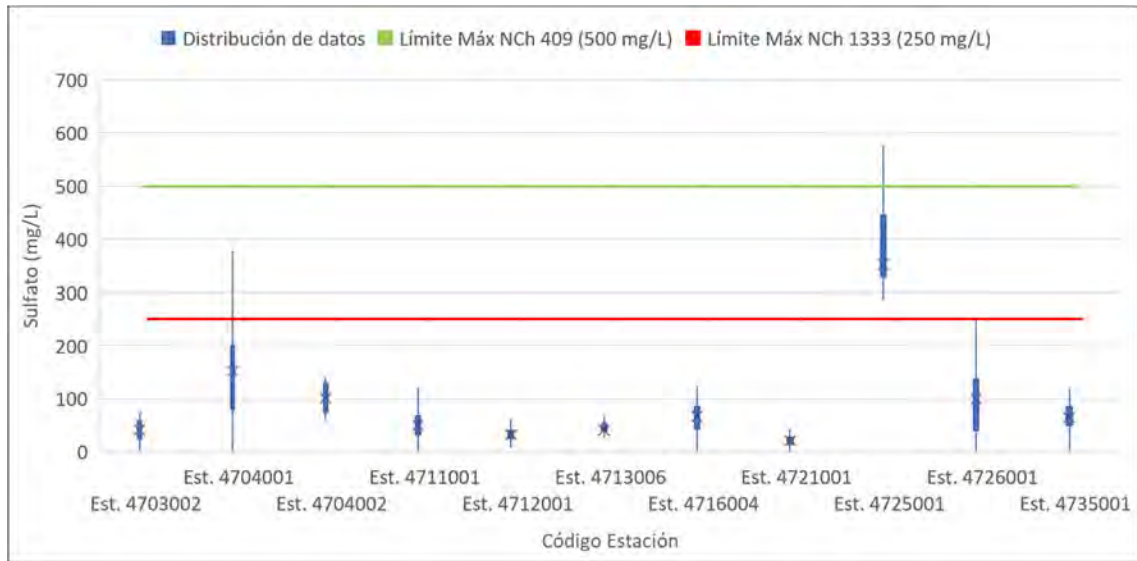
Figura 4.1-8 Gráfico de Cajas – Cu Total (mg/l)

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 parámetros inorgánicos, el Cl⁻ y el NO₃⁻ se presentan siempre por debajo de las normas. Se aprecia un aumento progresivo en la concentración de Cl⁻ a medida que se avanza aguas abajo en la cuenca, mientras que el NO₃⁻ presenta valores constantes.

Por otra parte, la estación “Estero Auco antes del Río Illapel” (BNA 4725001-3), ubicada en la subcuenca “Río Illapel” (BNA 040700), presenta concentración de SO₄²⁻ sobrepasando claramente los límites para aguas de riego, según la NCh1333/78 (Figura 4.1-9). Además, se observa una tendencia poco estable, pero al alza, con concentraciones entre el rango de los 200 mg/l a 600 mg/l mayoritariamente.



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

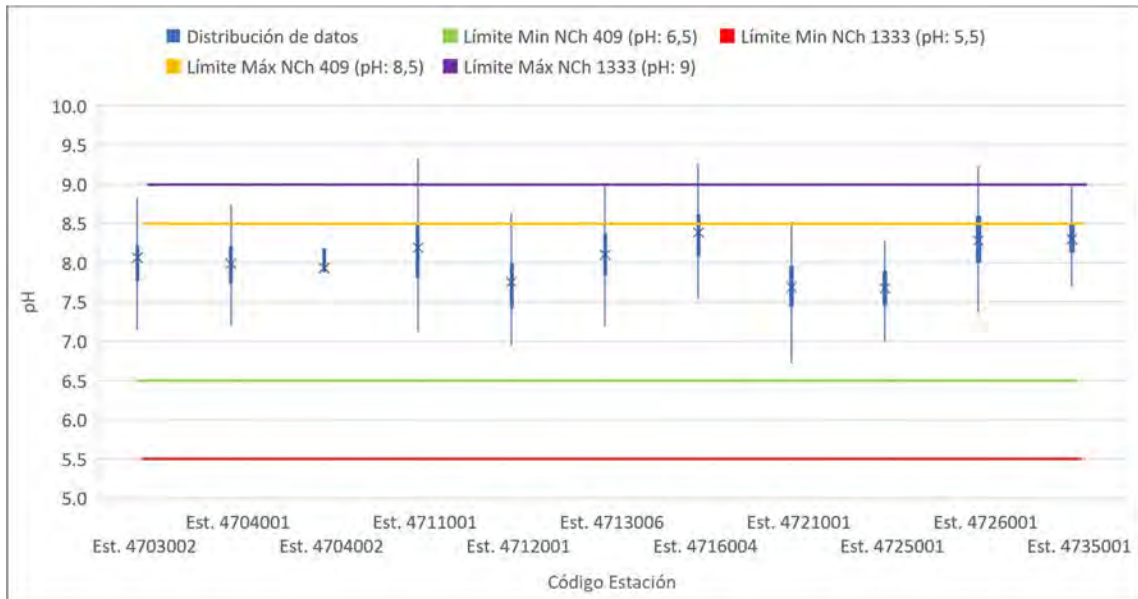
Nota: Los nombres de cada estación y su código equivalente se presenta en la Tabla 4.1-6.

Figura 4.1-9 Gráfico de Cajas – SO₄²⁻ (mg/l)

Parámetros físico-químicos

Sobre los análisis de los parámetros físico-químicos, cabe señalar lo siguiente:

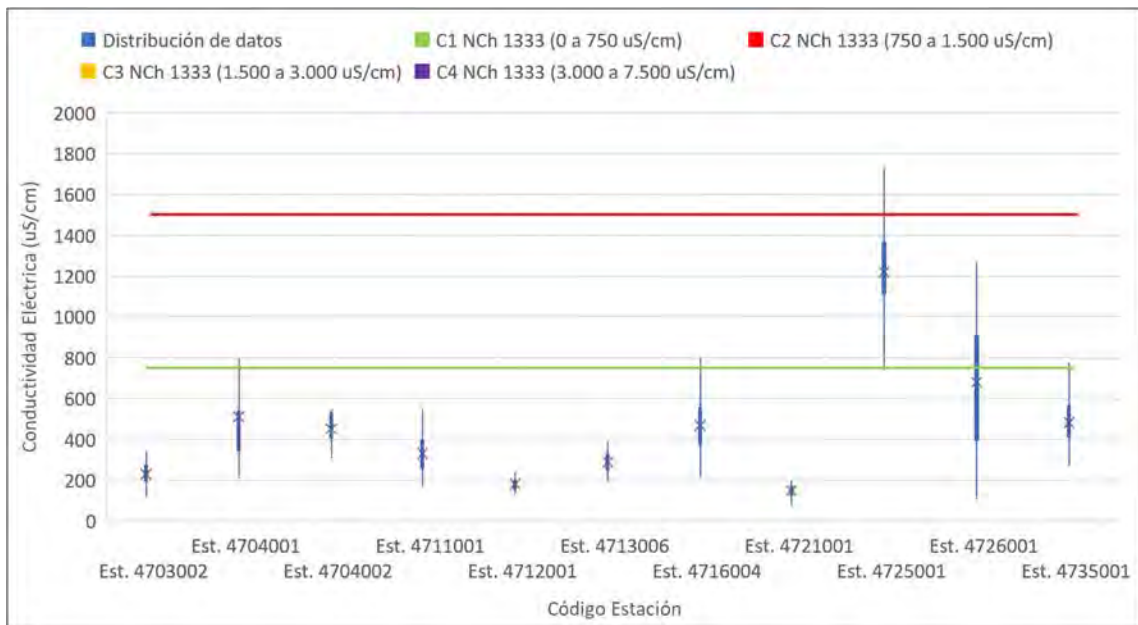
- El pH se presenta dentro de los rangos normados para casi todas las estaciones de la cuenca, con excepción de dos estaciones: “Río Choapa en Puente Negro” (BNA 4716004-9) y “Río Illapel en El Peral” (BNA 4726001-9), ambas de la parte media de la cuenca (Figura 4.1-10), y en las cuales presentan una tendencia levemente básica y superan el límite superior de la NCh409/05 (pH 8,5).
- Respecto a la CE y SDT (Figura 4.1-11 y Figura 4.1-12 respectivamente), en la parte alta y parte media de la subcuenca “Río Choapa” (BNA 040702) las estaciones registran valores en el rango C1 (agua con la que generalmente no se observarán efectos perjudiciales), mientras que en la subcuenca “Río Illapel” (BNA040700) se cumple lo mismo, excepto para las estaciones “Río Illapel en El Peral” (BNA 4726001-9) y “Estero Auco antes del Río Illapel” (BNA 4725001-3), donde se registran valores en el rango C2 (aguas que pueden tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles).



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.

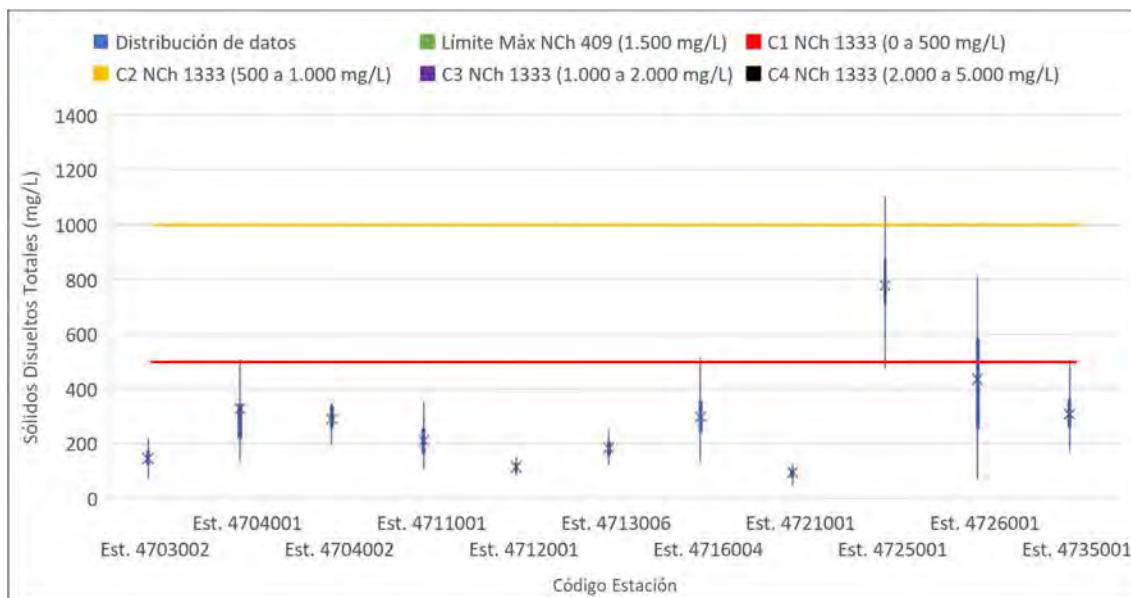
Figura 4.1-10 Gráfico de Cajas – pH



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

Parámetros microbiológicos

A partir de la información contenida en los PR018002 de la SISS, en la cuenca río Choapa se han identificado 2 fuentes de captación en operación con información de calidad microbiológica. De estas, la fuente "Captación Superficial el Canal el Pardo" (102-138), ubicada en la comuna de Salamanca, presenta concentraciones de CT de los 13 NMP/100 ml a los 790 NMP/100 ml en los periodos analizados, detectándose de igual manera en todos los muestreos con CT presencia de *E. coli*. Por otro lado, solo el muestreo realizado en septiembre 2019 en la fuente "Captación Limahuida" (101-198), ubicada en la comuna de Illapel, presentó CT y *E. coli* según la *data* analizada.

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, en la cuenca del río Choapa, los resultados presentados muestran concentraciones de metales tales como As y Cu sobre lo permitido según las normas NCh409/05 y NCh1333/78 en ciertos puntos de la parte alta y media de la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702), específicamente en los cursos afluentes río Chalinga y río Cuncumén. Se observa que ambos puntos reciben aguas provenientes del área donde se emplazan faenas mineras importantes, como lo es la mina Los Pelambres. De la misma forma, se observa que se sobrepasan la norma NCh1333/78 para el SO_4^{2-} en la estación "Estero Auco antes del Río Illapel" (BNA 4725001-3), cuyas aguas llegan al río Illapel, y donde presenta faenas mineras menores aguas arriba. Además, dos estaciones presentan con valores por encima de la NCh409/05 para pH (con pH observados básicos), ubicadas en la parte media de la cuenca. Con respecto a la CE, las aguas de la cuenca son en general de buena calidad, con excepción algunas estaciones de la subcuenca "Río Illapel" (BNA040700), las cuales son "Río Illapel en El Peral" (BNA 4726001-9) y "Estero Auco antes del Río Illapel" (BNA

4725001-3), donde se registran valores en el rango C2 (aguas que pueden tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles).

En el caso de la contaminación microbiológica, al existir información solo de dos 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 dichas fuentes *E. coli* ocasionalmente en sus mediciones.

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 derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) superficiales otorgados en la cuenca del río Choapa. 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 la equivalencia entre l/s y “acción” indicada en el estudio de la DGA “Análisis para el desarrollo de un plan de GIRH en la cuenca del Choapa” S.I.T. N.º 420, noviembre 2018. Esta equivalencia corresponde a 1 acción = 1 l/s.

En la Tabla 4.1-7 se entrega el total de DAA superficiales otorgados en la cuenca del río Choapa.

Tabla 4.1-7 DAA otorgados y Caudal otorgado

Naturaleza del Agua	Nº	Caudal (l/s)
Superficial	61	44.030

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

DAA otorgados según tipo de solicitud

En la Tabla 4.1-8 se entrega la distribución de los DAA superficiales según tipo de solicitud, esto es, Nuevos Derechos (ND), Solicitudes de Regularización (NR) y Derechos de Usuarios Antiguos (UA).

Tabla 4.1-8 DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud

Tipo de solicitud ¹⁹	N°	%	Caudal	
			l/s	%
Solicitudes de Nuevos Derechos (ND)	38	62	40.416	92
Solicitud de Regularización (NR)	8	13	279	1
Derechos de Usuarios Antiguos (UA)	15	25	3.335	8
Total	61	100	44.030	100

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

Según se desprende de la Tabla 4.1-8, la mayor parte del caudal otorgado está asociada a solicitudes de tipo ND, lo que equivale al 92% del total, seguido muy por debajo por solicitudes tipo UA con el 8%.

DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho

En la Tabla 4.1-9 se presenta la distribución de los DAA superficiales otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA. Cabe mencionar que el total (70), en este caso no es igual al total de derechos superficiales en la cuenca (61), dado que existen 9 DAA cuyas captaciones no tiene un único ejercicio del DAA.

Tabla 4.1-9 DAA otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA

Tipo de DAA y Ejercicio del DAA	N°	%	Caudal	
			l/s	%
Consuntivo	47	67	12.637	29
Eventual y Continuo	21	30	10.213	23
Eventual y Discontinuo	3	4	178	0
Permanente y Continuo	22	31	2.072	5
Permanente y Discontinuo	1	1	174	0
No consuntivo	23	33	31.394	71
Eventual y Continuo	6	9	22.213	50
Eventual y Discontinuo	3	4	518	1
Permanente y Continuo	12	17	8.528	19
Permanente y Discontinuo	2	3	135	0
Total	70	100	44.030	100

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

Según se desprende de la Tabla 4.1-9, la mayor parte de los DAA son de tipo consuntivo y de ejercicio permanente y continuo, lo que equivale al 31% 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 eventual y continuo, representado el 50% del caudal total.

¹⁹ 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).

Georreferenciación de DAA en la cuenca del río Choapa

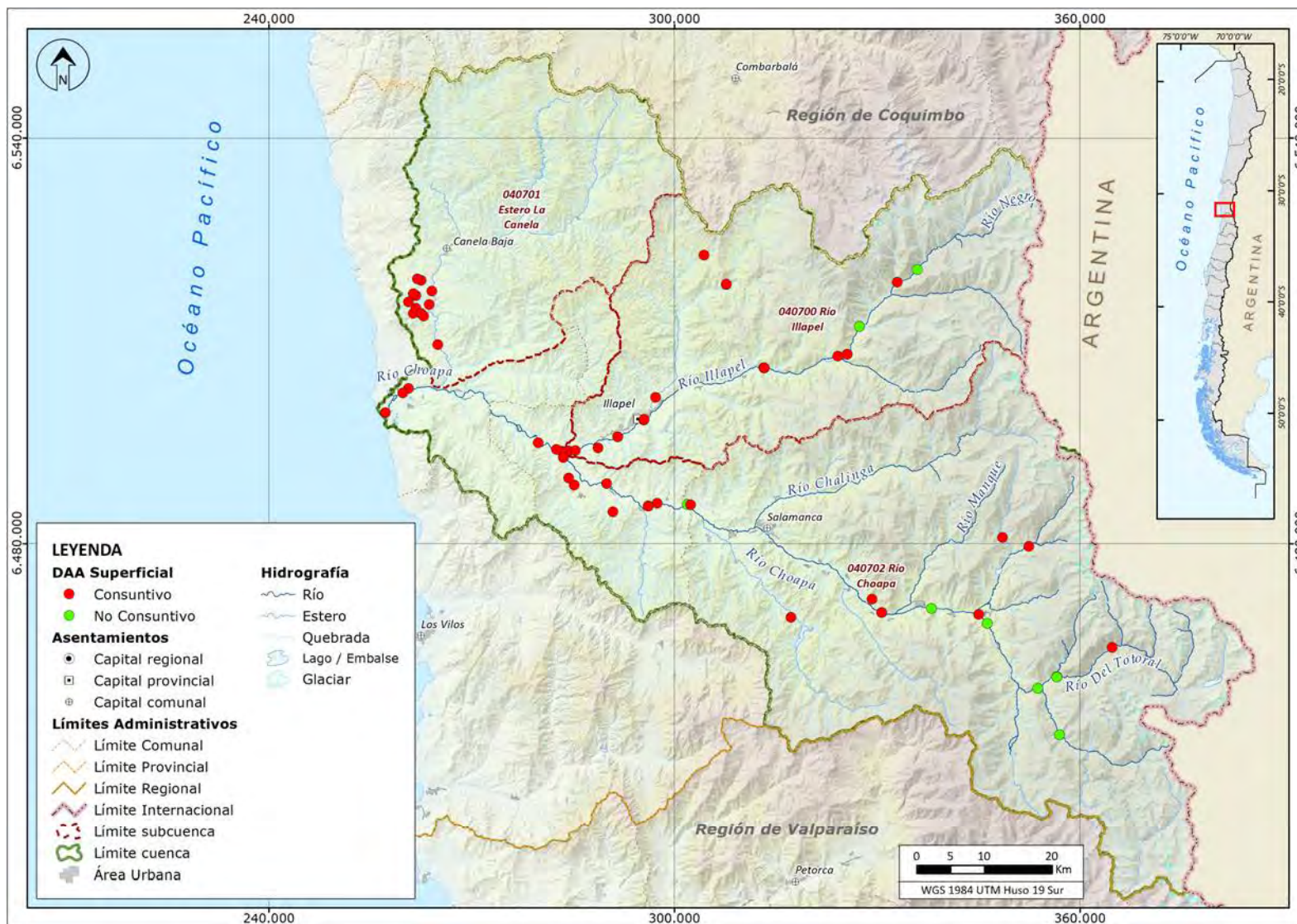
De la base de datos, 48 DAA cuentan con información necesaria para su georreferenciación, esto es, coordenadas UTM, Datum y Huso, lo que equivale al 79% del total de registros (Tabla 4.1-10).

Tabla 4.1-10 Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados

Naturaleza del Agua	N°	DAA georreferenciado		DAA no georreferenciado	
		N°	%	N°	%
Superficial	61	48	79	13	21

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 asociados a cada DAA superficial en la cuenca del río Choapa.



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 Choapa

4.2 AGUA SUBTERRÁNEA

4.2.1 Fuentes subterráneas

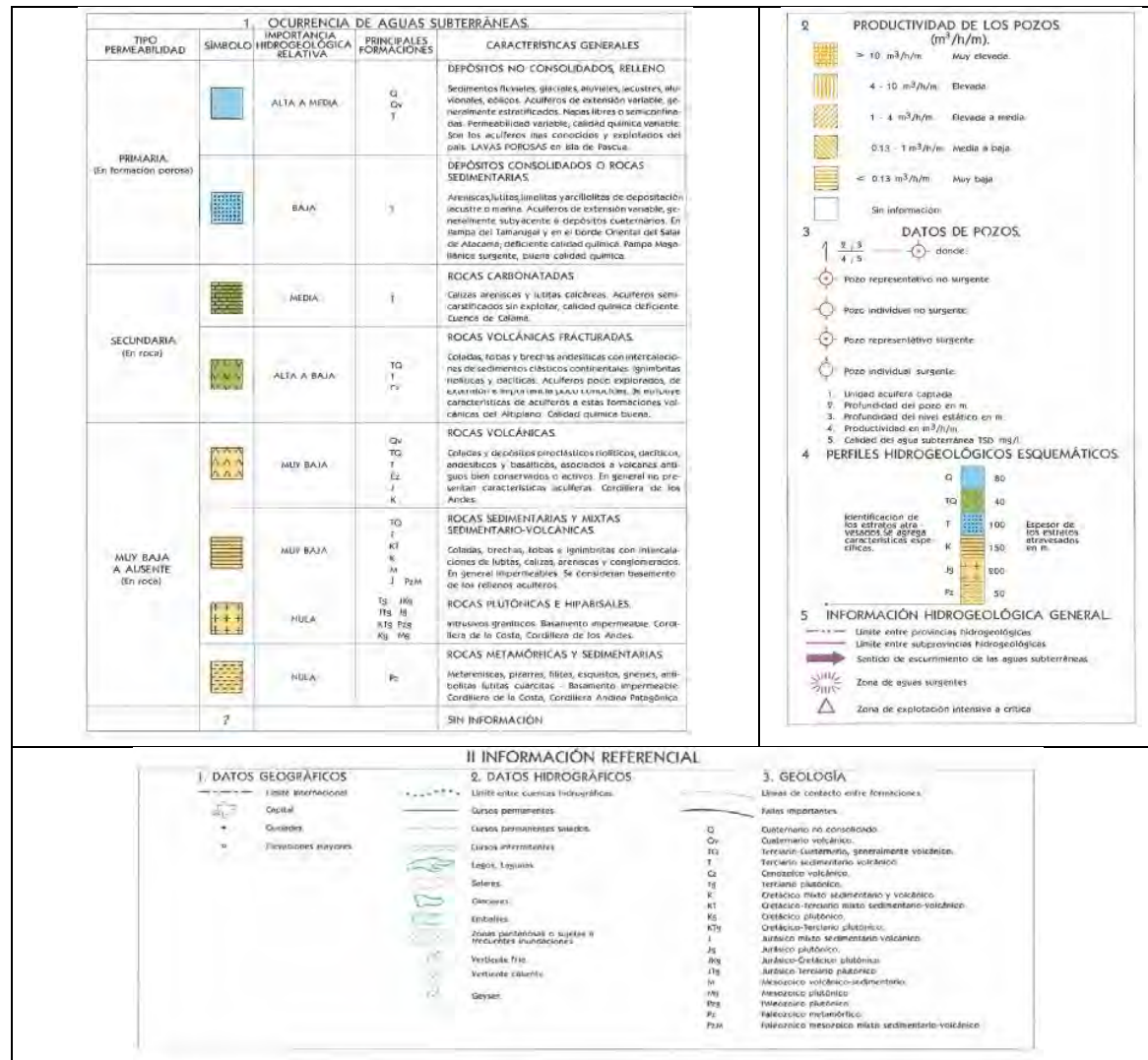
4.2.1.1 Identificación de fuentes

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 Choapa. La leyenda se presenta en la Figura 4.2-2.



Fuente: DGA (1989).

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



Fuente: DGA (1989).

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

En términos generales, en la parte alta destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido a la existencia de formaciones rocosas volcánico-sedimentarias del período Cretácico – Terciario mixto, formadas por coladas, brechas, tobas e ignimbritas con intercambio de lutitas calizas, areniscas y conglomerados. Las características de baja permeabilidad originan que estas rocas sean basamento de los rellenos acuíferos (DGA, 2004).

Desde el punto de vista hidrogeológico, es posible identificar cuatro acuíferos de interés hidrogeológico. El principal corresponde a los depósitos cuaternarios en torno al río Choapa. Este acuífero conduce un flujo de aguas subterráneas en la dirección NE-SO. Los acuíferos de Chalinga e Illapel drenan las aguas subterráneas de las cuencas del mismo nombre en la dirección SE-NO hacia el acuífero del Choapa y próximo a la desembocadura del Choapa, el acuífero del estero Canela drena en sentido N-S hacia el relleno del Choapa (DGA, 2007).

El estudio “Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección. IV Región” (CNR, 2003a), citado en DGA (2007), identifica los siguientes sectores hidrogeológicos de interés, con las siguientes características:

- **Valle Río Choapa, entre Cuncumén y Salamanca.** La mayor parte del embalse subterráneo tiene un espesor de 100 m; en algunos sectores específicos como Salamanca, Coirón y Tranquilla, entre otros, llega a un espesor de 150 m. Los materiales de estas unidades constituyen un solo acuífero, puesto que las capas se encuentran en comunicación hidráulica, de carácter libre. De acuerdo con información de pruebas de bombeo se obtiene una transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento promedio de 2.135 m²/día y 2,8%, respectivamente.
- **Valle Río Choapa, entre Salamanca y Las Juntas.** En el sector existen 4 zonas de importancia: El Tambo-Tahuinco, Chuchiñí, Peralillo y Estación Choapa-Pintacura. La zona acuífera de mayor importancia en cuanto a espesor y volumen es la primera y sucesivamente. El espesor alcanza 400 m en el sector de El Tambo-Tahuinco; en el resto del embalse existen zonas de mediano espesor cuyo relleno es del orden de los 100 a 300 m, y otros sectores de estrechamiento donde sólo se alcanzan de 50 a 100 m. Entre Salamanca y Las Juntas, la profundidad de la napa es escasa, puesto que existen diversas vertientes, y los niveles de las norias son cercanos al terreno.
- **Valle Río Choapa, entre Coyuntagua y Tunga Norte.** Considerando la cota del basamento rocoso, se puede establecer que el espesor máximo de relleno es de 100-110 m en el acuífero de Tunga Norte y Sur, y 40 m en Coyuntagua. La profundidad del nivel de saturación en Tunga es del orden de los 2 m. La transmisibilidad del acuífero debiera resultar un valor intermedio entre el de los acuíferos de aguas arriba y de aguas abajo, puesto que el relleno está conformado principalmente por arrastres fluviales y sedimentos marinos que provienen de diferentes edades geológicas.
- **Valle Río Choapa, entre Mincha y Desembocadura.** Existen 4 sectores acuíferos, de los cuales los de mayor importancia son los de Huentelauquén y Mincha, debido al espesor y ancho del relleno. El valor medio del espesor total se estima en 50-75 m, con un espesor máximo de relleno de 150 m en la localidad de Mincha; otros sectores de gran espesor son la desembocadura y la confluencia

del estero Canela con el río Choapa, donde se alcanzan 125 m de relleno. Los niveles de la napa en el acuífero se caracterizan por una escasa variación hiperanual y estacional, y ser poco profundos (0 - 5 m de profundidad).

- **Valle Río Illapel, entre Huintil y Las Juntas.** El espesor en este sector resulta mayoritariamente próximo a los 50 m en los primeros 10 km, que corresponden al tramo entre Las Juntas y la ciudad de Illapel; entre Illapel y Mal Paso el embalse subterráneo se profundiza a 100 m, alcanzando hasta 150 - 250 m puntualmente; entre Mal Paso y Huintil el espesor disminuye bruscamente entre 50 y 0 m. Los valores más frecuentes de profundidad de la napa son del orden de los 2 a 3 m.
- **Valle Estero Chalinga, entre San Agustín y Salamanca.** La topografía de la roca de basamento asciende rápidamente por el valle del río Chalinga, de la misma manera como asciende la topografía del terreno; el espesor total es de 300 m de relleno bajo la localidad de Chalinga. La profundidad del nivel de saturación es de 2 m en la confluencia de los ríos Choapa y Chalinga, y luego comienza a incrementarse.
- **Valle Estero Camisas, entre el Canal Buzeta y el Río Choapa.** El acuífero presenta su mayor desarrollo en la desembocadura en el río Choapa y disminuye linealmente hacia aguas arriba. El espesor total va desde unos 180 m disminuyendo a medida que se desplaza aguas arriba alcanzando unos 100 m frente a Colliguay. Se tiene un valor de transmisibilidad cercana a los 900 m²/día para pozos ubicados en la parte baja.
- **Valle Estero Canela, entre el nacimiento y Canela Baja.** Se dispone de muy poca información; se trata de un acuífero de escasa potencia y que es utilizado por medio de norias de una profundidad máxima de 10 m. El espesor total en la mayoría del sector no debe sobrepasar los 20 m y se encuentra muy interrelacionado con el estero.

4.2.1.2 División administrativa

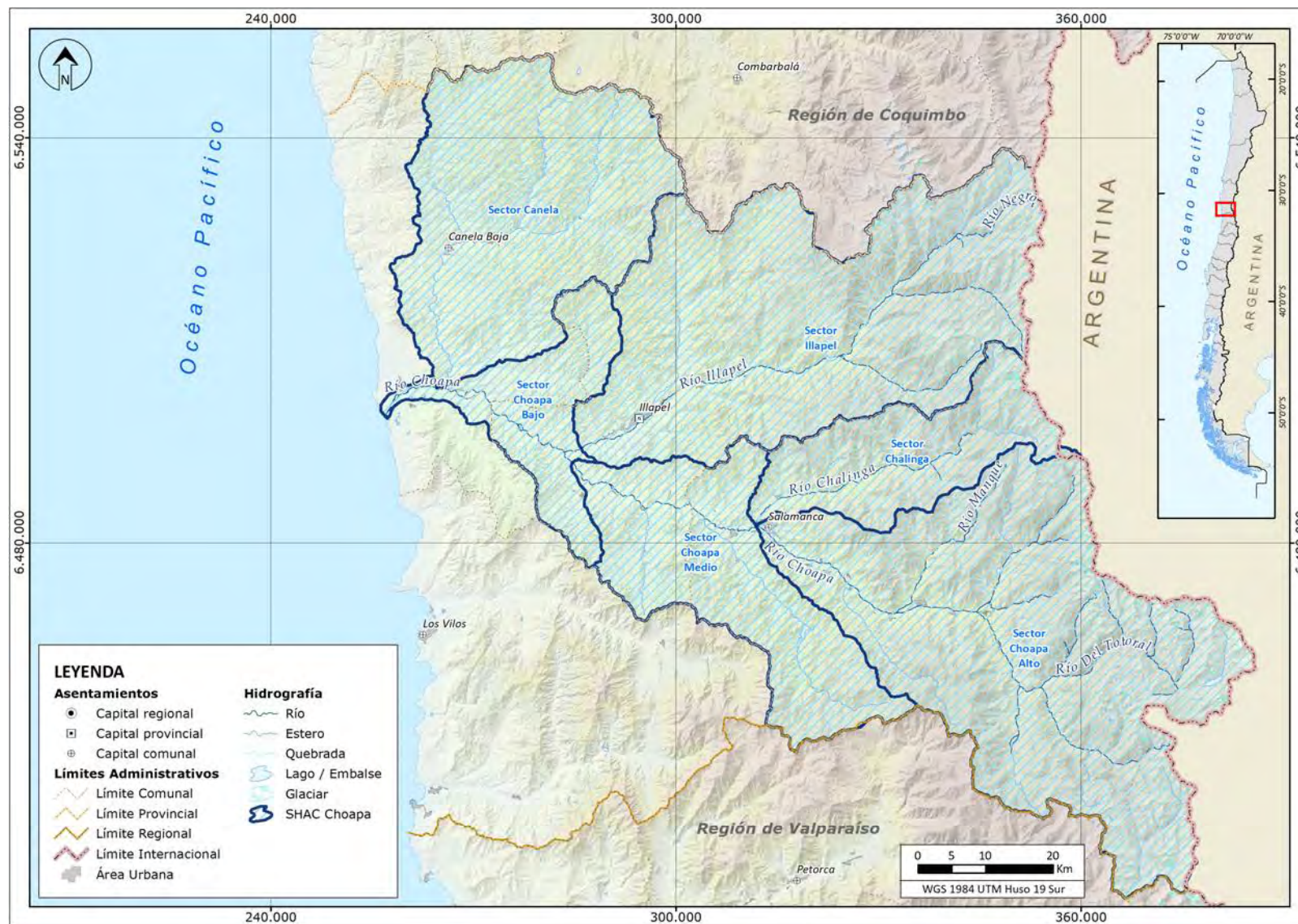
En cuanto a la gestión técnica y administrativa de las aguas subterráneas, el acuífero de Choapa está dividido en 6 SHAC. En la Tabla 4.2-1 se presenta el detalle de los sectores y en la Tabla 4.2-1 se resume gráficamente.

Tabla 4.2-1 SHAC en el acuífero de Choapa

Cuenca	SHAC	Superficie (km ²)
Río Choapa	Choapa Alto	2.277
	Choapa Bajo	470
	Choapa Medio	896
	Chalinga	593
	Illapel	2.027
	Canela	1.372

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

En la Figura 4.2-3 se resume gráficamente la información expuesta anteriormente.



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

Figura 4.2-3 SHAC de la cuenca del río Choapa

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 Figura 4.1-3 se representan las medidas vigentes de restricción al uso de agua de la cuenca del río Choapa. 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 Choapa.

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 24 solicitudes de extracción distribuidas en las comunas de Canela, Illapel y Salamanca, cabe mencionar que estas solicitudes con cargo a Decreto de escasez, son temporales. El mayor caudal aprobado se concentra en la comuna de Salamanca con un 88,6%. Los rubros solicitantes corresponden a APR, Distribución de Aguas, Sanitario y Servicio Público, siendo APR el que concentra el mayor porcentaje con un 83,3% del total de solicitudes. Con respecto al caudal aprobado, Distribución de Aguas concentra el 48,4% del total, seguido por APR con un 25,8%.

El detalle de este análisis se presenta en el Anexo J.8.3.3.

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

Acuífero	Sector	Limitación	Prov.	Sobreotorg.	Ley 20.411	Res. DGA N°	Fecha Res. DGA	Modif. Res. N°	Referencia y año
Choapa	Canela	Zona de Prohibición	NO	SI	s/i	113	02-07-2009	18; 19-11-2019	Informe Técnico N°234 (2019)
	Chalinga	Zona de Prohibición	NO	SI	s/i	113	02-07-2009	18; 19-11-2019	Informe Técnico N°234 (2019)
	Choapa Alto	Zona de Prohibición	NO	SI	s/i	113	02-07-2009	18; 19-11-2019	Informe Técnico N°234 (2019)
	Illapel	Zona de Prohibición	NO	SI	s/i	113	02-07-2009	18; 19-11-2019	Informe Técnico N°234 (2019)
	Choapa Bajo	Zona de Prohibición	NO	SI	s/i	41	18-07-2009	18; 19-11-2019	Informe Técnico N°234 (2019)

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 acoplado 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 acoplado 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 2.186 Mm³.

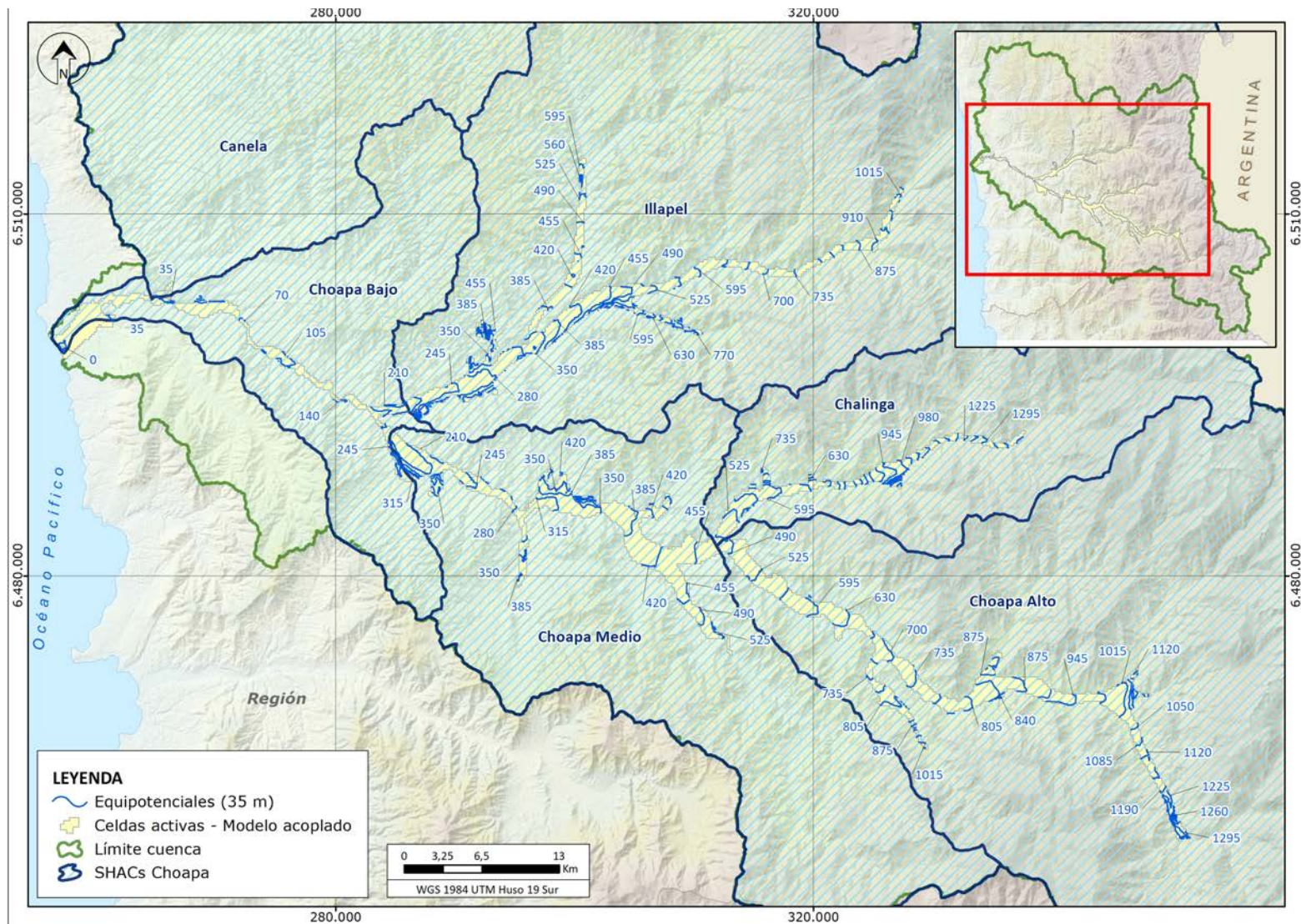
Respecto a la recarga en el sistema, en la Tabla 4.2-3 se presenta el resumen de entradas al modelo acoplado en el periodo de calibración (1989-2019), en el cual se especifican las recargas al sistema.

Tabla 4.2-3 Entradas Promedio 1989-2019 Modelo Acoplado

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo subterráneo	92	1	434	50	195	
Recarga desde río	1.346	90	729	33	1.100	3.299
Recarga superficial	821	450	770	523	955	3.519
Total	2.259	540	1.934	607	2.250	6.818

Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-4 Curvas Equipotenciales Modelo Acoplado 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 aguas subterráneas

En la cuenca del río Choapa se dispone de información de calidad subterránea en 3 estaciones con información histórica, 2 ubicadas en el SHAC "Choapa Medio" y 1 ubicada en el SHAC "Illapel", todas en la parte media de la cuenca. Como se observa en los diagramas de Piper y Stiff del Anexo J.9.1, la composición de las aguas subterráneas en el sector donde se ubica la zona media de la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702) es, al igual que las aguas superficiales, del tipo HCO_3^- - Ca^{2+} (estaciones "Pozo Chuchiñi" (BNA 4715003-5), "Pozo Limahuida" (BNA 4715004-3)). Por otra parte, para la estación "Pozo Matancilla" (BNA 4724000-K) ubicada bajo la subcuenca "Río Illapel" (BNA 040700), específicamente en el sector del estero Auco, la composición de las aguas subterráneas es del tipo SO_4^{2-} - Ca^{2+} , correspondiente con lo observado en las aguas superficiales de dicha zona.

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

4.2.3.2 Evaluación de la calidad de aguas subterráneas

En este apartado se realiza una evaluación del estado de la calidad de las aguas continentales subterráneas de la cuenca del río Choapa, 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 referencia²⁰ (NCh409/05 y/o NCh1333/78), según el grupo de análisis al que pertenece, centrando el análisis en los resultados del rango intercuartil (RIC).

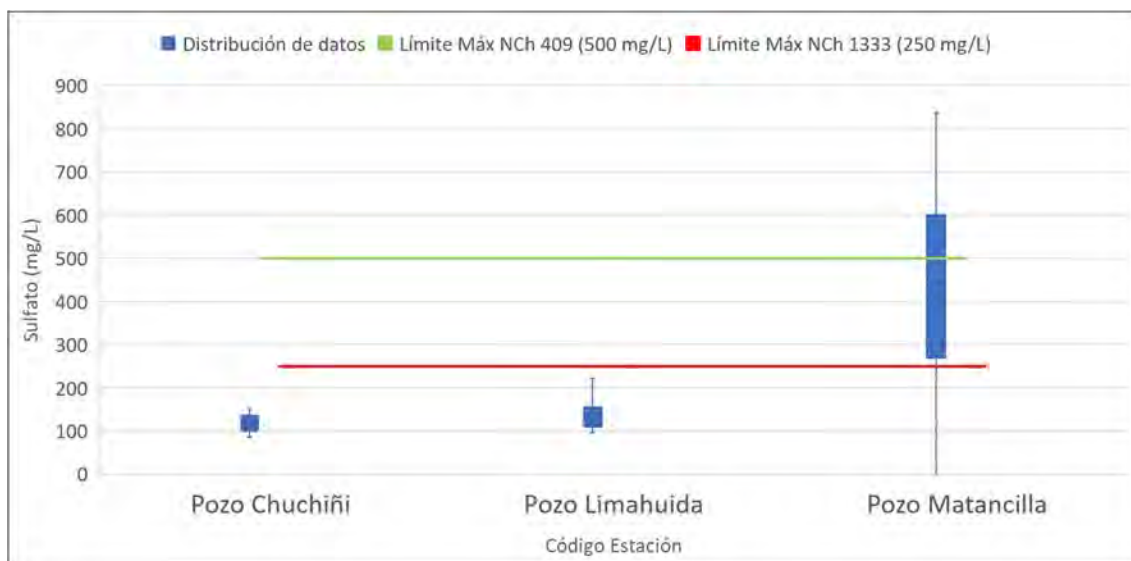
Metales

Respecto a los datos entregados por los gráficos resultado del análisis de tres pozos de monitoreo, las aguas subterráneas presentan todos sus valores de metales bajo las normas NCh409/05 y NCh1333/78.

Para los parámetros Hg y Mo, no se logró definir si sus concentraciones se encuentran cumpliendo o por sobre las normas, ya que los valores registrados corresponden al valor entregado por el instrumento cuando la medición es menor a su sensibilidad.

Parámetros inorgánicos

Los valores obtenidos muestran que el SO_4^{2-} en la estación "Pozo Matancilla" (BNA 4724000-K), parte del SHAC "Illapel", presenta valores por sobre lo estipulado en NCh409/05 y NCh1333/78 (Figura 4.2-5).



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 – SO_4^{2-} (mg/l)

Parámetros físico-químicos

Según los datos entregados por los gráficos, los valores de pH se encuentran dentro de los rangos de NCh409/05 y NCh1333/78 en las tres estaciones. Respecto a los valores de CE (Figura 4.2-6) y SDT (Figura 4.2-7), los valores resultantes se registran en el rango C2 (agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles), con una tendencia al alza entre los años 1998 y 2019.

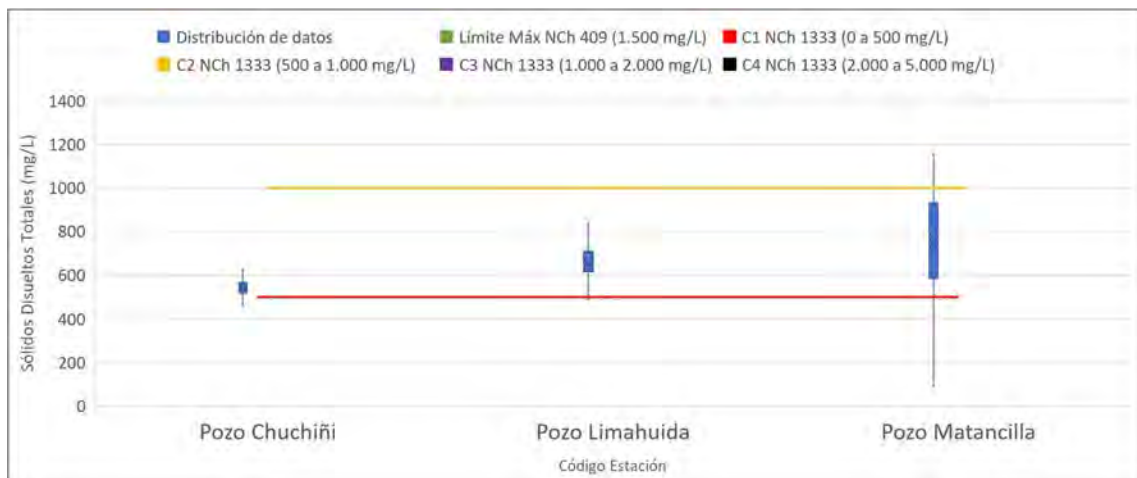
²⁰ En el presente diagnóstico se ha considerado que supera la norma aquella estación que presenta valores por encima de la referencia hasta su cuartil superior (y/o inferior si la norma aplica un rango).



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 4.2-6 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 4.2-7 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 29 pozos APR previo a cualquier tratamiento en el acuífero del río Choapa, donde se recogieron valores obtenidos para los siguientes parámetros:

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

A continuación, se muestra la Tabla 4.2-4, donde se indican los IC individuales para cada pozo estudiado, cuya metodología se explica en detalle en el Anexo F. Como se observa, 1 pozo del SHAC "Choapa Alto", 2 pozos del SHAC "Choapa Medio", y 1 pozo del SHAC "Choapa Bajo" presentan un IC Insuficiente, todos ellos por algún metal tal como Fe o Mn. En el caso de los pozos con IC Regular (mayoritariamente por Fe) estos se concentran en el SHAC "Choapa Medio", con pozos también en los SHAC "Choapa Bajo", "Illapel" y Canela".

Tabla 4.2-4 Índice de Calidad por APR de acuífero Choapa (parámetros locales Fe y Mn), año 2016

N°	Nombre Pozo	Sector Acuífero	Comuna	IC General (cualitativo)	Parámetros que otorgan clasificación
5	BATUCO	Choapa Alto	Salamanca	Insuficiente	Mn
8	CUNCUMÉN	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
13	TRANQUILLA	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
6	CHILLEPÍN	Choapa Alto	Salamanca	Buena	Pb
7	COIRÓN	Choapa Alto	Salamanca	Buena	Pb
11	PUNTA NUEVA	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
12	QUELÉN ALTO	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
10	LLIMPO	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
9	JORQUERA	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
109	EL QUEÑE	Choapa Alto	Salamanca	Excepcional	
4	SAN AGUSTÍN	Chalinga	Salamanca	Excepcional	
3	ARBOLEDA GRANDE	Chalinga	Salamanca	Excepcional	
25	EL TAMBO ORIENTE	Choapa Medio	Salamanca	Regular	Fe
24	EL TAMBO	Choapa Medio	Salamanca	Regular	Fe
23	EL ARRAYÁN	Choapa Medio	Salamanca	Insuficiente	Fe
22	COLLIGUAY	Choapa Medio	Salamanca	Regular	Fe
21	CHUCHIÑÍ	Choapa Medio	Salamanca	Buena	NO ₃ ⁻
27	PERALILLO	Choapa Medio	Illapel	Regular	Fe
28	PINTACURA SUR	Choapa Medio	Illapel	Buena	NO ₃ ⁻
26	LAS CAÑAS DOS	Choapa Medio	Illapel	Insuficiente	Mn
15	LAS CAÑAS	Choapa Bajo	Illapel	Buena	Pb
65	CARCAMO	Illapel	Illapel	Regular	Fe
19	TUNGA SUR	Choapa Bajo	Illapel	Regular	Fe
18	TUNGA NORTE	Choapa Bajo	Illapel	Excepcional	
16	MINCHA NORTE	Choapa Bajo	Canela	Excepcional	
17	MINCHA SUR	Choapa Bajo	Canela	Excepcional	
2	LOS POZOS	Canela	Canela	Buena	NO ₃ ⁻
1	CARQUINDAÑO	Canela	Canela	Regular	Na ⁺
14	HUENTELAUQUÉN NORTE	Choapa Bajo	Canela	Insuficiente	Mn

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

En la Minuta DCPRH N° 19 (DGA, 2018b) se analizan 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 Choapa, registran en “Las Cañas 2” (SHAC “Choapa Medio”) y “Huentelauquén Norte” (SHAC “Choapa Bajo”). De dicho seguimiento se muestra la Tabla 4.2-5 indicando los IC individuales de los pozos con seguimiento, manteniendo su clasificación de IC Insuficiente, asociado principalmente por el contenido de Mn.

Tabla 4.2-5 Índice de Calidad en seguimiento APR de acuífero Choapa (parámetros locales Fe y Mn), año 2017

N°	Nombre Pozo	Sector Acuífero	Comuna	IC General (cualitativo)	Parámetros que otorgan clasificación
1	LAS CAÑAS DOS	Choapa Medio	Illapel	Insuficiente	Mn
2	HUENTELAUQUÉN NORTE	Choapa Bajo	Canela	Insuficiente	Mn

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 Choapa hay 13 fuentes en operación de captación de agua subterránea con información de calidad microbiológica. En la Tabla 4.2-6 se presentan las fuentes de captación de agua subterránea y al sistema al que pertenecen en la cuenca.

Tabla 4.2-6 Fuentes de captación de agua subterránea en la cuenca del río Choapa

Código Fuente	Nombre Fuente	Nombre Sistema
201-103	Dren Asiento Viejo	Illapel
201-18	Dren Alvarez Perez	Illapel
204-93	Noria Santa Herminia	Illapel
201-115	Dren Nuevo	Canela Baja
203-121	Sondaje 2006	Canela Baja
201-8	Dren Estero Canela Baja	Canela Baja
201-167	Dren Canela Alta 2013	Canela Alta
201-120	Dren Canela Alta 2007	Canela Alta
204-129	Noria Canela Alta_2009	Canela Alta
201-122	Dren Canela Baja 2007	Canela Alta
201-88	Dren Antiquo Canela Alta	Canela Alta
201-81	Dren Santa Rosa	Salamanca
203-200	Sondaje Salamanca N°1_2016	Salamanca

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

Con respecto a *E. coli*, en todas las fuentes anteriores, a excepción de “Dren Canela Alta 2013” (201-167), “Dren Estero Canela Baja” (201-8) y “Sondaje Salamanca N°1_2016” (203-200), se ha detectado *E. coli* en los muestreos realizados a lo largo del periodo, lo cual indicaría que las aguas subterráneas presentarían contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos animales.

4.2.4 Fuentes de contaminación

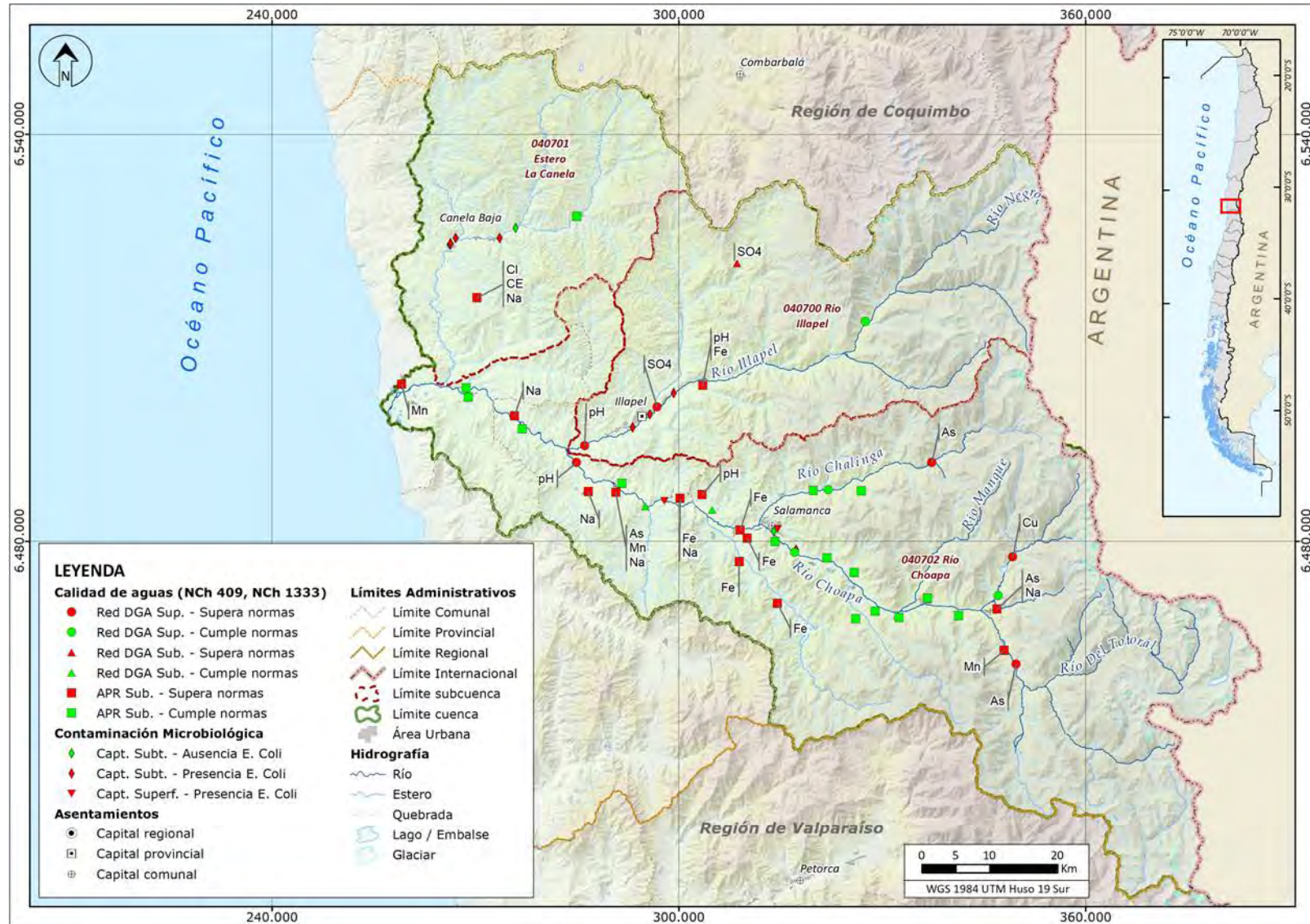
Con base en la evaluación de la calidad de las aguas subterráneas efectuada en los numerales precedentes, se pueden establecer que, con base a la disponibilidad de 3 pozos con registros analizados procedentes de la red hidrométrica de la DGA, se observó un único pozo, ubicado en la parte media de la cuenca (SHAC "Illapel"), con una concentración de SO_4 por sobre los límites de las normas NCh409/05 y NCh1333/78, mientras que el resto de los parámetros graficados presentan valores bajo las normas mencionadas. Dichos pozos muestran además una relación con las estaciones de calidad de aguas superficiales de sus sectores correspondientes, evidenciado por el tipo de agua HCO_3^- - Ca^{2+} para el sector del SHAC "Choapa Medio" y SO_4^{2-} - Ca^{2+} para el sector del estero Auco del SHAC "Illapel".

No obstante lo anterior, 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, sobre todo en el SHAC "Choapa Medio" y en sectores de los SHAC "Choapa Alto" y "Choapa Bajo". También se registraron elementos como As, Cl⁻ y Na⁺ donde las cantidades observadas superaron los límites normativos. De esta forma, 4 pozos de la cuenca tienen un IC Insuficiente, y 7 un IC Regular, estando la mayoría en el SHAC "Choapa Medio", de forma similar a las aguas superficiales. Se destaca el hecho que, según la CE, solo pozos del SHAC "Choapa Medio" quedaron en el rango C2 (agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles), y solo pozos del SHAC "Canela" quedaron en el rango C3 (agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso).

En relación a la contaminación de componentes microbiológicos, fue detectada la presencia de *E. coli* en 10 distintas fuentes de abastecimiento de agua subterránea evidenciando contaminación a partir de aguas residuales o contaminación de residuos animales en la cuenca de manera extendida.

4.2.4.1 Relación entre aguas superficiales y subterráneas según su calidad

En la Figura 4.2-8 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 4.2-8 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:

- **As y Cu:** El alto contenido de estos elementos se da principalmente en la parte alta de la cuenca, y tendría un origen mixto. Por un lado, por las actividades mineras relacionadas a la franja metalogénica del Mioceno Medio-Plioceno Temprano, donde se destaca la presencia de la C.M. Los Pelambres. La presencia de esta y de otras de menor desarrollo, generan procesos como la lixiviación de depósitos estériles y, aguas de drenaje de minas (GORE, 2013). Por otra parte, también existen procesos de lixiviación natural de minerales sulfurados, dadas las condiciones naturales que facilitan la presencia de estos minerales en superficie, en zonas que no son necesariamente de actividades mineras (DGA, 2004).
- **Fe y Mn:** Se constatan abundantes pozos con niveles elevados de Fe y Mn, los cuales pueden estar relacionados con una condición geológica de la cuenca, sumado a la aridez que favorece la evaporación y concentración de elementos disueltos. Si bien esta condición natural es relativamente clara para el caso del Fe, en el caso del Mn no es directamente interpretable, ya que posee un rango mayor de fuentes de enriquecimiento y contaminación antrópica (DGA, 2017b). Adicionalmente, los depósitos de material de descarte procedentes de la minería constituyen fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales por Fe, las cuales toman su mayor relevancia cuando ocurren precipitaciones (DGA, 2004). En cuanto al Mn, su aparición se debe a tres fenómenos que operan simultáneamente: la lixiviación de las rocas volcánico-sedimentarias constitutivas de la litología de la alta cordillera; las actividades mineras desarrolladas en la cuenca y el afloramiento de napas subterráneas en las cercanías de Salamanca donde los acuíferos asociados a las subcuencas recargan los cursos superficiales (DGA, 2004).
- **SO₄²⁻:** La presencia de altos valores de SO₄²⁻, concentrados en el sector del estero Auco (Subcuenca "Río Illapel", BNA 040700), se debe principalmente a la actividad minera y la gran cantidad de depósitos de relave presentes en la zona (GORE, 2013).
- **E. coli:** Se observa contaminación microbiológica en diversas fuentes de abastecimiento de agua en las subcuencas "Estero La Canela" (BNA 040701) y "Río Illapel" (BNA 040700). Las muestras obtenidas en zonas cercanas a las principales urbes de la cuenca (Illapel, Salamanca y Canela Baja), dieron cuenta de la presencia de este contaminante, lo que indicaría una contaminación extendida, por zonas que podrían carecer de un correcto sistema de alcantarillado

Como se especifica en el estudio DGA-CI (2004), la actividad minera en conjunto con la litología presente en esta zona son los principales contribuyentes de metales a las aguas superficiales, así como del SO₄²⁻ como subproducto de la minería del Cu. 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 destacar la existencia de muchas faenas mineras más pequeñas que se extienden por todo el valle central de la cuenca del río Choapa, como las faenas abandonadas concentradas en las quebradas que van a dar al estero El Auco (Subcuenca "Río Illapel", BNA 040700), y otro tanto de faenas irregulares en quebradas que aportan al estero Chalinga, y parte media del río Choapa (Subcuenca "Río Choapa", BNA 040702). Este tipo de faenas pueden potencialmente suponer peligros mayores que las grandes mineras, ya que no existe un control o manejo asociado al recurso agua. La comuna de Illapel se destaca por presentar el mayor porcentaje de tranques de relaves en la Región de Coquimbo. Muchos de estos depósitos de relaves presentan potenciales riesgo de contaminación, principalmente porque se encuentran cercanos a los cursos de agua, ya sean quebradas o esteros, tributarios del río Illapel (GORE, 2013).

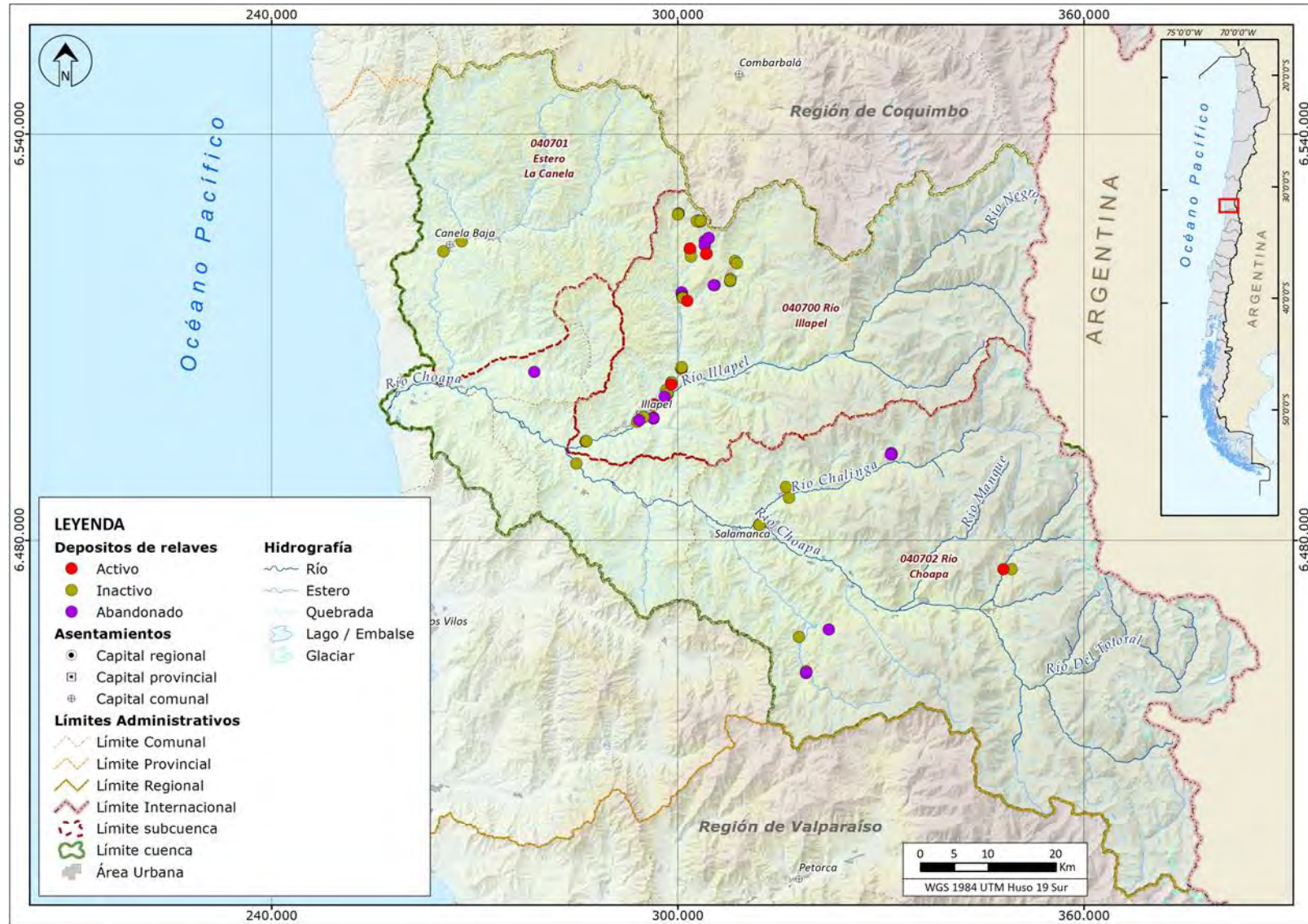
En la Tabla 4.2-7 se resumen las instalaciones del Catastro de Depósitos de Relaves (SERNAGEOMIN, 2019), donde puede apreciarse la concentración de este tipo de infraestructuras en la subcuenca del río Illapel.

Tabla 4.2-7 Depósitos de relave, según estado, en la cuenca del río Choapa

Cuenca	Subcuenca	Activo	No Activo	Abandonado	Total
Río Choapa	R. Choapa Alto (hasta abajo junta R. Cuncumén)	1	1		2
	R. Choapa Medio (entre R. Cuncumén e Illapel)		8	6	14
	Río Illapel	7	39	18	64
	R. Choapa Bajo (entre R. Illapel y Desembocadura)		2	2	4
Total		8	50	26	84

Fuente: SERNAGEOMIN (2019).

En la Figura 4.2-9 se presenta la distribución espacial de los depósitos de relaves en la cuenca del río Choapa.



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

Figura 4.2-9 Depósitos de relaves en la cuenca del río Choapa

La actividad agrícola es también una eventual fuente de contaminación, debido principalmente al uso de plaguicidas y fertilizantes. El nivel de tal contaminación es todavía desconocido, ya que en escasas oportunidades se ha monitoreado la presencia de dichas sustancias en el agua, que por lo demás resultan difíciles de evaluar dada su condición difusa (GORE, 2013). No obstante, según el estudio DGA (2017b), en términos generales, los pozos del acuífero Choapa no evidencian contaminación difusa de carácter antrópico desde actividades superficiales como agricultura e industria.

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. El análisis de las distintas fuentes de abastecimiento de agua en la cuenca muestra que en la parte media y baja de esta se detectó la presencia de *E. coli*.

En relación a una posible influencia marina en el borde costero de la cuenca, no existen estaciones que monitoreen este sector, por lo que no se puede evaluar si estas llegan a niveles comparables con el mar, que darían cuenta de un proceso extendido de intrusión salina en el acuífero del SHAC "Choapa Bajo". En este caso, un monitoreo de pozos más exhaustivo y de mayor área proporcionaría más claridad, considerando que todo el borde costero forma parte del Sitio Ramsar "Las Salinas de Huentelauquén (LSH, RAM-013)" y del Sitio Prioritario "Desembocadura Río Choapa (SP2-027)".

Finalmente, se identifica como brecha que, a diferencia de otras cuencas, en la cuenca del río Choapa 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.

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 Choapa. 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 4.2-8 se entrega el total de DAA subterráneas otorgados en la cuenca del río Choapa.

Tabla 4.2-8 DAA otorgados y Caudal otorgado

Naturaleza del Agua	N°	Caudal (l/s)
Subterránea	802	2.364

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

DAA otorgados según tipo de solicitud

En la Tabla 4.2-9 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 4.2-9 DAA y caudal otorgado según tipo de solicitud

Tipo de solicitud ²¹	N°	%	Caudal	
			l/s	%
Solicitudes de Nuevos Derechos (ND)	790	99	2.229	94
Solicitud de Regularización (NR)	10	1	118	5
Derechos de Usuarios Antiguos (UA)	2	0	17	1
Total	802	100	2.364	100

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

Según se desprende de la Tabla 4.2-9, la mayor parte del caudal otorgado está asociada a solicitudes de tipo ND, lo que equivale al 94% del total, seguido muy por debajo por solicitudes NR representando el 5%.

DAA otorgados según tipo de Derecho y ejercicio del Derecho

En la Tabla 4.2-10 se presenta la distribución de los DAA subterráneas otorgados según tipo de DAA y ejercicio del DAA.

Tabla 4.2-10 DAA y caudal otorgado según tipo de DAA y ejercicio del DAA

Tipo de DAA y ejercicio del DAA	N°	Caudal (l/s)
Consuntivo	802	2.364
Permanente y Continuo		

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

Según se desprende de la Tabla 4.2-10, la totalidad de los DAA subterráneas otorgados en la cuenca, de acuerdo a la información proporcionada por la DGA, son del tipo consuntivo y de ejercicio permanente y continuo. Esto corresponde a 802 DAA subterráneo otorgados, equivalentes a 2.364 l/s.

Georreferenciación de DAA en la cuenca del río Choapa

²¹ 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).

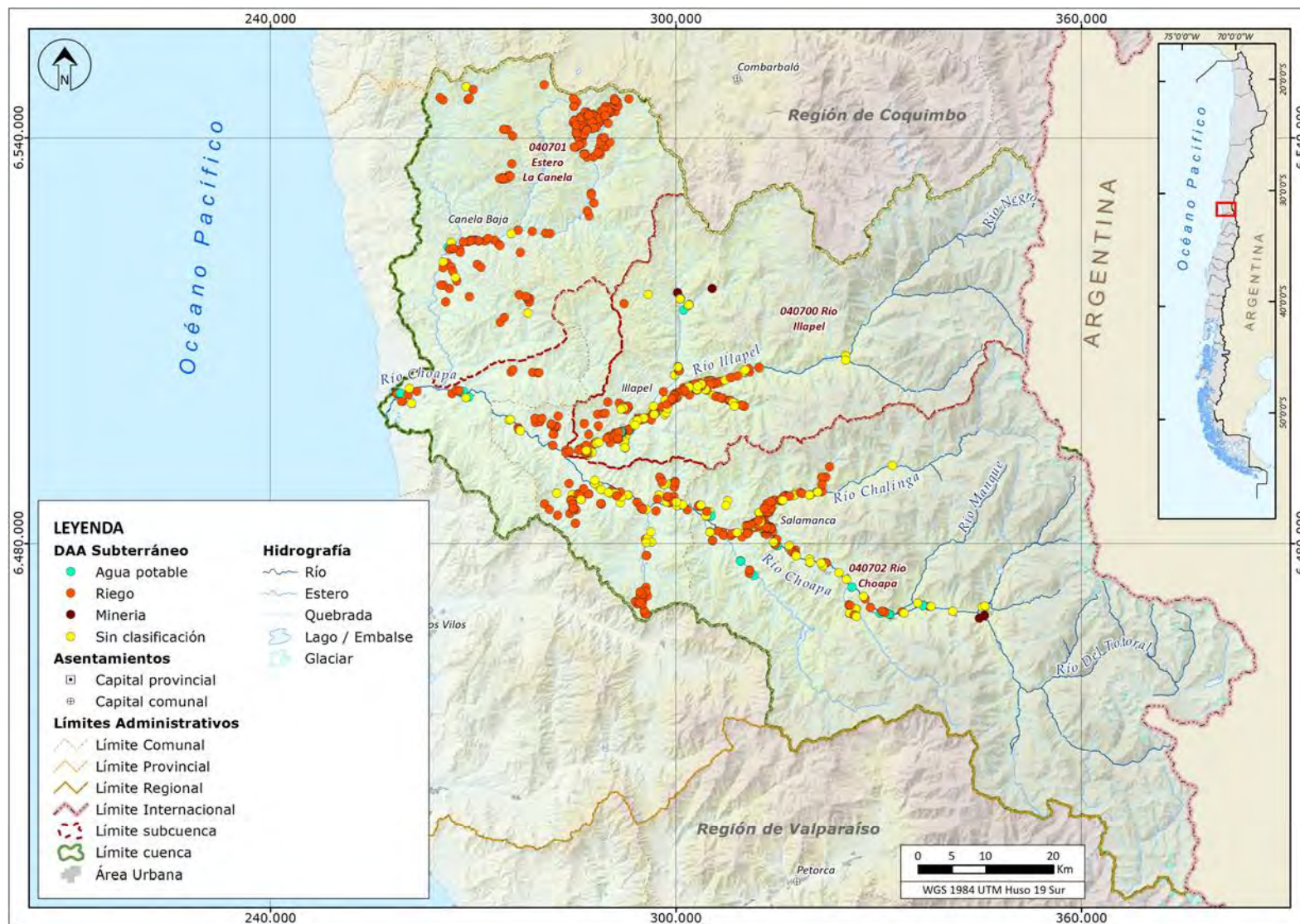
De la base de datos, 795 DAA cuentan con información necesaria para su georreferenciación, esto es, coordenadas UTM, Datum y Huso, lo que equivale al 99% del total de registros (Tabla 4.2-11).

Tabla 4.2-11 Total de DAA georreferenciados y no georreferenciados

Naturaleza del Agua	N°	DAA georreferenciado		DAA no georreferenciado	
		N°	%	N°	%
Subterránea	802	795	99	7	1

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

En la Figura 4.2-10 se muestra la ubicación geográfica de los puntos de captación subterráneos asociados a cada DAA en la cuenca de Choapa.



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

Figura 4.2-10 Ubicación geográfica de los puntos de captación asociados a los DAA subterráneas en la cuenca del río Choapa

4.3 GLACIARES

4.3.1 Glaciares

4.3.1.1 Identificación de fuentes

Los glaciares presentes en la cuenca del río Choapa 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 Choapa

Cód. Subcuenca	Nombre Subcuenca	Tipo Glaciar	Cantidad (n°)	Área (km ²)	Volumen (km ³)	Vol. Equiv. Agua (km ³)
040700	Río Illapel	Glaciar rocoso	22	1,0	0,01	0,00
		Glaciarete	2	0,03	0,0002	0,0001
	Subtotal	24	1,0	0,01	0,005	
040702	Río Choapa	Glaciar rocoso	135	5,4	0,06	0,03
		Glaciarete	13	0,3	0,003	0,002
	Subtotal	148	5,7	0,06	0,03	
Total			172	6,7	0,07	0,03

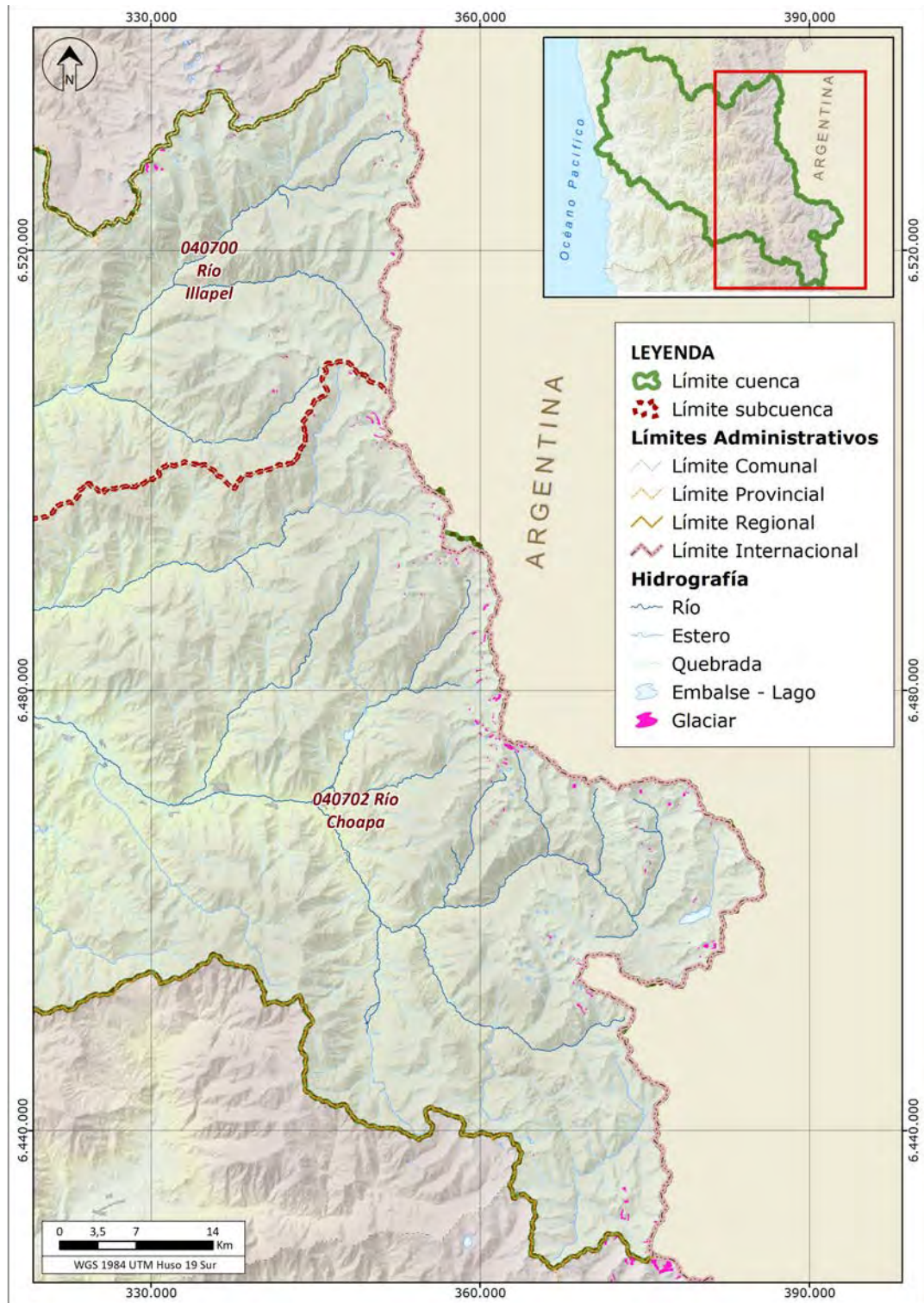
Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2019c).

No existen glaciares con un área mayor a 1 km² (100 hectáreas) en la cuenca. Los glaciares de mayor superficie son de tipo rocoso y se encuentran en la subcuenca del río Choapa.

Por lo anterior, se desprende que los principales glaciares, aunque menores, se sitúan en la subcuenca del río Choapa; también en este sector se encuentra el mayor número, ya que existen 148 de un total de 172, suponiendo un 86% en cantidad y un 85% 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, así como la cuenca en su totalidad que tiene un régimen mixto nivopluvial.

4.3.1.2 Restricciones de uso sobre glaciares

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



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

Figura 4.3-1 Glaciares en la cuenca del río Choapa

4.3.1.1 Diagnóstico del estado de información sobre glaciares

A pesar de la importancia que suponen estos cuerpos para la cuenca, no existen estaciones glaciológicas en la cuenca del río Choapa. Esto se debería principalmente a que no existen glaciares de gran tamaño en el área analizada, por lo que tampoco se dispone de información histórica sobre estos. De la misma forma, no hay estudios sobre sus aportes hídricos por lo que se genera una brecha para la posterior incorporación de la esorrentía que generan a los modelos, lo cual dificulta su gestión.

CAPÍTULO 5 BALANCE DE AGUA

Para el desarrollo del presente estudio, se han desarrollado de manera independiente modelos de simulación de flujos superficiales y subterráneos que posteriormente han sido acoplados, siendo sus principales resultados los presentados a continuación. La descripción detallada de los modelos es posible consultarla en el Anexo H. En aquel anexo se muestra el desarrollo de los modelos subterráneo y superficial, y la construcción y/o actualización del modelo acoplado. Así también, se presentan los resultados del modelo acoplado calibrado a 2019, finalizando con comentarios propios de la modelación, y estimación de brechas identificadas en el desarrollo de los modelos.

5.1 MODELO DE SIMULACIÓN

5.1.1 Situación actual

5.1.1.1 Actualización de Modelo Superficial

En el acápite 2.2 del Anexo H se presenta la descripción del modelo superficial WEAP de Choapa, utilizado como base en la elaboración del modelo acoplado del presente estudio (abril 1989 – marzo 2019), junto a las modificaciones realizadas en la actualización de éste.

5.1.1.2 Actualización de Modelo Subterráneo

En el acápite 1.1.2 del Anexo H se presenta la descripción del modelo subterráneo Visual MODFLOW de Choapa, utilizado como base en la elaboración del modelo acoplado del presente estudio (abril 1989 – marzo 2019), junto a las modificaciones realizadas en la actualización de éste.

5.1.1.3 Actualización del Modelo Acoplado Superficial Subterráneo

En el capítulo 3 del Anexo H se presenta la actualización del modelo acoplado WEAP-MODFLOW de Choapa (abril 1989 – marzo 2019), conforme a la metodología del presente estudio.

5.1.1.4 Calibración y Resultados de Modelo de Simulación Superficial Subterráneo

En el capítulo 4 del Anexo H se presenta en detalle la calibración y resultados del modelo acoplado WEAP-MODFLOW de la cuenca del río Choapa (abril 1989 – marzo 2019), siguiendo los lineamientos indicados en la metodología (acápites 3.4.3 del Anexo F).

Considerando la información disponible y las capacidades de modelación del software WEAP, en términos de la conceptualización de procesos hidrológicos complejos, el modelo representa de buena forma los años con sequía y tiene una buena representatividad desde el punto de vista de la variabilidad de los datos simulados en relación a los observados.

Se evaluó desempeño del modelo acoplado utilizando las medidas de bondad de ajuste en los puntos del modelo donde hay estaciones de medición de caudal. En particular, el mejor ajuste se obtiene en las estaciones fluviométricas del río Choapa, donde el promedio de los KGE de entre 0,53 y 0,67 y NSE de entre 0,63 y 0,68, lo que indica una buena representación de la variabilidad de las series observadas. Por otra parte, en relación a los valores obtenidos de PBIAS, el modelo sobreestima los flujos observados en las estaciones Chalinga en San Agustín, en todas las estaciones del río Illapel, en Cuncumén antes bocatoma canales y en todas las estaciones del río Choapa a excepción de Choapa en Salamanca.

En la cuenca del río Illapel también se obtiene una buena representación de los flujos observados, por cuanto el KGE promedio obtenido fue de 0,54 y el NSE oscila entre 0,54 y 0,62.

En la subcuenca del río Chalinga, los resultados son dispares entre sí. Esto debido a que la estación Chalinga en La Palmilla fue bien representada por el modelo, con un KGE y NSE de 0,55 y 0,48, respectivamente. En lo que respecta a la estación Chalinga en San Agustín, no se obtiene una representación óptima de los resultados, que ha sido reportada anteriormente por los estudios DGA, 2019d y DGA, 2017d. Dado que la estación se encuentra suspendida y que la estacionalidad de los flujos no se condice con la estación aguas arriba (Chalinga en La Palmilla), se establece que es necesario realizar una revisión exhaustiva o análisis crítico de las mediciones tomadas durante el tiempo en que ésta se encontraba en operación.

Por otra parte, en la Tabla 5.1-1 se presenta el balance hídrico del modelo acoplado para el periodo 1989-2019, para cada SHAC y para la cuenca completa. Se observan flujos significativos de afloramiento neto a lo largo de todos los sectores modelados, cuyo total a nivel de cuenca supera los 3,2 m³/s. La recarga superficial total corresponde a 3,5 m³/s, donde se aprecia que el SHAC Choapa Alto aporta casi 1 m³/s.

Se observa que las mayores extracciones se alcanzan en los SHACs Illapel y Choapa Alto. Finalmente, se aprecia que la evapotranspiración total por presencia de vegetación ripariana corresponde a 84 l/s, de los cuales la mitad de este flujo lo aporta el SHAC Choapa Medio.

De acuerdo a los resultados del balance hidrogeológico del modelo acoplado, se reproducen las interacciones para diferentes flujos subterráneos del modelo. El error de balance promedio para toda la cuenca es inferior a un 1% para todos los tiempos de modelación; cumpliendo con lo establecido por la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA".

Tabla 5.1-1 Balance Hídrico Subterráneo Periodo 1989-2019, modelo acoplado

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	92	1	434	50	195	
Recarga desde río	1.346	90	729	33	1.100	3.299
Recarga superficial	821	450	770	523	955	3.519
Total	2.259	540	1.934	607	2.250	6.818
Salidas (l/s)						
Flujo interacuífero	1	38	54	417	263	
Afloramiento río	2.220	432	1.786	181	1.808	6.426
Evapotranspiración vegetación ripariana	2	18	40	11	13	84
Pozos de bombeo	33	111	42	11	169	365
Descarga hacia el mar u otros	5	0	0	0	0	5
Total	2.260	598	1.922	619	2.253	6.880
Variación de Almacenamiento (l/s)	-1	-58	12	-12	-3	-62
Error de Balance (l/s)	0,00	-0,08	0,00	0,01	0,00	-0,06
Error de Balance (%)	0,00%	-0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

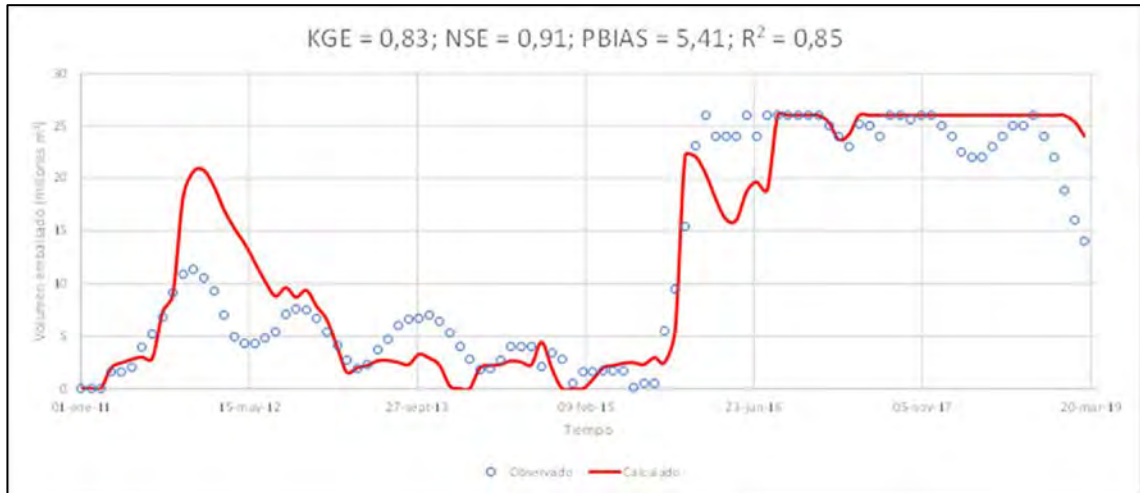
Fuente: Elaboración propia.

Verificación de Flujos Simulados para Elementos Operacionales

Tal como se precisó en acápites anteriores, el sistema Choapa cuenta con dos embalses en operación: El Bato y Corrales.

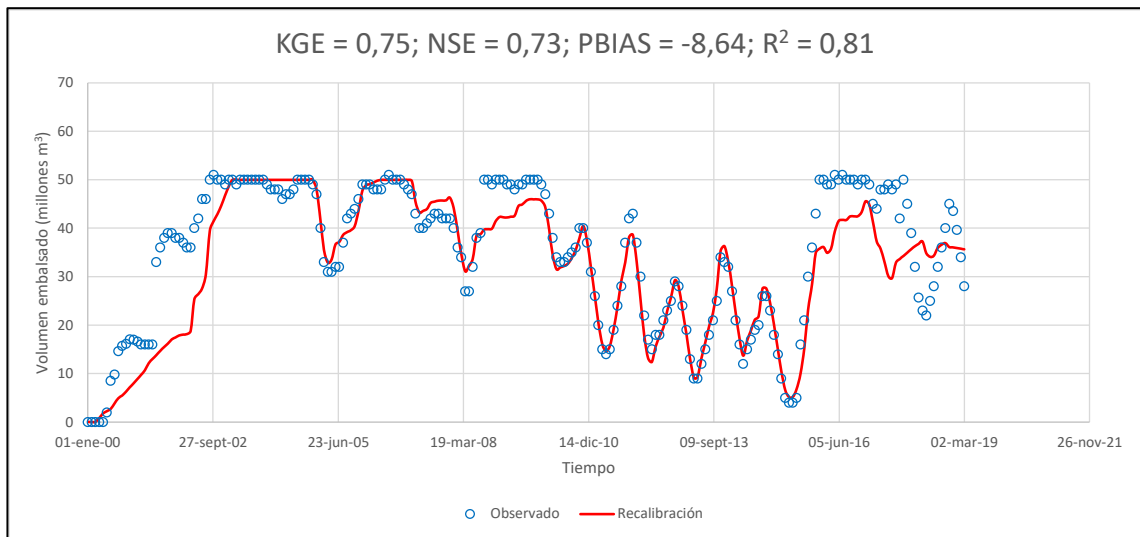
Respecto al primer reservorio, se observa una sobreestimación del volumen embalsado en sus primeros años de operación (entre 2011 y 2014), debido a que los caudales simulados son mayores a los observados en la zona aguas arriba del embalse (estación Illapel en Las Burras), en el mismo periodo (Figura 5.1-1). Sin embargo, se representa correctamente el gran desembalse observado que termina con el embalse prácticamente sin agua en el año 2015. También se representa de forma correcta el llenado de este reservorio en el periodo 2015-2016.

En cuanto al embalse Corrales, en general se obtiene una buena representación del volumen observado (Figura 5.1-2). En particular, se obtuvo una buena representación de la disminución del volumen almacenado en los años 2005, 2007 y 2010, donde el embalse se encuentra a un 60% de su capacidad. Por otra parte, se obtiene una buena representación de las tendencias del volumen modelado en el periodo 2010-2015, con una también correcta simulación de proceso de llenado del embalse en 2015. Cabe destacar que el modelo es capaz de representar el mínimo histórico observado en el año 2015.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-1 Resultados Calibración Embalse El Bato 2011 -2019



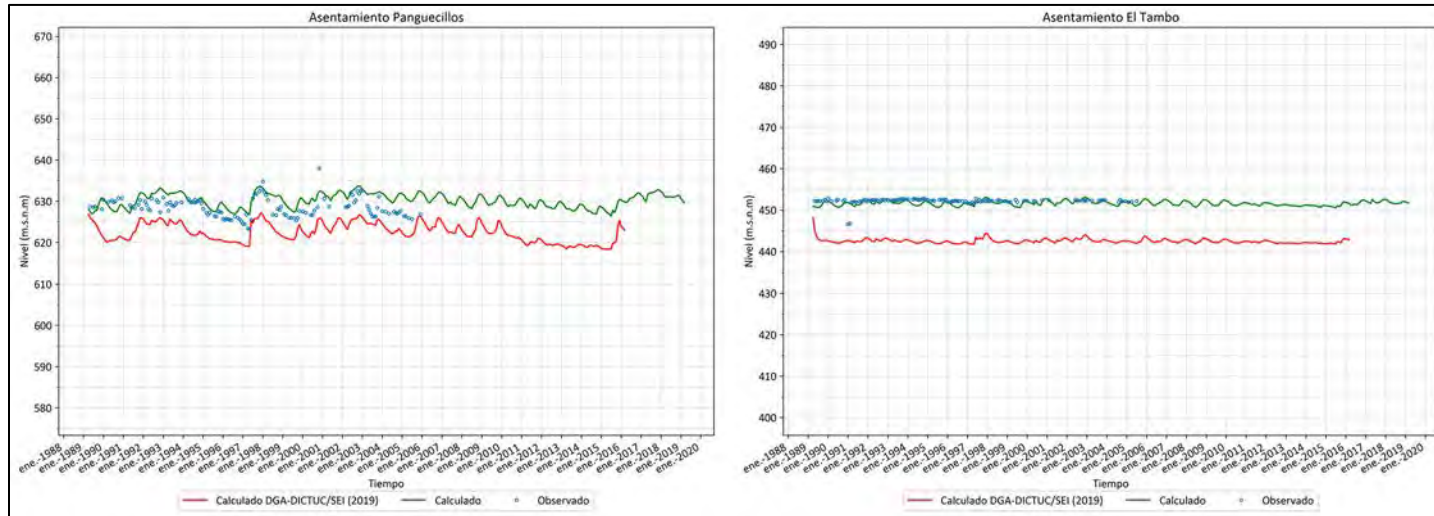
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-2 Resultados Calibración Embalse Corrales 2002 -2019

Niveles Simulados-Observados y Flujos de Intercambio

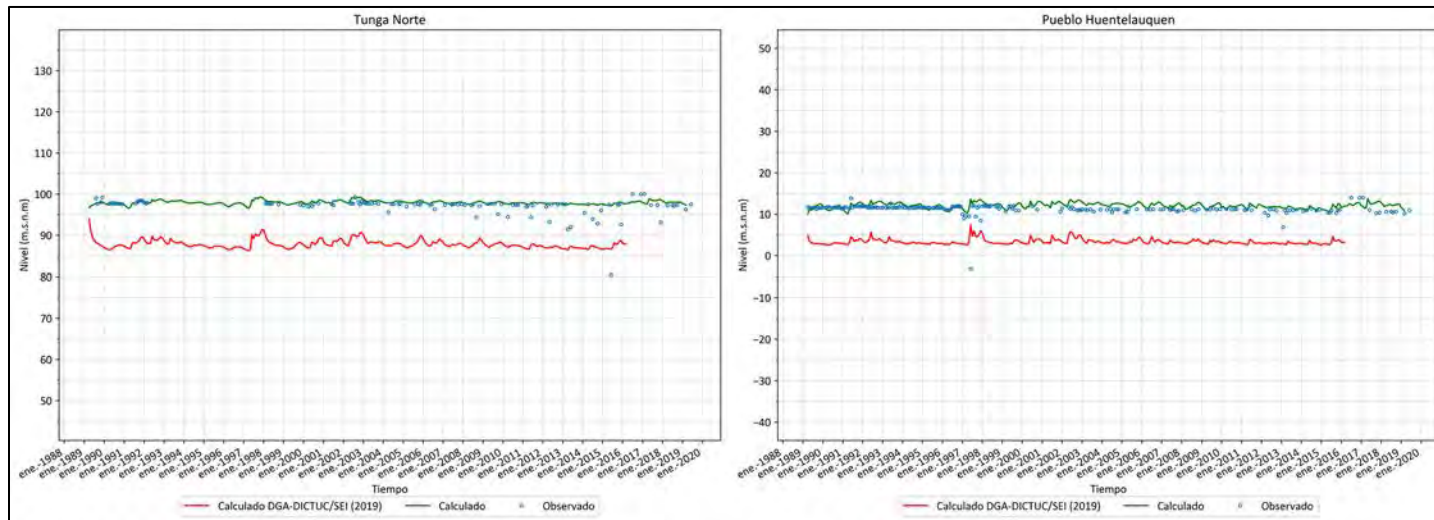
En relación a los niveles modelados, en general se aprecia un buen ajuste de las series observadas, mejorando la representatividad respecto del modelo base (DGA, 2019d), tal como se puede apreciar en la Figura 5.1-3 a la Figura 5.1-5.

En los SHACs Choapa Alto y Choapa Medio se mejora la representación de la tendencia de los niveles observados y, en particular, se logra una notable mejora en el sesgo que exhiben los resultados del modelo base, por cuanto no se obtiene un desembalse inicial que siempre conlleva a la subestimación de los niveles.



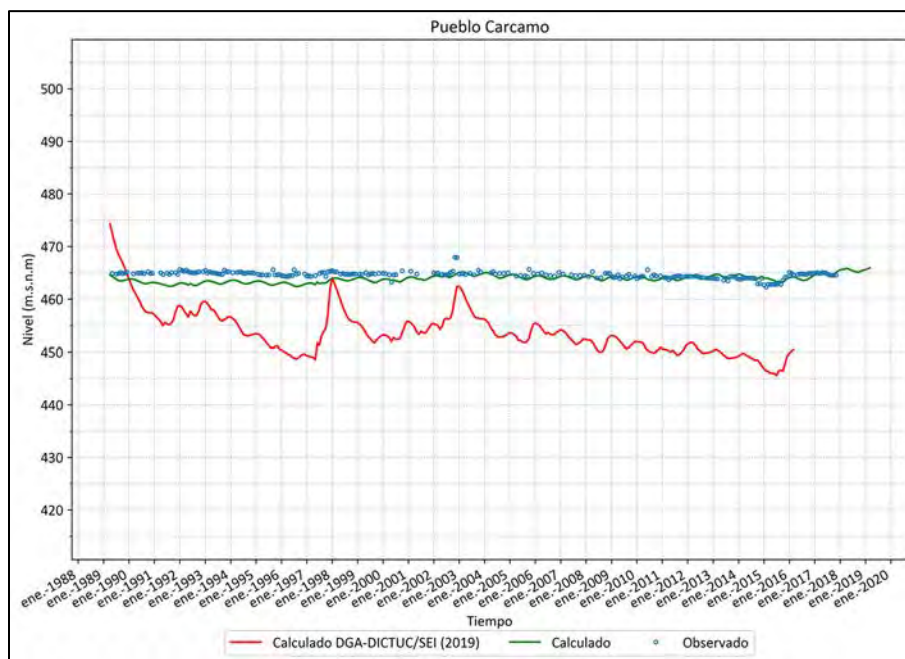
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-3 Calibración modelo acoplado en pozos de observación SHACs Choapa Alto y Choapa Medio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-4 Calibración modelo acoplado en pozos de observación Choapa Bajo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1-5 Calibración modelo acoplado en pozo de observación SHAC Illapel

En este caso, la importancia de esta modificación radica en la correcta representación de la tendencia que muestran los datos observados, corrigiendo el desembalse inicial y la variabilidad presente en los resultados del modelo base.

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 Choapa, los modelos seleccionados como prioridad 1 y 2 para ser evaluados fueron CSIRO y CCSM4 respectivamente.

De esta manera, los escenarios que se evaluaron, de manera de verificar el correcto funcionamiento de los modelos acoplados en la situación futura (2019-2050) se implementaron según lo especificado en la Tabla 5.1-2, tomando como base el modelo calibrado acoplado WEAP-MODFLOW (1989-2019) descrito en los acápites anteriores.

Tabla 5.1-2 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.

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 1989-2019, la ventana de comparación futura fue 2020-2050.

Comparaciones de Resultados E1 CC y E2 CC

El análisis en detalle de ambos escenarios se presenta en el Capítulo 5 del Anexo H. Es importante destacar que ambos modelos pudieron ser ejecutados en la interfaz acoplada entre 2019-2050, sin presentar problemas de convergencia ni inestabilidad numérica, dada la implementación de las forzantes del cambio climático.

Ambos MCG muestran resultados similares, presentando CCSM4 mayores niveles que CSIRO, en particular para el periodo 2029-2036. Así también, en ambos casos se secan muy pocas celdas respecto a la situación base.

En la Tabla 5.1-3 se presenta el descenso promedio de niveles, considerando la diferencia para la totalidad de celdas activas que comprenden cada SHAC. Se aprecia que son variaciones similares, donde marginalmente CSIRO presenta mayor descenso a nivel de cuenca.

Tabla 5.1-3 Descenso promedio entre 2019-2050 para E1 CC y E2 CC

SHAC	Descenso Promedio (m)	
	E1 CC (MCG) CSIRO	E2 CC (MCG) CCSM4
Choapa Bajo	-18,21	-17,18
Illapel	-18,37	-18,24
Choapa Medio	-62,58	-62,21
Chalinga	-8,66	-7,25
Choapa Alto	-14,34	-14,11

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la recarga superficial, CSIRO y CCSM4 presentan una variación de +7% y +12%, respectivamente. Es importante considerar que para la evaluación del escenario no se consideró un incremento en la demanda de riego, y en consecuencia

mayor recarga superficial, por lo que la variación se debe directamente a la variación de las forzantes meteorológicas.

Finalmente, al considerar la variación del caudal promedio simulado entre 1989-2019 y 2020-2050, en la estación fluviométrica de cierre (Choapa Estero La Canela), los modelos de cambio climático indican una variación de la escorrentía superficial de un -9% y +8% para el MCG CSIRO y CCSM4, respectivamente. Lo anterior es concordante para el MCG CSIRO, con los resultados de la modelación hidrológica de DGA (2018c), en el cual, según lo especificado en el acápite 3.4.8 del Anexo F, se espera una variación porcentual de -10% 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 Choapa, puesto que presenta una condición más desfavorable en términos subterráneos, ya que presenta mayores descensos; menor recarga, por concepto superficial y de río; y también una condición más desfavorable en términos superficiales, puesto 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

Con el fin de evaluar la evolución de los flujos, niveles y balances hídricos, de manera de identificar brechas en el desbalance hídrico en el horizonte de evaluación 2019-2050, se modeló el escenario de simulación 1: Caso Base.

Esta simulación futura de la cuenca de Choapa, 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; y la demanda se proyecta principalmente debido a la actividad agrícola de la zona; junto a las iniciativas de gestión en la cuenca que se realizarán como base entre 2019 y 2050.

Si bien las condiciones de simulación del modelo base se definieron en la construcción del modelo acoplado calibrado (Anexo H), en la Tabla 5.1-5 se presenta un resumen con las principales características numéricas del modelo acoplado para escenario 1, evaluación 2019-2050.

Tabla 5.1-4 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 desaladora MLP desde abril-2021, para cubrir incremento de demanda minera a 2050.

Fuente: Elaboración propia.

La desaladora proyectada corresponde a un proyecto de Minera Los Pelambres, enfocada a suplir futuras expansiones y contar con una seguridad de abastecimiento de agua mayor a la actual. Cabe destacar que no beneficia a otros actores de la cuenca, por cuanto su implementación en el modelo no impacta en las captaciones existentes de la minera y opera como sistema independiente. En términos topológicos, se agrega un elemento "Other Supply" para alimentar un nodo de demanda nuevo, representativo de MLP, cuando las fuentes actuales no son capaces de cumplir con el requerimiento.

Cabe destacar además que se realiza proyecciones de eficiencia hídrica en el cálculo de demanda agrícola futura, aumentando la superficie de cultivos tecnificados, en relación a otros que no lo son. Como, por ejemplo, aumento de superficie de frutales c/r a hortalizas.

Tabla 5.1-5 Características Básicas Modelo Acoplado E1

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	Abr 1989 - Mar 2050 (1989-2019 corresponde a modelo calibrado)
Periodo de evaluación	Abr 2019 - Mar 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC

Fuente: Elaboración propia.

5.2 BRECHAS

Los resultados de la implementación del escenario E CC se encuentran en los Apéndices del Anexo H, mientras que el análisis en detalle a nivel de SHAC es posible consultarlo en el Capítulo 5 del Anexo H.

5.2.1 Resultados de Escenario Cambio Climático Seleccionado

Se aprecia una disminución en los flujos proyectados para probabilidades de excedencia sobre 20%. Así también, se observa que los peaks estacionales disminuyen para el mes de noviembre.

Todas las estaciones del río Choapa presentan una disminución de su caudal promedio de alrededor de un 10%, lo cual concuerda con la estimación realizada por DGA (2018c) al comparar las ventanas de tiempo 1985-2015 y 2030-2060 en la cuenca del Choapa, con una disminución del 10%.

En la Tabla 5.2-1 se presenta el resultado del balance hídrico subterráneo para las componentes de entrada, en el periodo 2020-2050. En la Tabla 5.2-2 se presenta las variaciones en l/s, entre el modelo histórico y el escenario del cambio climático.

Tabla 5.2-1 Escenario Cambio Climático, Recargas modelo 2020-2050

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	86	1	424	49	184	
Recarga desde río	1.152	104	634	39	1.036	2.965

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Recarga superficial	834	663	804	503	954	3.758
Total	2.078	768	1.863	591	2.173	6.723

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2-2 Variación en l/s entre el Escenario Cambio Climático (2020-2050) y el Modelo Acoplado Calibrado (1985-2019)

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	-6	0	-10	-1	-11	
Recarga desde río	-194	14	-95	6	-64	-334
Recarga superficial	13	213	34	-20	-1	239
Total	-181	228	-71	-16	-77	-95

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados con los obtenidos en el modelo acoplado calibrado (1989-2019) en la Tabla 5.1-1, se observa el aumento de la recarga superficial, en aproximadamente 239 l/s, a raíz de que la demanda superficial se replica desde 2019 a 2050, con un último periodo de ésta superior a la ventana 1989-2019.

Por otro lado, la recarga por concepto de río disminuye en 334 l/s, lo que en parte se puede explicar por la disminución de la escorrentía superficial con el MCG CSIRO, y la sinergia producida en el modelo acoplado superficial subterráneo.

Respecto a la variación de niveles subterráneos, se aprecia un leve descenso de los niveles proyectados en relación a la ventana 1989-2019, y que éstos siguen la tendencia observada en el periodo histórico. Al analizar la totalidad de celdas activas del modelo, el descenso promedio en los SHACs, por efectos del cambio climático, es del orden de 28 metros, siendo el SHAC con mayores descensos Choapa Medio

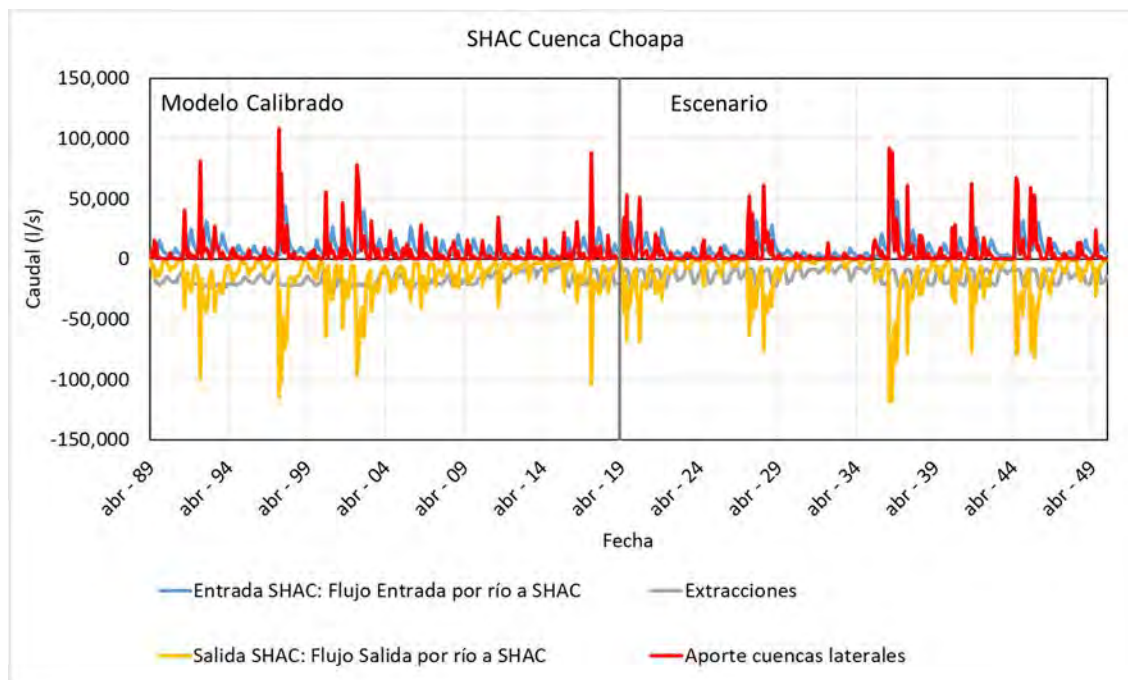
En consecuencia, en lo que respecta al escenario de cambio climático, al comparar las ventanas de tiempo 1989-2019, y 2020-2050, la principal brecha detectada con la implementación del MCG CSIRO, es una disminución de la escorrentía promedio en la cuenca, del orden de un 10%. Esta variación de la oferta hídrica, repercute directamente en una disminución de la recarga de río al acuífero del Choapa, lo que, sumado al efecto de los pozos en el sistema, genera descensos en el sistema, promedio, del orden de 30 metros en la ventana 2020-2050, respecto de 1989-2019.

5.2.2 Resultados Escenario 1: Caso Base

En términos generales, y al igual que en el periodo base, los flujos de entrada y salida por tramos de río en cada SHAC, son la mayor componente simulada en el balance superficial futuro. Así también, el aporte de las cuencas laterales tiene un rol importante en los SHACs, puesto que, generan gran parte de la escorrentía que escurre por la cuenca del Choapa. En este sentido, la simulación futura en la ventana 2019-2050 indica que esta configuración se mantiene como la situación del caso base.

Otro punto importante es la componente de extracción, la cual se observa toma más relevancia en los SHACs de Choapa Alto e Illapel, puesto que son aquellos sectores en donde se desarrolla más la actividad agrícola.

En la Figura 5.2-1 se presentan las componentes del balance hídrico a nivel de cuenca. En esta es posible observar que, en general, la oferta hídrica en la cuenca, asociada a las cuencas laterales y flujos de entrada, disminuye levemente en el flujo base aportante para el periodo 2020-2050, en relación al periodo 1989-2019; situación que ya fue mencionada en el acápite referente escenario de cambio climático.



Fuente: Elaboración propia.

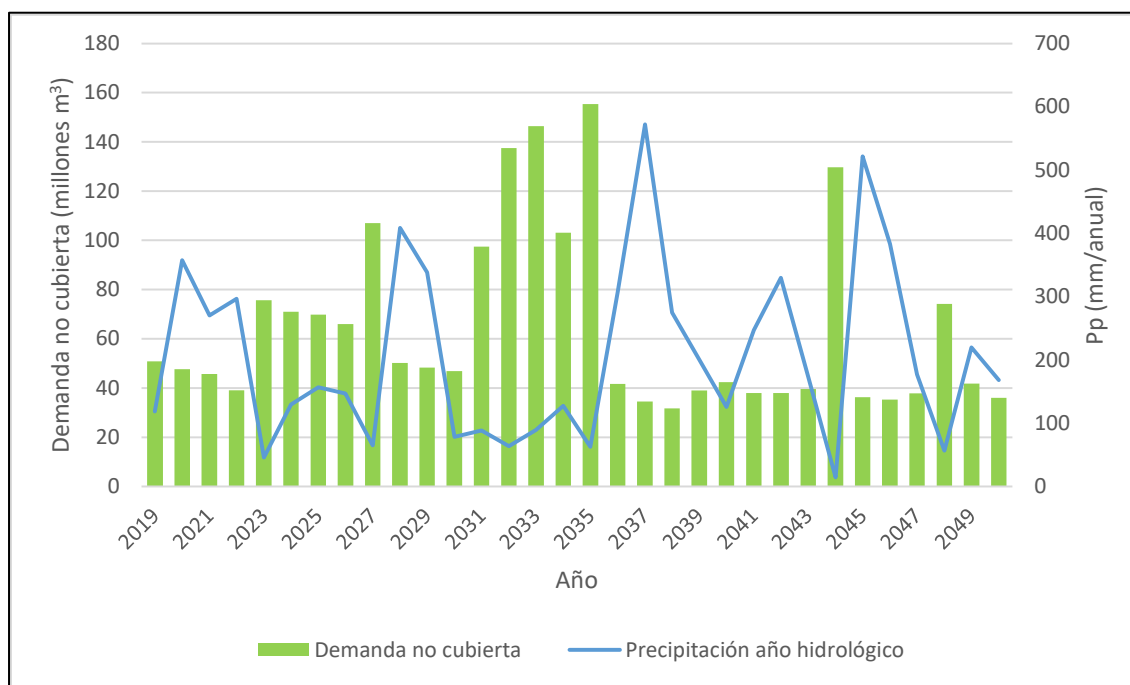
Figura 5.2-1 Componentes Balance Hídrico Superficial en Cuenca Choapa

Así también, es posible observar de los gráficos que la extracción proyectada de la cuenca es fuertemente influenciada por la variación del régimen hídrico en la cuenca, al igual que en la ventana 1989-2019. En años donde se observan flujos altos de entrada, las extracciones tienden a aumentar. Por otro lado, cuando se presentan periodos de bajo caudal aportante, las extracciones disminuyen, como se observa entre los años 2029 y 2034. Los meses que presentan mayor extracción son noviembre y diciembre, ligado a los meses con mayor caudal pasante por el río.

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 15 m³/s.

Por otra parte, para el volumen de demanda insatisfecha agrícola anual a nivel de cuenca, se identifica una relación de la variable con la precipitación anual (Figura 5.2-2). Se observa que para ciclos como el periodo 2031-2035 la demanda insatisfecha en la

cuenca es del orden de 120 millones de m³, con una precipitación media anual del orden de los 90 mm; mientras que en la ventana 2036-2040 la demanda insatisfecha bordea 40 millones de m³, con una precipitación media anual del orden de 350 mm.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-2 Brechas demanda agrícola superficial periodo 2019-2050

En la Tabla 5.2-3 se presenta el resultado del balance hídrico subterráneo para el periodo 2020-2050. Es importante destacar que se presenta el análisis para los SHACs de la cuenca, acoplados en el esquema WEAP-MODFLOW según lo especificado en la construcción del modelo en el Anexo H, y su metodología en el acápite 3.4 del Anexo F.

En la Tabla 5.2-4 se presenta la variación entre el modelo acoplado calibrado (1989-2019) y el Escenario 1. Al comparar los resultados con los obtenidos en el modelo acoplado calibrado (1989-2019) en la Tabla 5.1-1, se observa la disminución de la recarga de río en un 18% (desde 3.399 l/s a 2.710 l/s), por concepto de la disminución de la escorrentía superficial debido a la proyección de cambio climático, mencionado en el acápite anterior.

En lo que respecta al desembalse del acuífero, este aumenta en 50 l/s, principalmente producido el aumento del bombeo en los SHACs para solventar la demanda en las zonas de riego. Así también, otro punto importante a destacar es la disminución del afloramiento neto en el sistema, el cual se reduce más de 1.000 l/s, respecto del caso base, por concepto del aumento del bombeo en los SHACs, y la sinergia producida por la disminución de escorrentía en la cuenca.

Tabla 5.2-3 Escenario 1, Balance Hídrico Subterráneo 2020-2050

Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	84	1	420	48	178	
Recarga desde río	1.091	103	573	40	903	2.710
Recarga superficial	809	586	769	470	915	3.549
Total	1.983	690	1.762	558	1.995	6.258
Salidas (l/s)						
Flujo interacuífero	1	38	46	393	253	
Afloramiento río	1.914	311	1.578	150	1.445	5.398
Evapotranspiración ripariana	3	25	45	12	14	99
Pozos de bombeo	75	365	105	19	304	868
Descarga hacia el mar u otros	3	0	0	0	0	3
Total	1.996	739	1.774	574	2.016	6.368
Variación de Almacenamiento (l/s)	-13	-49	-12	-16	-21	-110

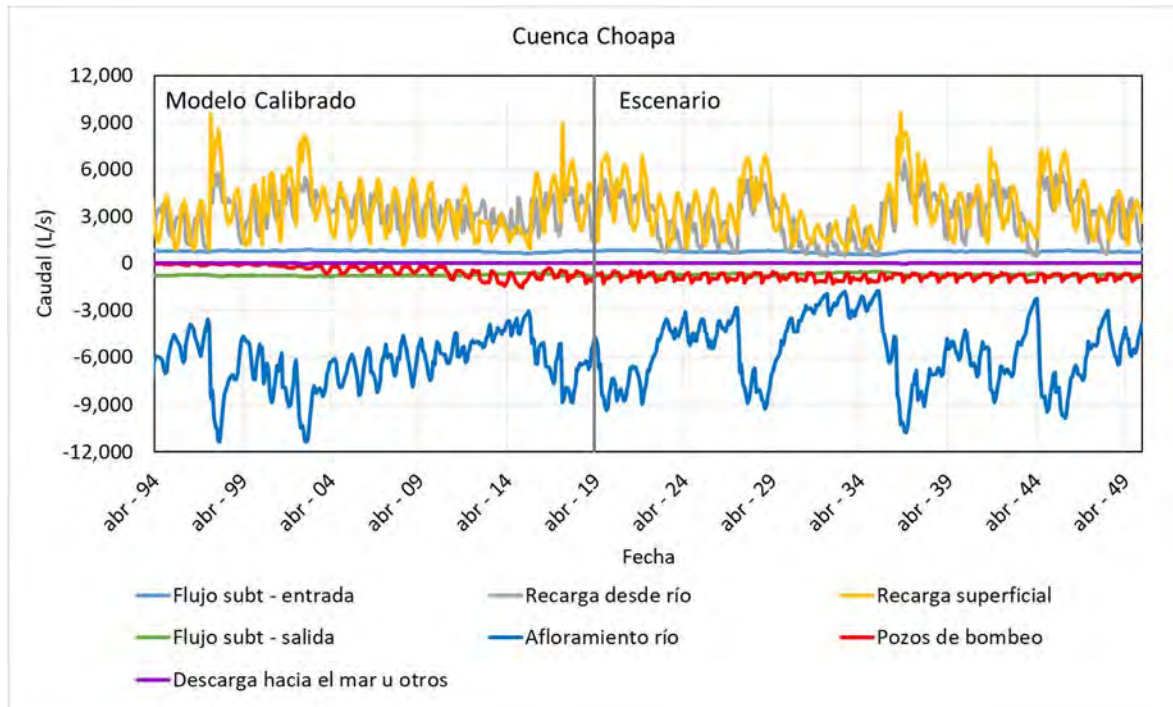
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2-4 Variación en l/s entre el Escenario 1 (2020-2050) y el Modelo Acoplado Calibrado (1989-2019)

Variación Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	-8	0	-14	-2	-17	
Recarga desde río	-255	13	-156	7	-197	-589
Recarga superficial	-12	136	-1	-53	-40	30
Total	-276	150	-172	-49	-255	-560
Variación Salidas (l/s)						
Flujo interacuífero	0	0	-8	-23	-10	
Afloramiento río	-317	-118	-218	-31	-363	-1046
Evapotranspiración ripariana	1	7	5	1	1	15
Pozos de bombeo	42	252	63	8	135	500
Descarga hacia el mar u otros	-2	0	0	0	0	-2
Total	-276	141	-158	-45	-237	-533

Fuente: Elaboración propia.

De manera de tener una visión integral de las componentes que formulan el balance subterráneo, en la Figura 5.2-3 se presentan las variables a nivel de cuenca del río Choapa.



Fuente: Elaboración propia.

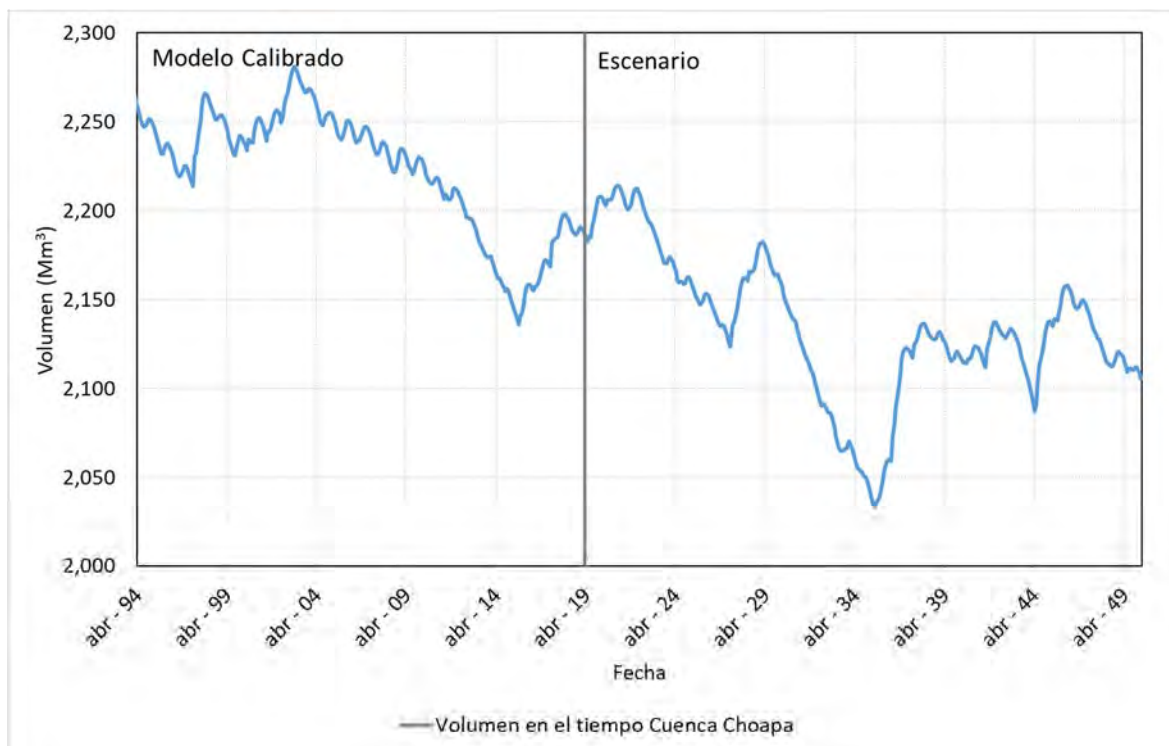
Figura 5.2-3 Componentes de Balance Hídrico Subterráneo Cuenca Choapa – Escenario 1

Se observa la directa correlación entre el afloramiento del sistema y la recarga por conceptos de río y superficial en el sistema. En particular se aprecia que en el periodo donde ocurre menores precipitaciones, 2030-2035, consecuentemente hay menor recarga, provocando la disminución en el afloramiento del sistema.

El flujo de las extracciones opera cada año en función de la demanda de las zonas de riego, alcanzando los peaks en los meses de septiembre, cuando aún no se alcanza el peak de escorrentía en el río, y por ende en las extracciones superficiales; posteriormente las extracciones alcanzan los mínimos en los meses de invierno, cuando la interacción entre precipitación, extracción superficial, y demanda evapotranspirativa de los cultivos, funcionan sin necesidad del caudal subterráneo.

Por último, se puede observar el descenso de las componentes de recarga desde río y afloramientos para la ventana 2020-2050, como se indicó en la Tabla 5.2-3. En particular, las componentes en promedio, disminuyen por el aumento de periodos en los cuales éstas se mantienen bajas, y no por una tendencia al descenso de las mismas. Es decir, en términos generales la cuenca recibe menos aporte asociado a la componente de recarga de río y afloramiento.

Finalmente, en la Figura 5.2-4, se presenta la variación del volumen almacenado de agua en la cuenca del Choapa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2-4 Volumen Embalsado en Cuenca Choapa

En consecuencia, al analizar la totalidad de la cuenca del río Choapa, ésta desembalsa 40 Mm^3 en el periodo 1989-2019, y 71 Mm^3 entre 2020 y 2050; a una tasa promedio de 113 l/s. Tal como se analizó en los gráficos de componentes subterráneas, los periodos de desembalse se producen en las épocas donde aprecia menor precipitación, por ejemplo, el periodo 2019-2034 (Figura 5.2-2), generando menor caudal en el río, menores extracciones para recargar las zonas de riego, y por consiguiente, desembalsando el sistema. Así mismo, se destacan periodos en los que el acuífero tiende a recuperarse, como el ciclo 2035-2038, dependiente principalmente de la precipitación

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:

- Aumento de demanda no cubierta hacia el año 2035.
- Disminución del afloramiento neto en la cuenca del Choapa.
- Desembalse de la cuenca del río Choapa de 71 Mm^3 , con un promedio de 113 l/s. Principalmente compuesto por desembalse de SHAC Illapel de 30 Mm^3 .

5.3 SUSTENTABILIDAD

5.3.1 Oferta Hídrica Sustentable Superficial

De acuerdo a la metodología expuesta en el acápite 3.4.6 del Anexo F, en este acápite se presentan las curvas de variación estacional de las subcuencas del río Choapa, río Illapel y estero La Canela. 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

De acuerdo con los resultados obtenidos, se establece que el régimen de la subcuenca del río Illapel es nivopluvial, con preponderancia de la componente nival. Por otra parte, el cálculo de los caudales con probabilidad de excedencia de 5, 50 y 85% arroja que la cuenca del Estero La Canela posee un régimen pluvial. Finalmente, la cuenca del río Choapa posee un régimen nivopluvial, con preponderancia de la componente pluvial.

5.3.1.2 Actualizar los derechos otorgados, en trámite, de todo tipo y distribución

A continuación, se presentan en la Tabla 5.3-2, la Tabla 5.3-1 y la Tabla 5.3-3 los flujos totales asociados a Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales (DAAS) Eventuales y Permanentes para cada subcuenca.

Tabla 5.3-1 Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Río Illapel (m³/s)

Tipo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Derechos Event.	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Derechos Perm.	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-2 Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Estero La Canela (m³/s)

Tipo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Derechos Event.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Derechos Perm.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.3-3 Flujo Total Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales para Río Choapa (m³/s)

Tipo	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Derechos Event.	7,00	7,20	7,41	7,77	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,36
Derechos Perm.	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,87	3,87	3,85

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Oferta hídrica sustentable y caudal ecológico

El caudal ecológico se presenta la Tabla 5.3-4. Este es calculado considerando un caudal igual al 50% del caudal mínimo de estiaje del año a un 95% de probabilidad de excedencia.

Tabla 5.3-4 Caudales ecológicos para las cuencas analizadas

Cuenca	Q ecológico (m ³ /s)
Río Illapel	0,48
Estero La Canela	0,06
Río Choapa	1,57

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 5.3-5 Oferta hídrica del río Illapel (m³/s)

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	4,56	8,43	9,59	6,97	11,81	6,11	10,59	17,56	19,41	10,47	6,39	4,78
Eventual	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Q85%	1,49	1,45	1,64	1,44	1,66	1,70	2,55	3,00	2,41	2,03	1,85	1,53
Permanente	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Q ecol	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Saldo Eventual	1,99	5,90	6,88	4,46	9,07	3,33	6,97	13,49	15,92	7,37	3,47	2,17
Saldo Perman.	-0,65	-0,68	-0,50	-0,69	-0,47	-0,43	0,42	0,87	0,28	-0,11	-0,28	-0,60

Fuente: Elaboración propia.

De esta tabla 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 entre enero y septiembre.

Tabla 5.3-6 Oferta hídrica del estero La Canela

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	5,11	24,65	37,96	23,56	16,73	4,59	1,93	1,59	1,39	1,25	1,22	1,07
Eventual	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Q85%	0,16	0,18	0,80	0,90	0,71	0,50	0,32	0,30	0,25	0,22	0,21	0,18
Permanente	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Q ecol	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Saldo Eventual	5,00	24,54	37,85	23,45	16,62	4,48	1,82	1,48	1,33	1,19	1,16	1,01
Saldo Perman.	0,05	0,08	0,70	0,80	0,61	0,39	0,21	0,19	0,14	0,11	0,11	0,08

Fuente: Elaboración propia.

De esta tabla se puede desprender que, en términos de derechos eventuales y permanentes, la oferta hídrica de la subcuenca del estero La Canela no presenta un déficit del recurso. En el caso permanente el saldo es cercano a cero para todo el año mientras que para el caso eventual el mayor saldo se alcanza en junio.

A partir del saldo eventual y permanente de ambas subcuencas, se migran los caudales a la subcuenca del río Choapa, 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 Choapa, como se muestra en la Tabla 5.3-7.

Tabla 5.3-7 Oferta Hídrica cuenca Río Choapa (m³/s)

Valor	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Q5%	16,53	45,81	69,26	42,37	43,84	34,42	49,70	55,05	42,85	26,96	20,23	14,75
Derechos Event. Choapa	7,00	7,20	7,41	7,77	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,36
Saldo Event. Est. La Canela	5,00	24,54	37,85	23,45	16,62	4,48	1,82	1,48	1,33	1,19	1,16	1,01
Saldo Event Illapel	1,99	5,90	6,88	4,46	9,07	3,33	6,97	13,49	15,92	7,37	3,47	2,17
Q85%	4,33	5,13	7,26	6,26	7,17	6,31	8,66	11,05	9,13	6,56	6,17	4,86
Derechos Perm. Choapa	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,87	3,87	3,85
Saldo Perm. Est. La Canela	0,05	0,08	0,70	0,80	0,61	0,39	0,21	0,19	0,14	0,11	0,11	0,08
Saldo Perm. Illapel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,87	0,28	0,00	0,00	0,00
Q ecológico	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Saldo Event.	14,95	67,49	105,01	60,93	60,16	32,86	49,12	60,65	50,73	26,14	15,48	8,99
Saldo Perm.	-1,04	-0,23	2,53	1,64	2,35	1,28	3,86	6,68	4,14	1,23	0,83	-0,48

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo presentado en la Tabla 5.3-7, es posible resumir lo siguiente:

- En términos de DAAS eventuales, las cuencas de río Illapel y Estero La Canela traspasan saldos positivos (todos los meses) de flujo a la subcuenca del río Choapa, con valores que fluctúan entre 1,0 m³/s y 37,9 m³/s.
- Respecto a DAAS permanentes para las mismas cuencas, la cuenca del río Illapel cuenta con saldos de entre 0,0 m³/s y 0,87 m³/s, solo en los meses de octubre, noviembre y diciembre. En el caso de la cuenca del estero La Canela, se cuenta con saldos permanentes para todos los meses del año de entre 0,05 m³/s y 0,8 m³/s.
- Considerando la cuenca del río Choapa en términos globales, existe un déficit en el caso de DAAS permanentes de entre 0,23 m³/s y 1,04 m³/s. En el caso de los derechos eventuales, si bien los cálculos indican que existe saldo, se recomienda realizar un estudio específico de análisis y validación de DAAS con trabajos de gabinete y en terreno.
- En base a lo anterior, la cuenca del río Choapa no cuenta con oferta sustentable superficial, asociada a DAAS permanentes, en los meses de marzo, abril y mayo.

- Es importante considerar que el cálculo de sustentabilidad superficial preliminarmente se realizó considerando información de DAAS otorgados por la IF al inicio del trabajo de consultoría, (Planilla DAA a nivel nacional). Sin embargo, en función de resultados preliminares obtenidos con dicha información, se obtuvo una disponibilidad hídrica que no se condice con el nivel de consumo que hay actualmente en el modelo acoplado. De esta manera, se consideró para la determinación de la oferta superficial sustentable la información Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA.

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 aplican en aquellos SHAC ubicados dentro del dominio de acople. Sus resultados se presentan en los acápite siguientes.

Para la implementación de escenarios y análisis de sustentabilidad de los acuíferos, se consideró el modelo descrito en la Tabla 5.3-8, tomando como base el modelo E CC, seleccionado en el acápite 5.1.2.

Tabla 5.3-8 Descripción modelo considerado para sustentabilidad sectores acuíferos

Sustentabilidad Acuífero	Periodo	OBS
Periodo de modelación	Abr 1989 - 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 análisis de actual operación de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1 Análisis Sustentabilidad en SHACs

Para la cuenca del río Choapa se han analizado los SHACs Illapel, Chalinga, Choapa Alto, Choapa Medio y Choapa Bajo. 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 5.3-9.

Tabla 5.3-9 Condicion Actual SHACs Choapa

SHAC	Condición
Choapa Alto	Cerrado
Chalinga	Cerrado
Choapa Medio	Abierto
Illapel	Cerrado
Choapa Bajo	Cerrado

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis de los criterios de sustentabilidad aplicados a la cuenca del río Choapa se presentan de manera individual, a continuación.

Criterio 1: Volumen Sustentable

Utilizando el valor de la variable de estado nivel freático para cada celda activa dentro del dominio de modelación del modelo acoplado, se obtuvo la variación del volumen para los 50 años de análisis, siendo sus resultados presentados en la Tabla 5.3-10.

Tabla 5.3-10 Criterio 1 Cuenca Río Choapa

SHAC	ΔV_{50}	Cumplimiento Criterio
Choapa Alto	0,8%	Cumple
Chalinga	4,2%	Cumple
Choapa Medio	1,2%	Cumple
Illapel	7,3%	No Cumple
Choapa Bajo	1,0%	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, a excepción de Illapel cumplen el primer criterio.

Por otra parte, la Tabla 5.3-11 muestra la oferta sustentable necesaria en cada SHAC para alcanzar una variación del 5% en un período de 50 años.

Tabla 5.3-11 Oferta sustentable Río Cuenca Choapa

SHAC	Oferta sustentable (l/s)
Choapa Alto	15,0
Chalinga	0,7
Choapa Medio	9,4
Illapel	0,0
Choapa Bajo	4,8

Fuente: Elaboración propia.

La oferta sustentable para los SHACs Chalinga e Illapel es cercana a cero, por lo que se considera que el criterio se cumple de manera ajustada y se aconseja determinar el no cumplimiento del criterio para ambos SHACs.

Criterio 2: Interferencia Río Acuífero

Este criterio implica inicialmente el cálculo del caudal medio anual con una probabilidad de excedencia del 85% (Q85). Para ello en el modelo acoplado se incorporan estaciones de control de flujo superficial a la salida de cada SHAC, de manera de permitir su obtención. 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 5.3-12.

Tabla 5.3-12 Criterio 2 Cuenca Río Choapa

SHAC	Q85% (l/s)	10% * Q85% (l/s)	ΔQ (l/s)	Cumplimiento Criterio
Choapa Alto	2.939,3	293,9	474,3	No Cumple
Choapa Medio	4.353,6	435,4	719,1	No Cumple

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, se aprecia que los SHACs Choapa Alto y Choapa Medio no cumplen el criterio 2, superando el afloramiento neto a la restricción de flujo.

5.3.2.2 Oferta Subterránea Sustentable

Considerando el no cumplimiento del criterio 1 por los SHACs Illapel, Chalinga y Choapa Bajo y el no cumplimiento del criterio 2 por parte de los SHACs Choapa Alto y Choapa Medio se estima que actualmente ningún SHAC de la cuenca del Río Choapa presentan una explotación sustentable que cumpla con los criterios establecidos.

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: Recarga artificial de acuíferos en sector Panguecillo (SHAC Choapa Alto).
- Escenario 3: Embalse Canelillo, ubicado justo aguas arriba de la confluencia entre el río Choapa y el río Illapel.

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

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	Abr 1989 - Mar 2050 (1989-2019 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	Recarga SHAC Choapa Alto
Iniciativa desarrollada E3	Embalse Canelillo

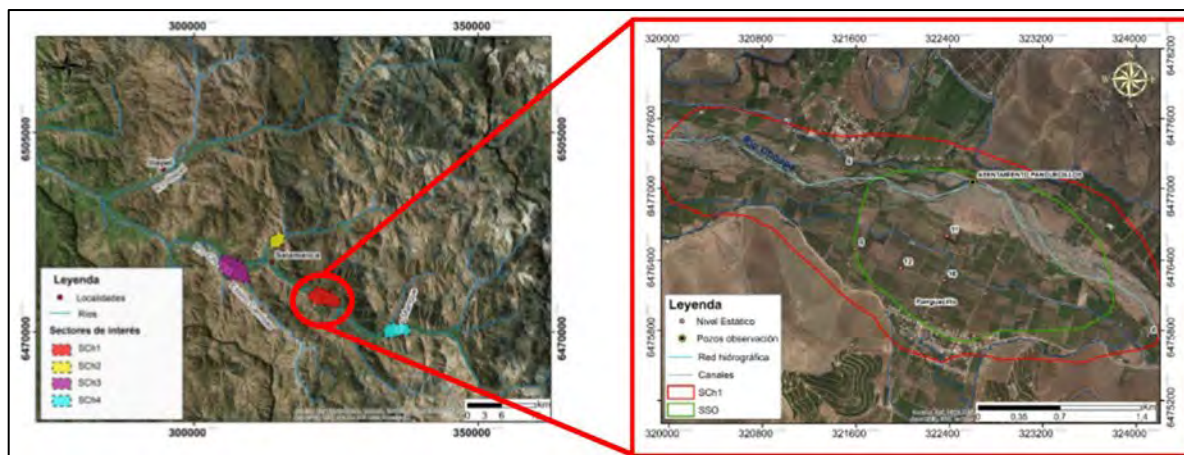
Fuente: Elaboración propia.

5.4.1 Escenario 2

Este escenario (E2) se basa en la información presentada en los siguientes estudios:

- “Investigación Recarga Artificial de Acuíferos Cuencas del Río Choapa y Quilimarí, Región de Coquimbo”, DGA, 2012.
- “Proyecto de Recarga Artificial en la Cuenca del río Choapa; Propuesta de zonas óptimas para su implementación y evaluación económica”, memoria para optar al título de Geólogo, por Patricia Guerrero, Universidad Andrés Bello.

En estos estudios se analizó la factibilidad técnico económica de diferentes alternativas de recarga de acuíferos, luego de lo cual se elige la solución de pozos de infiltración en la localidad de Panguecillo. La Figura 5.4-1 presenta un esquema referencial de la ubicación de las zonas de recarga.



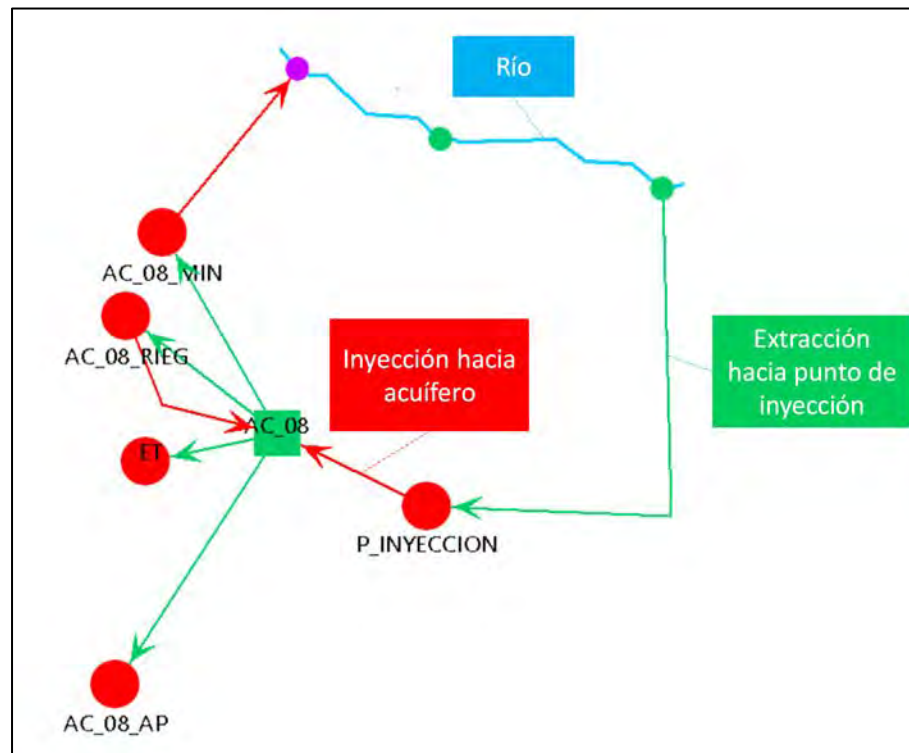
Fuente: Modificado de UNAB (2018).

Figura 5.4-1 Ubicación referencial pozos de inyección

Según se detalla en dicho documento, se considera una inyección de 158 l/, los cuales son extraídos del río Choapa en el periodo entre octubre y enero, donde se encuentra un mayor flujo disponible.

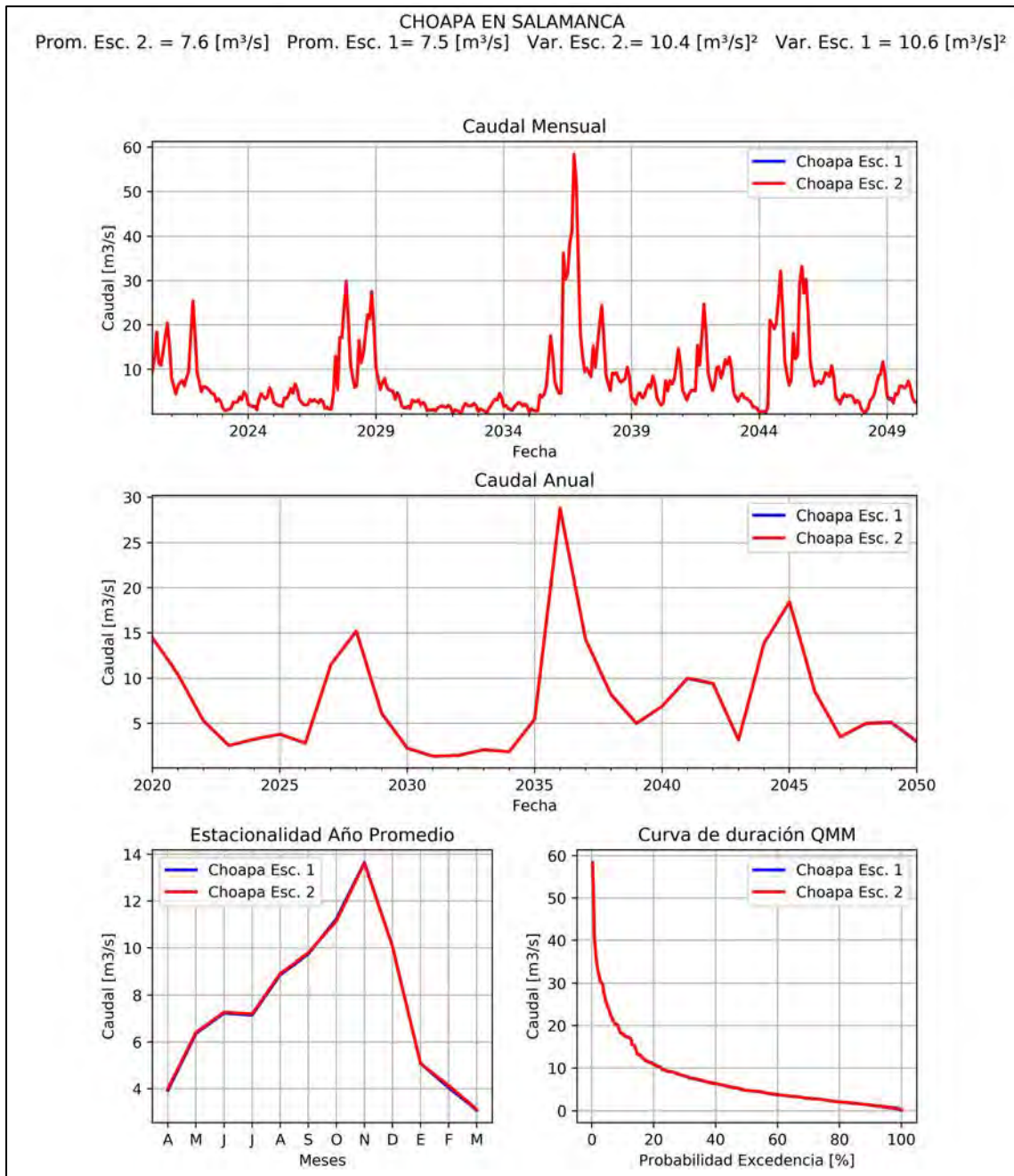
En términos de modelación, este escenario se implementó a través de un nodo de demanda que extrae el flujo mencionado desde el río, para recargar el elemento de agua subterránea AC-08, tal como se muestra en la Figura 5.4-2. Este nodo de demanda es vinculado al sistema subterráneo, con el fin de generar la interacción descrita a lo largo de este estudio.

Conforme a lo anterior, el modelo se implementó y ejecutó, obteniéndose a nivel superficial los resultados presentados en la Figura 5.4-3. En esta se aprecia que respecto al Escenario 1, no se observa mayores variaciones en el flujo aguas abajo del punto de captación, debido al bajo caudal extraído en relación al flujo pasante (aproximadamente un 2%), con un promedio de 7,6 m³/s en relación a 0,158 m³/s en los meses octubre a enero (flujo promedio de 0,053 m³/s).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-2 Esquema de implementación de recarga en WEAP PEGH Choapa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-3 Caudal simulado aguas abajo del punto de captación para inyección

En lo que respecta al balance hídrico subterráneo de la zona acoplada 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

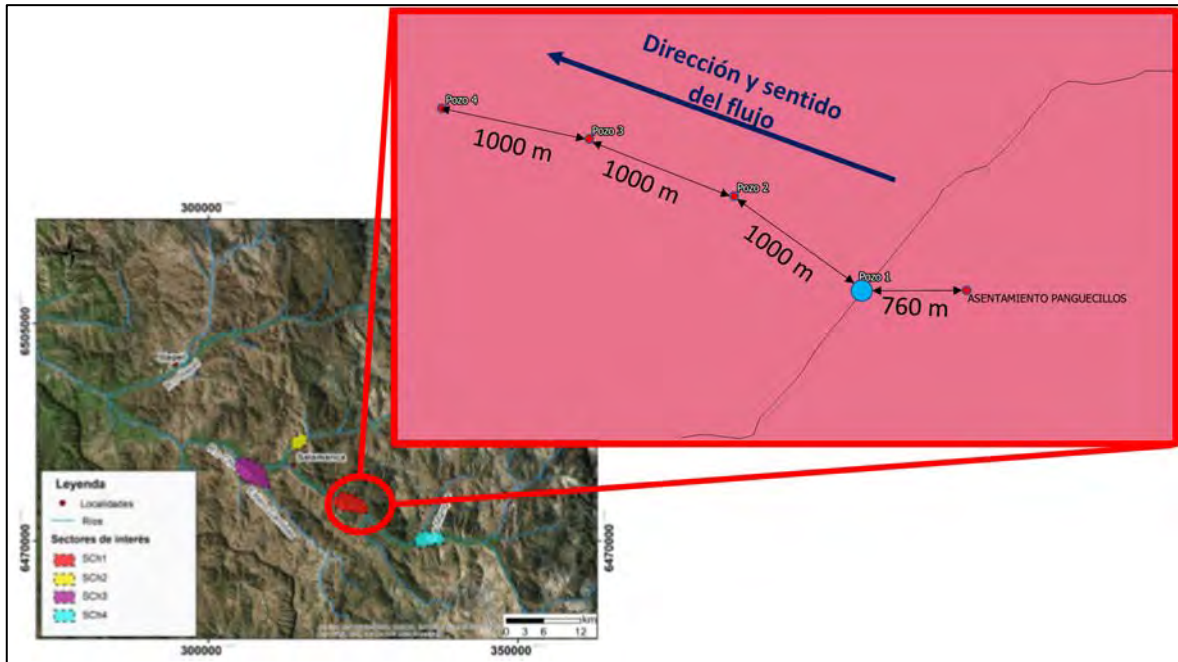
Balance 1920-2050						
Entradas (l/s)	Choapa Bajo	Illapel	Choapa Medio	Chalinga	Choapa Alto	Total
Flujo interacuífero	85	1	418	48	175	
Recarga desde río	1.118	103	617	40	1.041	2.919
Recarga superficial	809	586	755	468	906	3.524
Pozos de inyección	0	0	0	0	53	53
Total	2.012	690	1.790	556	2.175	6.496
Salidas (l/s)						
Flujo interacuífero	1	38	47	389	252	
Afloramiento río	1.942	310	1.603	151	1.619	5.626
Evapotranspiración ripariana	3	25	45	12	14	99
Pozos de bombeo	76	365	107	19	307	874
Descarga hacia el mar u otros	4	0	0	0	0	4
Total	2.024	739	1.803	572	2.192	6.603
Variación de Almacenamiento (l/s)	-13	-49	-12	-16	-17	-107
Error de Balance (l/s)	0,00	-0,03	-0,01	0,01	0,03	0,00
Error de Balance (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, y con fines comparativos, el balance hídrico subterráneo del Escenario Base (E1), se presentó en la Tabla 5.2-3. De esta forma, en el periodo simulado se obtiene un flujo promedio de recarga al acuífero por el concepto de inyección de 53 l/s (periodo 2019-2050); correspondiente a 158 l/s entre octubre y enero, y sin inyección entre febrero y septiembre.

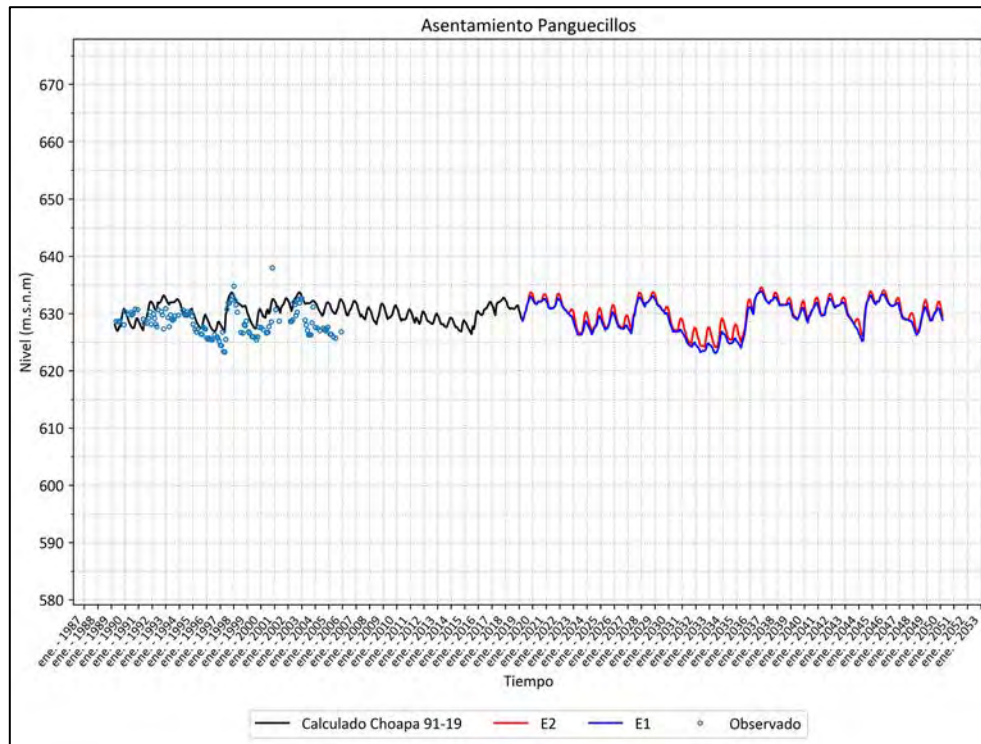
Respecto a los niveles, se analizó el comportamiento del pozo de observación Asentamiento Panguecillos, ubicado a 760 m del punto de inyección, y cuatro pozos de observación ficticios (P1, P2, P3 y P4) equiespaciados en 1 km y dispuestos espacialmente concordantes con la dirección del flujo subterráneo, tal como se muestra en la Figura 5.4-4. El pozo P1 corresponde al punto donde se realiza la inyección.

De acuerdo a lo expuesto en la Figura 5.4-5, se aprecia que, en relación al E1, los niveles calculados en un contexto de recarga artificial generan un aumento de entre 1 a 2,5 metros en el nivel freático del pozo de inspección Asentamiento Panguecillos, apreciándose la estacionalidad propia de la recarga, entre los meses de octubre y enero.



Fuente: Modificado de UNAB (2018).

Figura 5.4-4 Esquema pozos de observación ficticios y As. Panguecillos

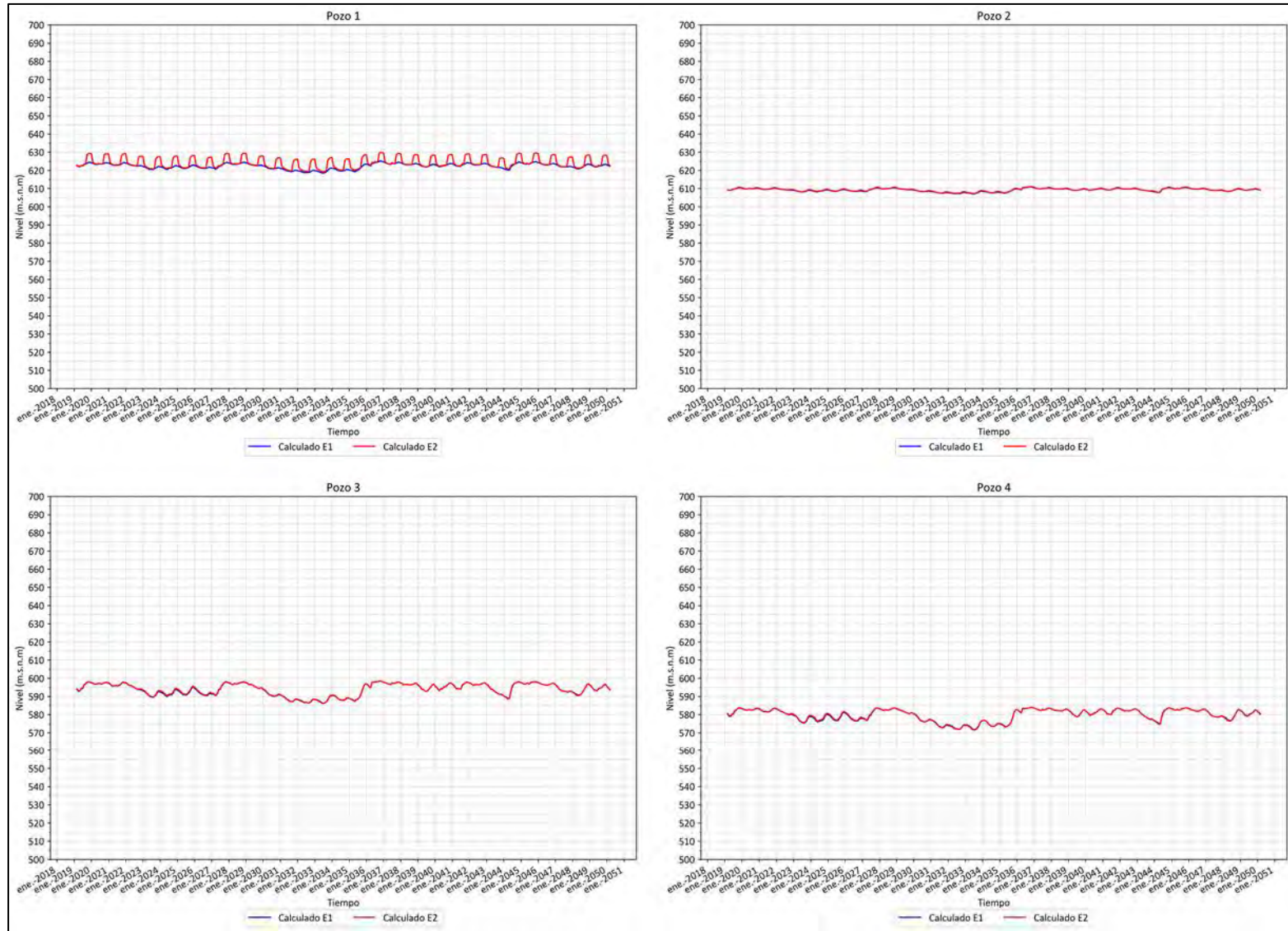


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-5 Comparación E1 vs E2 de niveles calculados (Asentamiento Panguecillos)

En lo que respecta a los pozos ficticios, en la Figura 5.4-6 se presentan los limnigramas obtenidos (Pozo 1, 2, 3 y 4; en la misma escala), donde se aprecia que, en la vecindad del punto de inyección, el nivel freático asciende 7 m en el periodo de recarga. Por otra parte, 2 kilómetros aguas abajo (Pozo 3) prácticamente no se evidencia el efecto de la recarga. Esto se debe a que el flujo de recarga es bajo en relación a la recarga total al SHAC Choapa Alto para E1, de 2.300 l/s.

De acuerdo a lo presentado, se establece que esta iniciativa genera un impacto significativo en un radio aproximado no mayor a 500 m, por lo cual corresponde a una iniciativa de beneficio más bien local.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-6 Limnigramas pozos de inspección

5.4.2 Escenario 3

Este escenario (E3) se basa en el estudio de factibilidad “Estudio de Factibilidad Construcción Embalse Canelillo, Provincia de Choapa, Región de Coquimbo”, del año 2017, realizado por SMI Ingenieros para la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), el cual fue obtenido mediante la gestión de la Dirección General de Aguas. El embalse se proyecta en el lecho del río Choapa, justo aguas arriba de la confluencia con el río Illapel. El área beneficiada corresponde a las zonas de riego ubicadas aguas abajo de este punto. En el modelo, esta zona se representa a través de 10 nodos: ZR_27ANU, ZR27FRU, ZR28ANU, ZR28FRU, ZR29ANU, ZR29FRU, ZR30ANU, ZR30FRU, ZR31ANU y ZR31FRU.

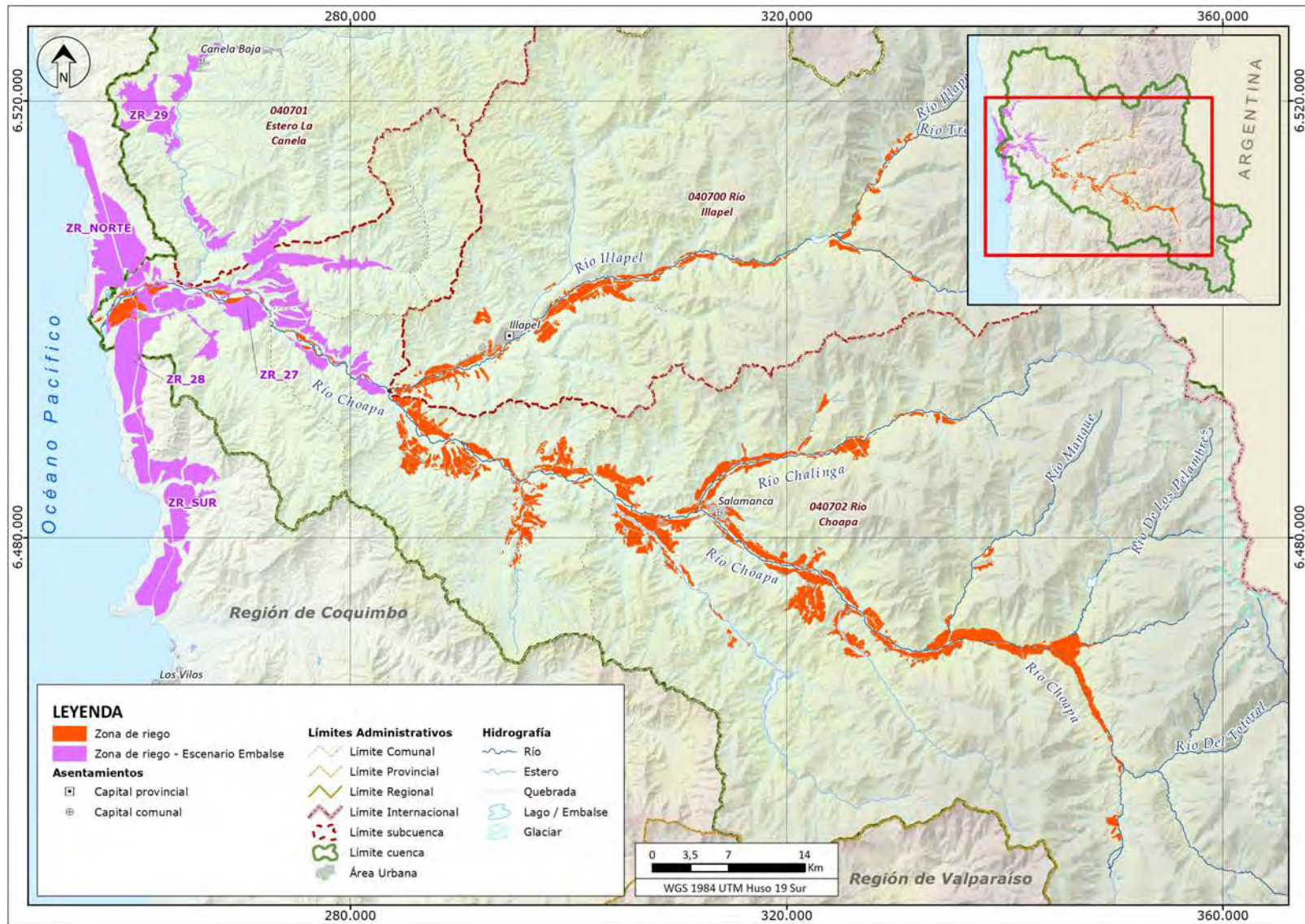
Considerando que el embalse se propone como una alternativa de mejora en la seguridad de riego, pero además de expansión del área cultivada en Choapa Bajo (zona beneficiada por embalse), se definieron 2 sub-escenarios: 3A y 3B. El escenario 3A considera un aumento del área de riego entre 2020 y 2050 de acuerdo a lo presentado en la Tabla 5.3-12.

Tabla 5.4-3 Criterio 2 Cuenca Río Choapa

Año	2019	2020	2030	2050
Área total zona beneficiada (Ha)	633	11.912	13.033	14.722

Fuente: Elaboración propia.

En base al porcentaje de aumento de las áreas a 2050 y para efectos de que en el escenario 3A exista relación entre aumento de área y aumento de superficial hacia la zona de riego, se aplicó un factor al nodo de demanda que alimenta al canal correspondiente. Esto aplica para ZR_27ANU, ZR27FRU, ZR28ANU y ZR28FRU. La zona beneficiada se presenta en la Figura 5.4-8.



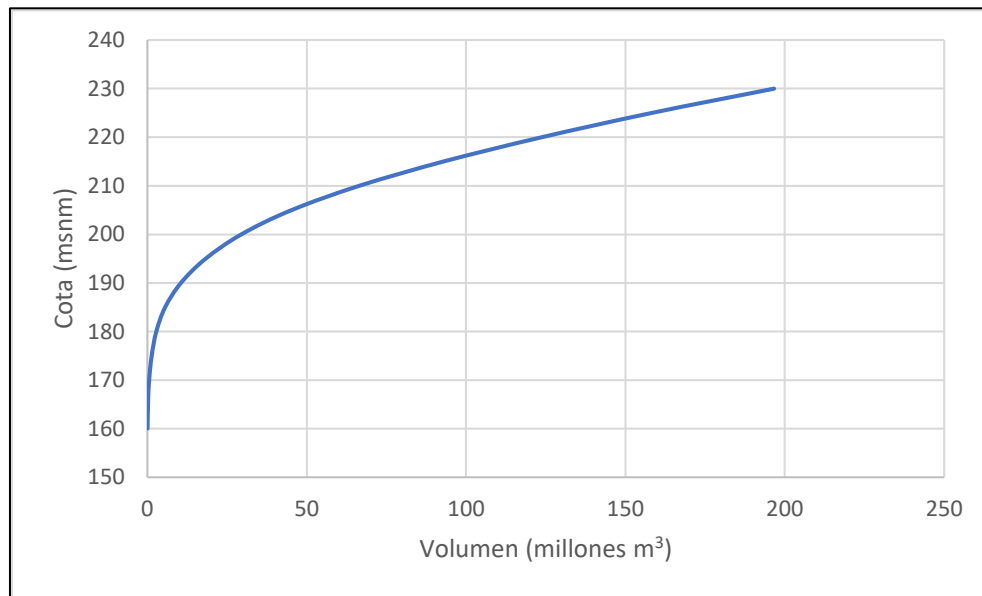
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-7 Zonas de riego aguas arriba y aguas abajo embalse Canelillo

Por otra parte, el transporte del flujo se llevó a cabo a través de *transmission links*, los cuales representan canales revestidos. De acuerdo a la información analizada, se consideró un 5% de pérdidas, las cuales se infiltran hacia los elementos de agua subterránea AC-27 y AC-28.

El escenario 3B se construyó en base al escenario 3A, y en éste se implementó el embalse proyectado el año 2025.

En relación a las características del embalse, se consideró un volumen máximo de 200 hm³, cuya curva característica utilizada se presenta en la Figura 5.4-8.



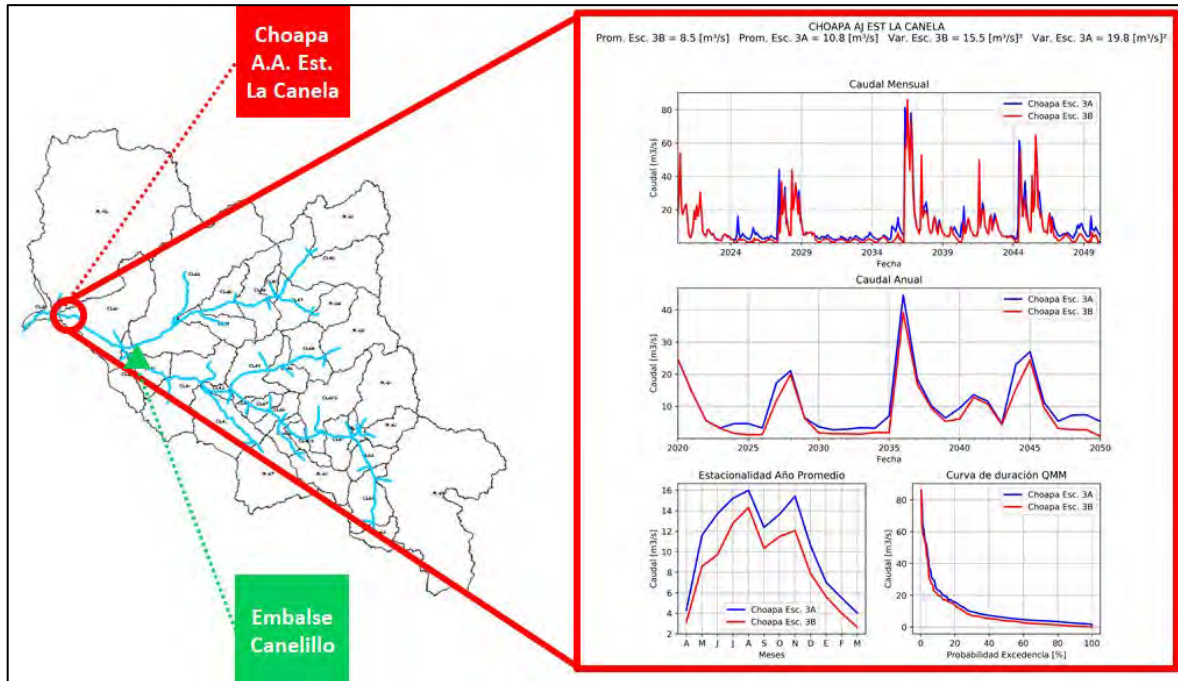
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-8 Curva embalse Canelillo

Por otra parte, la regla de operación del embalse se definió en función de requerimiento hídrico de las zonas de riego asociadas al embalse, dejando como flujo de salida del embalse el requerimiento de demanda de agua de las zonas de riego ZR27 y ZR28, debido a que son los nodos que requieren abastecimiento desde canales.

En lo que respecta a los resultados obtenidos, se analizó en primer lugar el impacto de la obra en los flujos superficiales aguas abajo del embalse. De esta forma, se analizó la estación Choapa Aguas Arriba Estero La Canela, cuyos caudales modelados se exponen en la Figura 5.4-9.

Se aprecia que el flujo modelado en E3B es menor al correspondiente a E3A, provocando una reducción en todo el periodo de modelación, debido a que las extracciones desde *transmission links* desvían el flujo directamente hacia las zonas beneficiadas.



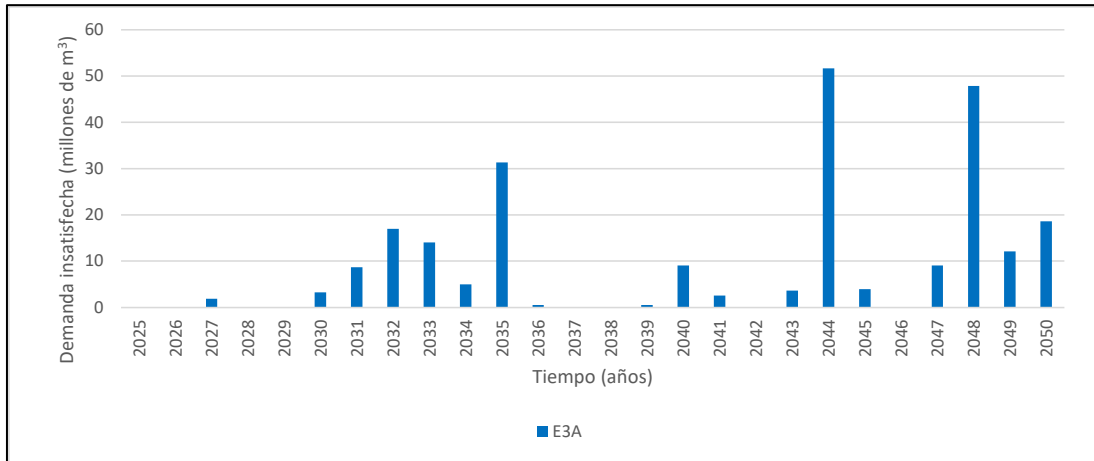
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-9 Flujos modelados estación río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela

Con el fin de cuantificar el impacto sobre el desempeño de la cuenca, se realizó un análisis comparativo del volumen de demanda agrícola insatisfecha para los escenarios 3A y 3B. En la Figura 5.4-11 se muestra la demanda insatisfecha para el periodo 2025 – 2050 (desde fecha de inicio del embalse), en la cual se aprecia que ésta disminuye significativamente cuando se implementa el embalse Canelillo (E3B).

Respecto a E3A (Figura 5.4-9), la demanda insatisfecha varía según año y oscila entre 0 y 50 millones de m^3 , con un promedio en el periodo 2025 - 2050 de 9,3 millones de m^3 .

En particular, en el periodo 2030-2035 se tienen valores de insatisfacción de entre 3 millones de m^3 (2030) a 31 millones de m^3 (2035). Esto se debe a los bajos caudales proyectados como oferta hídrica en estos años, con un promedio aproximado inferior a $3 m^3/s$ (Figura 5.4-9). La misma situación se aprecia en los años 2044 y 2048, cuyo flujo anual es del mismo orden de magnitud.

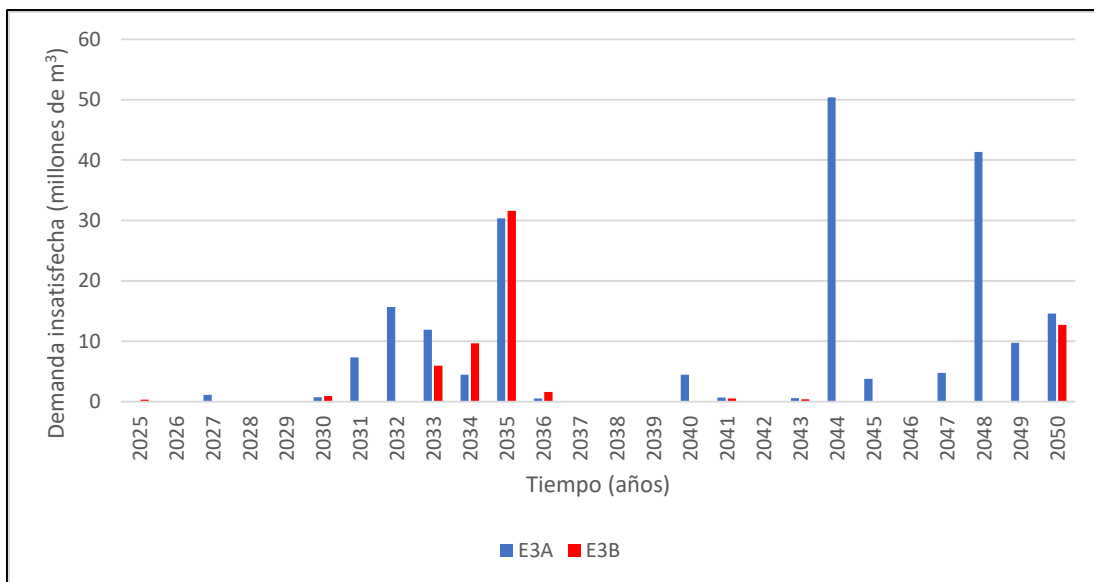


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-10 Demanda Insatisfecha E3A

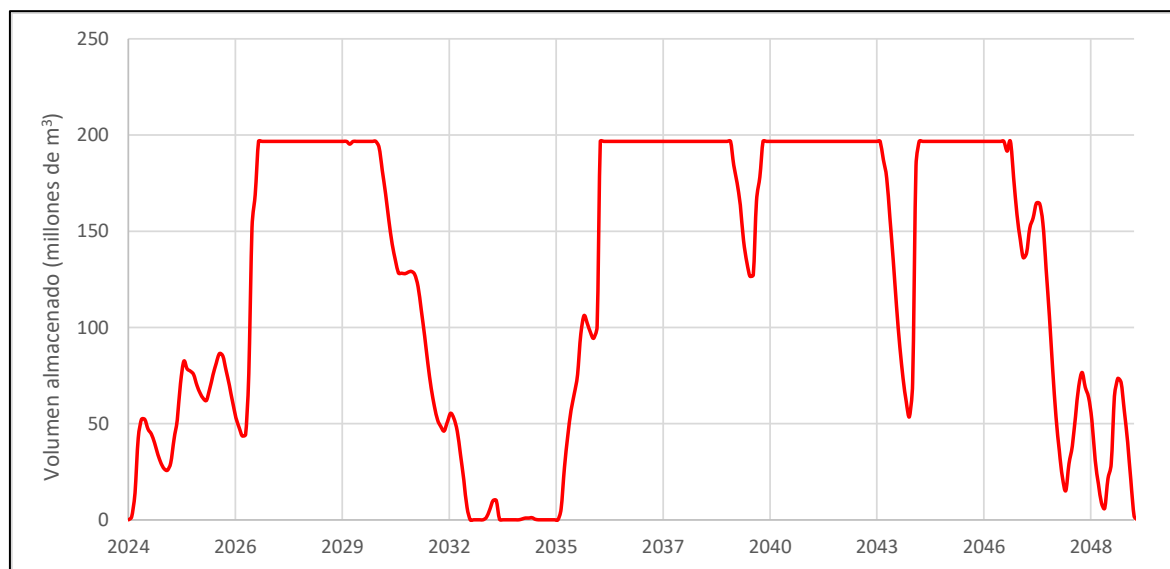
Con la implementación del escenario, de acuerdo a lo presentado en la Figura 5.4-11, en el periodo 2030-2033 se logran significativas mejoras en la demanda insatisfecha, con reducciones de entre un 76% y 100%. Es importante destacar que esto no se logra para los años 2034 y 2035, debido a que el embalse se encuentra en su nivel mínimo y luego en proceso de llenado, respectivamente (Figura 5.4-12).

En el periodo 2044-2045, se aprecia el desembalse del embalse Canelillo, el cual conlleva la reducción del 100% de la demanda insatisfecha. El efecto más fuerte se aprecia en los años 2047-2050, donde se alcanzan reducciones de la demanda insatisfecha de entre 72% y 100%, gracias al desembalse de Canelillo en el año 2047, y los desembalses de los años 2048 y 2049.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-11 Demanda insatisfecha zonas de riego aguas abajo Embalse Canelillo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.4-12 Volumen almacenado Embalse Canelillo

Dicho lo anterior, se establece que esta iniciativa es de gran impacto en el nivel de satisfacción de riego de la zona de Choapa Bajo, sin embargo, esta debiera ser gestionada de forma adecuada, acorde a la variabilidad futura (años donde el embalse puede estar en su nivel mínimo y demandas puedan quedar insatisfechas igualmente).

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 5 del Anexo H se encuentra en detalle lo anteriormente descrito:

- 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 generación de escorrentía asociados a derretimiento de glaciares. Si bien el aporte en términos de flujo podría no ser significativo, es relevante contar en el futuro con un control de estos cuerpos de agua, con el fin de generar mejoras en su gestión.
- 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.
- En la misma línea del punto anterior, se recomienda realizar un análisis de los derechos de agua presentes en la cuenca, con el fin de unificar la información con la que cuenta DGA y las juntas de vigilancia, además de conocer cuáles son las extracciones efectivas presentes en el sistema. También es relevante mantener una comunicación y coordinación permanente con las juntas de vigilancia de la cuenca, por cuanto

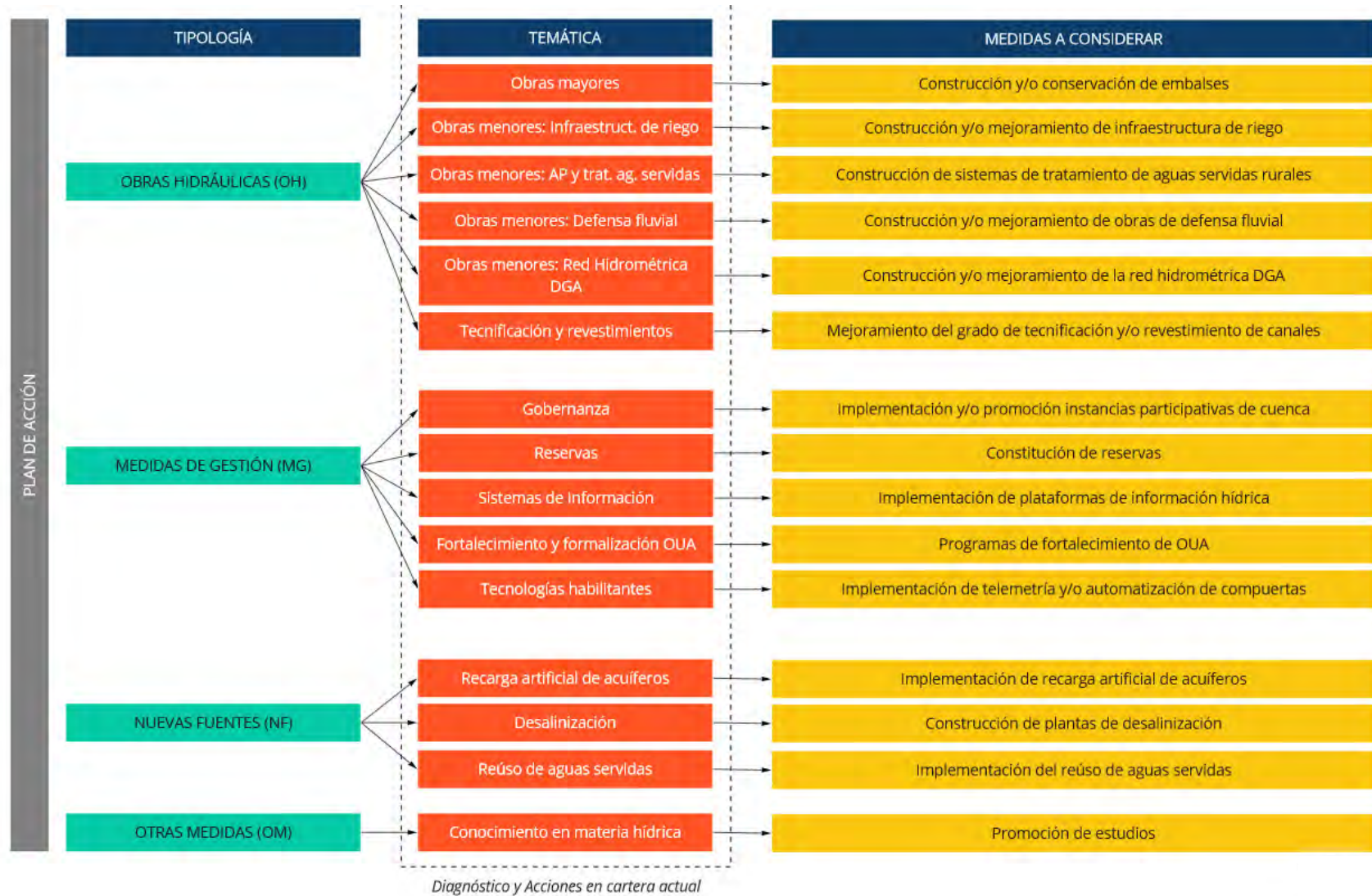
información como desmarques y sus proyecciones a futuro son de absoluta relevancia en la validación del modelo y su posterior utilización para gestionar los recursos hídricos de la cuenca.

- Cotejar la demanda levantada y estimada contra la utilizada en los modelos no siempre conlleva un análisis correcto en términos comparativos, dado que estos modelos no incluyeron una etapa de verificación de las condiciones de terreno, ni la ejecución de encuestas agronómicas (excede los plazos de estos proyectos). En este sentido, planificar campañas de terreno conducentes a obtener información actualizada de cultivos, usos y superficies (entre otras variables o parámetros), corresponde a un trabajo futuro que podrá complementar y robustecer los modelos ejecutados y permitirá robustecer las conclusiones de trabajos futuros.
- Dadas las diferencias observadas (por ejemplo, en el caso de minería), se recomienda realizar un análisis comparativo del cálculo de la demanda por sector productivo en relación a la información asociada a Derechos de Aprovechamiento de Aguas, según su uso. Las visitas a terreno propuestas en el punto anterior podrían permitir con una base de información robusta para efectos de validar o complementar información de gabinete.
- La herramienta acoplada WEAP-MODFLOW en cuencas de Chile, es una herramienta pionera que se está desarrollando en el actual marco de los PEGH. En este sentido, muchas de las herramientas necesarias para modificar, calibrar y analizar los modelos han sido desarrolladas en el proceso del estudio, y dependen de variables y modificaciones particulares propias de cada modelo. Por otro lado, existen paquetes de MODFLOW que en la actualidad no pueden ser utilizados en el acople con WEAP, y que han sido reemplazados por consideraciones de modelación para tratar de representar el modelo conceptual que sustenta los modelos numéricos. En consecuencia, se recomienda fehacientemente que los futuros trabajos de modelación que tomen este modelo como base, realicen una revisión del estado del arte del acople WEAP-MODFLOW, de manera de poder actualizar y perfeccionar la herramienta aprovechando las versatilidades y paquetes que con el tiempo se irán implementando, y así poder contar con un modelo cada vez más robusto y que sea de fácil acceso para los actores que lo utilicen.

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 Corrales y El Bato; no existen obras de acumulación mayores en la subcuenca del río Chalinga. Seguidamente, se exponen las iniciativas registradas en cartera pública actualmente.

6.1.1.1 Diagnóstico

A continuación, se presenta el análisis de los dos embalses existentes en la cuenca del río Choapa, Corrales y Bato, los cuales se mencionaron en el acápite 2.4.1.1.

Corrales

El embalse Corrales se ubica en la comuna de Salamanca, en la confluencia de los esteros Camisas y El Durazno, a 30 km al sudeste de la ciudad de Salamanca. Fue terminado de construir a fines del año 2004 con la finalidad de entregar seguridad de riego a los agricultores del valle, aumentándola a un 85%, para una superficie de alrededor de 10 mil hectáreas, beneficiando a 2.827 usuarios. Su capacidad de almacenamiento es de 50 millones de m³. Su función principal es abastecer de agua a los regantes de los terrenos que van desde Cuncumén hasta la desembocadura del Choapa en el sector de Huentelauquén.

El embalse Corrales forma parte del denominado Sistema Choapa-Corrales. Las principales estructuras que componen el sistema son los canales de distribución y el propio embalse. Respecto al embalse Corrales, este se encuentra conformado por los siguientes elementos principales (CNR, 2016a):

- **Presa:** Posee 70 metros de altura a partir del lecho del estero Camisas y está formado por gravas de los depósitos existentes en distintos sectores de la caja del estero. Sobre el talud aguas arriba, lleva colocada una pantalla de hormigón de espesor variable empotrada en roca basal en el fondo de la presa, la que actúa como elemento impermeable. El aliviadero de crecidas se ubica en el estribo derecho del muro. Aguas abajo, un canal de 40 metros de ancho restituye el agua al estero camisas aproximadamente 300 metros aguas abajo del muro.
- **Canal alimentador:** La mayor parte de los recursos hídricos son entregados al embalse desde el río Choapa a través del canal alimentador. La bocatoma

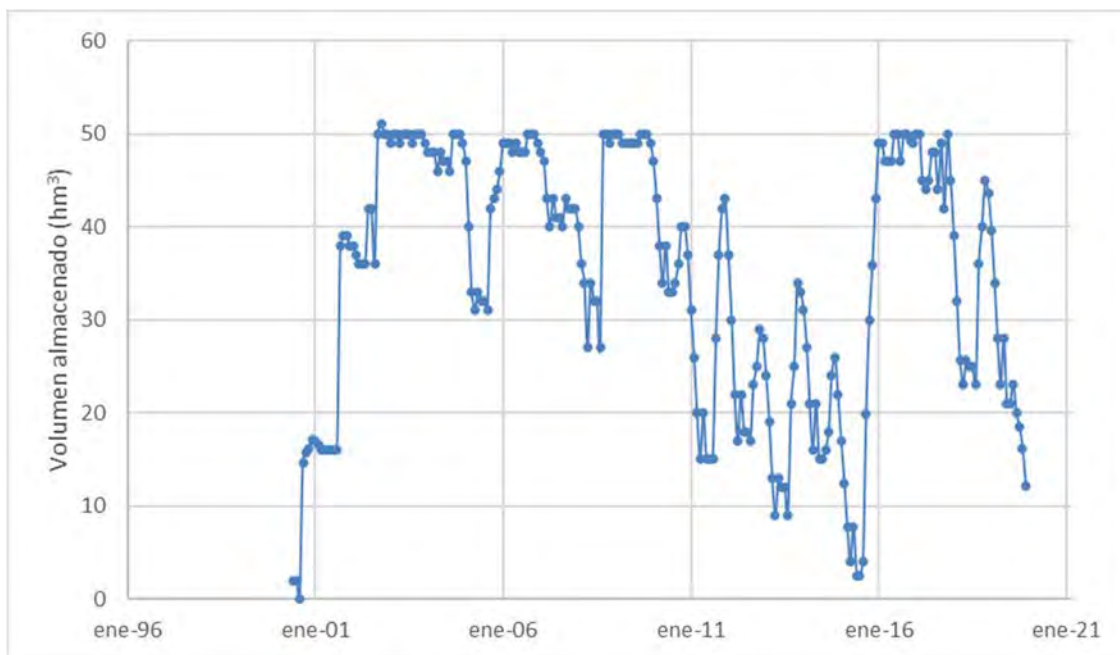
del canal alimentador del embalse, se denomina Coirón, y se encuentra ubicada en la ribera izquierda del Río Choapa a 15 km al noreste del embalse Corrales, captando el agua desde este para conducirla a través de un canal Alimentador, cuya longitud es de 15,5 km y una capacidad hidráulica de 3,5 m³/s, hasta la desembocadura del estero El Durazno. El canal Alimentador ingresa por el Túnel Quelén de 860 metros de longitud y atraviesa la hoya del estero del mismo nombre a través de un sifón, continuando así su desarrollo por la ladera izquierda del valle hasta el kilómetro 15,3, lugar donde el canal mediante un segundo túnel denominado El Durazno, atraviesa el cordón de cerros que separa los esteros Quelén y Camisas.

- **Canal matriz:** Este canal tiene una capacidad de 5 m³/s, devuelve las aguas del embalse hacia el río Choapa. Su trazado se realiza básicamente por la ladera norte del estero Camisas hasta el kilómetro 13,64. En este punto a través de un túnel de 2,89 km de largo, llamado Los Maquis, cruza hasta el Valle del Choapa.
- **Canal Panguesillo:** El canal Panguesillo (Canal Matriz II) es la continuación del canal matriz a la salida del túnel Los Maquis. Este canal está totalmente revestido desde su inicio, a la salida del túnel Los maquis, hasta el Km 0,7, punto donde entrega 4,1 m³/s a la quebrada Los Veneros, la que conduce las aguas al río Choapa. La otra entrega avanza hacia la cordillera hasta llegar a la localidad de Panguesillo, entregando un gasto de 0,9 m³/s al Río Choapa.

Respecto a la red de canales que conforman el Sistema Choapa-Corrales, 33 comunidades (de un total de 98 en la cuenca) se encuentran influenciadas por el embalse corrales siendo a su vez 3 comunidades las que representan el 40% del total de derechos, estos canales son Buzeta, Silvano y Brea con dotación de 3.000, 1.574 y 1.000 l/s respectivamente de un total de 14.005,81 (l/s). El resto de los canales se encuentran entre 20 y 800 l/s (JVRCA, 2020).

En el Anexo J.4.1.2 se presenta el diagrama unifilar de la JVRCA en donde se puede observar el Sistema Choapa-Corrales.

En la Figura 6.1-1 se presenta la variación histórica en el volumen de agua acumulado en el embalse Corrales. Se puede apreciar que durante el periodo 2009-2015 el nivel de embalsado estuvo de manera prolongada por debajo de la capacidad de embalse (50 hm³), alcanzado el valor mínimo de 2,5 (hm³) durante los meses de junio y julio del año 2015, lo que equivale al 5% de la capacidad de embalse.



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

Figura 6.1-1 Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse Corrales

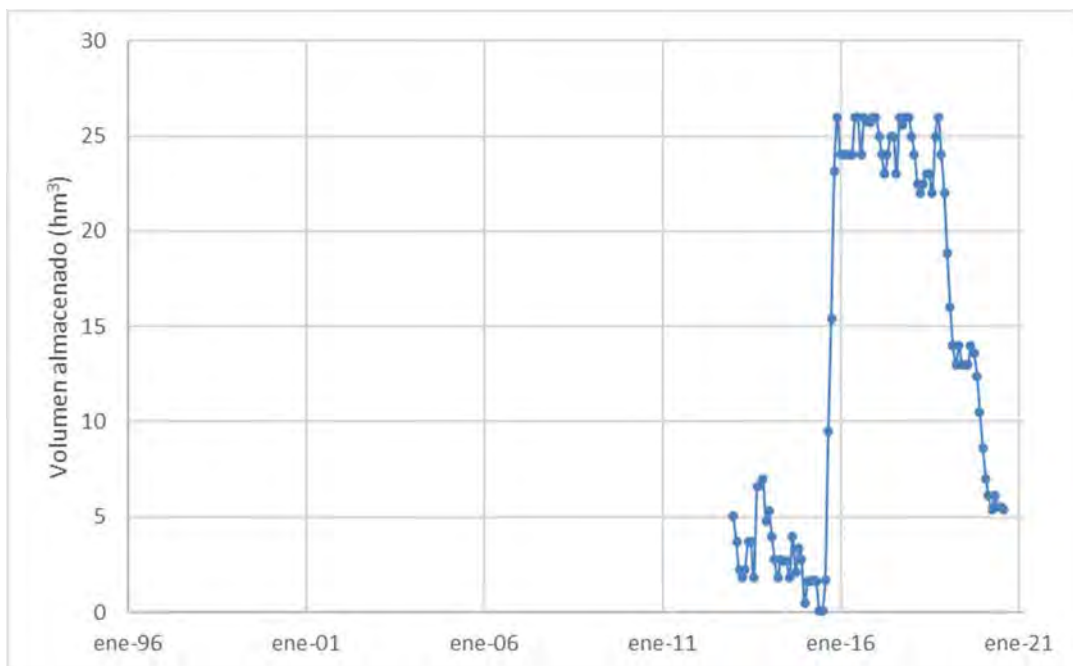
El embalse Corrales tiene una capacidad de almacenamiento de 50 millones de m^3 . No se reportan, según la información disponible a la fecha²², problemas de consideración en la infraestructura del embalse que pudiese afectar su normal funcionamiento.

El Bato

El embalse El Bato se ubica 30 km aguas arriba de la ciudad de Illapel, sobre el río del mismo nombre, en el sector denominado El Bato. Entró en funcionamiento en año 2012 bajo el régimen de concesiones, con el fin de aumentar la seguridad de riego en la cuenca del Choapa. Su capacidad de almacenamiento es de 26 hm^3 . Respecto a su funcionamiento, es de carácter multianual, regula los caudales del río Illapel, otorgando una seguridad de riego de un 80% para un total de 4.150 hectáreas (JVRIA, 2020).

En la Figura 6.1-2 se presenta la variación histórica en el volumen de agua acumulado en el embalse El Bato. Se puede apreciar que durante el periodo diciembre del año 2015 y octubre del año 2018 el volumen embalsado fue igual o cercano a la capacidad del embalse (26 hm^3). A partir de noviembre del 2018 se aprecia un paulatino descenso del volumen embalsado siendo el menor registro en agosto del año 2020.

²² La Junta de Vigilancia del río Choapa no pudo asistir a la reunión de participación ciudadana, y no se recibió información de contactos posteriores a dicha actividad.



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

Figura 6.1-2 Evolución histórica del volumen almacenado en el embalse El Bato

El embalse El Bato tiene una capacidad de almacenamiento de 26 hm³. A partir del análisis de las reuniones de participación ciudadana asociada al presente estudio, en que participó entre otros DGA, DOH y la Junta de Vigilancia del río Illapel, se puede considerar que a la fecha no se reportaban problemas de consideración en la infraestructura del embalse que pudiese afectar su normal funcionamiento.

Cabe mencionar que las consideraciones utilizadas en la modelación, respecto a ambos embalses se especifican en el capítulo 4 del Anexo H (Modelo Hidrológico).

6.1.1.2 Acciones en cartera actual

A continuación, se entrega el conjunto de acciones públicas y privadas vinculadas a obras mayores.

i. Iniciativas catastradas desde el sector público

De acuerdo a la información disponible en el BIP del MIDESO, actualmente se encuentra en cartera un (1) proyecto asociados a obras mayores, el cual corresponde a la construcción de un embalse. En la Tabla 6.1-1 se identifica esta iniciativa.

Tabla 6.1-1 Iniciativas públicas relativas a obras mayores de acumulación

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapa actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
30069721	Construcción embalse el Canelillo año y etapa a financiar: 2020-factibilidad	Riego	Factibilidad	DOH Coquimbo	2.721.774

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

La justificación de este proyecto, según lo indicado en la Ficha IDI asociada al mismo, tiene relación con el limitado desarrollo agropecuario en el valle del Choapa, debido a la falta de recursos hídricos en épocas de estiaje, siendo prioritario identificar embalses de regulación para subsanar dicha carencia. El embalse considera un volumen de almacenamiento de 200 hm³, una superficie de 11.000 ha y una inversión total (con IVA) de MMUS\$270. Cabe mencionar que la construcción de 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 (MOP, 2019).

Al respecto del embalse Canelillo, la DOH, en el marco de las reuniones PAC del estudio, expresó que *“está en etapa de revisión porque los usuarios solicitaron que se hiciera una revisión del número de hectáreas que se pretenden regar, se contempla un sector que está sobre la cota y se está viendo realizar un cambio de la iniciativa hacia el sector norte, más arriba”*, por lo que actualmente está en evaluación.

Por otro lado, cabe señalar que se estudió una iniciativa entorno a la construcción de un embalse de riego en el río Chalinga (código BIP 30104029-0), pero los estudios arrojan resultados negativos en rentabilidad social, según lo indicado por la Junta de Vigilancia del río Chalinga en la reunión de participación ciudadana del estudio. A criterio de su asesor, se debe considerar la componente social desde otra mirada, adecuada a la realidad de la cuenca. Cabe señalar que dicho embalse no está incluido en la cartera de proyectos del MOP a la fecha, y que la DOH corrobora dicha iniciativa está descartada por costos y por aportar muy poca agua.

ii. Acciones en cartera del sector privado

No se identifican acciones propuestas por el sector privado vinculadas a obras mayores.

6.1.1.3 Iniciativa de gestión modelada

En el marco del presente estudio, se ha modelado el escenario de gestión representativo de la construcción del embalse El Canelillo identificado en la cartera de acciones actual (E3). Como resultado, se establece que esta iniciativa es de gran impacto en el nivel de satisfacción de riego de la zona de Choapa Bajo; sin embargo, esta debiera ser gestionada de forma adecuada, acorde a la variabilidad futura (años donde el embalse puede estar en su nivel mínimo y demandas puedan quedar insatisfechas igualmente).

Los resultados de la modelación de este escenario de gestión se presentan en el apartado 5.4.2.

6.1.1.4 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico, de la revisión de las acciones en cartera actual y de la modelación de un escenario de gestión con la incorporación del embalse El Canelillo, se considera estratégica la siguiente iniciativa:

- Obra de regulación de aguas superficiales “Construcción embalse El Canelillo” (OH-03).
 - Objetivo: Construir un embalse para suplir las demandas del recurso hídrico en la zona baja del valle de Illapel, mejorando y extendiendo el riego en la cuenca del río Choapa, con una seguridad de riego de un 85% asegurando entre 15.000 ha hasta 20.000 ha.
 - Descripción: Esta iniciativa busca contar con un embalse la cuenca, específicamente en la subcuenca del río Illapel, para así mejorar la disponibilidad de agua para regadío, permitiendo aumentar la seguridad de riego, e incorporar nueva superficie de cultivos de alto rendimiento, lo cual se encuentra limitado actualmente por la falta de recursos hídricos en la época de estiaje. Se aclara además que esta iniciativa está actualmente recogida en el Banco Integrado de Proyectos con código BIP 30069721-0, el cual cuenta con recomendación favorable por parte del MDS.
 - 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 o iniciativas relacionadas a las actividades de Minera Los Pelambres.

En la Tabla 6.1-2 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 6.1-2 Ficha resumen Acción N°: OH-03

ACCIÓN N°: OH-03	
Nombre de la Acción: Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse El Canelillo".	
Brecha o problemática identificada: El limitado desarrollo agropecuario en el valle del Choapa, debido a la falta de recursos hídricos en épocas de estiaje, hacen prioritario identificar embalses de regulación para subsanar dicha carencia.	
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: Suplir las demandas del recurso hídrico en la zona baja del valle de Illapel, mejorando y extendiendo el riego en la cuenca del río Choapa, con una seguridad de riego de un 85% asegurando entre 15.000 ha hasta 20.000 ha.	
Características generales:	
Ámbito:	Riego
Ubicación:	Río Choapa antes de la confluencia con el río Illapel, comuna de Illapel
Beneficiarios directos:	Regantes
Tipo de acción:	Catastrada
Situación de la acción:	Factibilidad
Horizonte:	Largo plazo
Tipo de financiación:	Pública
Entidad(es) financiadora(s)	DOH
Entidad(es) responsable(s)	DOH
Observaciones: Iniciativas parte del Banco Integrado de Proyectos, con recomendación favorable por parte del MDS, postulada a Factibilidad año 2020 (Código BIP 30069721-0).	

Fuente: Elaboración propia.

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 283 bocatomas en la cuenca (CNR, 2020), base de datos sin información del estado de las obras. Por otro lado, el estudio "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Choapa" (CNR, 2016a) indica que la mayor parte de la infraestructura de riego en la región tiene varias décadas de existencia. En la mayoría de los casos no ha sufrido intervenciones importantes de mejoramiento, sino más bien arreglos locales en sectores dispersos cuyo financiamiento ha tenido apoyo de subsidios en el marco de la Ley N° 18.450 a través de la CNR.

Según los montos revisados en dicho estudio, la cuenca del río Choapa cuadruplica la inversión del conjunto de las otras cuencas, de acuerdo a la distribución porcentual de la inversión de obras extraprediales con financiamiento de la Ley N° 18.450. Esto es debido a que en la cuenca del río Choapa, desde hace más de 15 años, se cuenta con apoyo privado (específicamente, convenios entre la Junta de Vigilancia del Río Choapa y Minera Los Pelambres) para formulación de estudios y pre inversión en construcción de obras, lo que ha facilitado el acceso al instrumento público de fomento al riego. La Tabla 6.1-3 muestra la distribución porcentual de financiamiento en obras de riego extrapredial Ley N° 18.450, por cuenca, entre los años 1987 y 2015.

Tabla 6.1-3 Distribución porcentual de financiamiento en obras de riego extrapredial Ley N° 18.450, entre 1987 y 2015, en la cuenca del río Choapa

Subcuenca	Porcentaje (%)
Choapa	79,60%
Illapel	9,50%
Chalinga	7,40%
La Canela	2,80%

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2016a).

La ubicación de las obras de captación ha experimentado poca variación en comparación con los planos de los diversos estudios de catastros de usuarios llevados a cabo principalmente en la década de los '80, exceptuando obras asociadas a los embalses El Bato y Corrales, además de algunas obras detectadas en la cuenca del Choapa. La Tabla 6.1-4 presenta un resumen de la caracterización bocatomas por sector.

Tabla 6.1-4 Resumen caracterización de obras por sector

Fuente	Tipo Bocatoma		
	Permanente	Temporal	Sección de control
Río Choapa	-	117	2
Río Illapel	-	70	-
Río Chalinga	-	52	-
Estero La Canela	-	42	-
Total	-	281	2

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2016a).

El Plan de Riego (CNR, 2016a) no formuló iniciativas relacionadas directamente a este tipo de obras. En cualquier caso, se recomienda, en este sentido, que la CNR pudiera contar con información actualizada por las Juntas de Vigilancias del número de bocatomas operativas y su estado, con actualización anual.

Embalses y tranques de riego menores

Para el caso de obras de acumulación de agua para riego, dada la escasa o desactualizada información relacionada a tranques, no es posible determinar la cantidad y 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 29 tranques; de estos, aproximadamente el 52% requiere algún tipo de rehabilitación, un 21% ya se encuentran rehabilitados, un 7% ya no existen y para un 21% el acceso a la visita fue negado y/o no existe interés por parte de sus dueños de mejorar el tranque. En la Tabla 6.1-5 se presenta un resumen de la condición y/o clasificación dada a los tranques.

Tabla 6.1-5 Cantidad y porcentaje de tranques según clasificación de diagnóstico

Clasificación de tranques	Cantidad	Porcentaje (%)
Por Rehabilitar	15	51,7%
Rehabilitado	6	20,7%
No Existe	2	6,9%
Otros Escenario	6	20,7%
Total	29	100%

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2016b).

El Plan de Riego (CNR, 2016a), no formuló iniciativas relacionadas directamente a obras medianas y menores de acumulación de agua. En cualquier caso, la limitación en información sistematizada sobre este tipo de obras de acumulación en la cuenca genera dificultades en la potencial formulación de iniciativas a corto plazo.

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 Choapa es abastecida por la empresa sanitaria 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.

Por otra parte, 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 Choapa 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, 6.128 personas abastecidas a través de este medio, siendo la comuna de Illapel la más afectada (1.846 personas), seguido de Canela (1.611 personas) y Salamanca (1.549 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

Comuna	Volumen entregado (l) Año 2013	Volumen entregado (l) Año 2018	Variación (%)	N° de localidades Año 2013	N° de localidades Año 2018	Variabilidad (%)
Salamanca	445.085	598.500	34%	34	37	8,80%
Illapel	660.870	648.000	-2%	57	117	105%
Coquimbo	151.800	711.200	369%	33	38	15%
Total	1.257.755	1.957.700		124	192	

Fuente: GORE (2019).

Finalmente, en la Tabla 6.1-7 se presentan los sistemas APR que actualmente suplementan o complementan su abastecimiento de agua potable a través de camiones aljibe. Cabe señalar que el listado que se presenta a continuación corresponde al resultado del estudio DGA-DOH (2020) denominado “Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile: Análisis desde los comités de Agua Potable Rural – cuenca del Choapa, Quilimarí y Costera entre Choapa y Quilimarí”; en dicho estudio, se priorizaron aquellas APR de acuerdo a la disponibilidad de agua en su fuente de abastecimiento y a su vulnerabilidad²³, generando propuestas de trabajos a realizar para mejorar la situación actual de cada APR.

²³ Variables de vulnerabilidad: Balance hídrico negativo para los años 2019, 2030 y 2040; APR sin DAA; pozos sin DAA; afectación de terceros; disponibilidad Fuente/SHAC; cantidad Población 2019; gasto (l/s); pozos Sencos; camiones aljibes e interferencia de captaciones subterráneas con cauces superficiales.

Tabla 6.1-7 Sistemas APR abastecidos por camiones aljibes y su estado

Nombre APR	Comuna	APR con DAA	Estado Balance Hídrico al año 2030	SHAC/Fuente	Situación SHAC/Fuente	Propuesta recomendada para mejorar abastecimiento	Clasificación de riesgo
Los Rulos	Canela	NO	Déficit	Canela	Sin Disponibilidad	Se propone comprar DAA	Crítico
Quelén Alto	Salamanca	SI	Superávit	Choapa Alto	Sin Disponibilidad	APR con Balance Positivo	Moderado

Fuente: DGA-DOH (2020).

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 Choapa 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 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 tanto económico como demográfico de los últimos años en la provincia de Choapa han propiciado un aumento en la intervención tanto de la caja como de zonas ribereñas del río Choapa y sus principales afluentes. Por otro lado, los eventos meteorológicos acontecidos en los meses de mayo y junio del año 2017 fueron extraordinarios y significaron la activación de cauces y quebradas, destruyendo y generando inundaciones de terreno, ubicados dentro de la caja de los cauces y en zonas colindantes. Producto de estos eventos, 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.

De acuerdo al estudio "Diagnostico Plan de Manejo de Cauces Cuenca Río Choapa, Región de Coquimbo" (DOH, 2019), se han identificado un total de 33 obras de defensa fluviales distribuidas en la zona de estudio, que comprende el río Choapa (desde la confluencia con el río Cuncumén hasta la confluencia con el río Illapel), el río Illapel (desde su paso por la ciudad de Illapel hasta su confluencia con el río Choapa) y el río Chalinga (6 km desde su confluencia con el río Choapa hacia aguas arriba).

En orden de importancia, las principales problemáticas identificadas en la cuenca, de acuerdo al estudio antes señalado, consisten básicamente en:

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).

- Afectación por crecidas a las viviendas e infraestructura pública y privada.
- Ocupación indebida del cauce.
- Sobreexplotación de áridos.
- Depósitos de relaves cercanos a cauces.
- Afectación a infraestructura de riego.
- Afectación a camaroneros por el encauzamiento de los ríos.

Respecto a la infraestructura de control aluvional, destinada a reducir el impacto y riesgo de riadas o avalanchas sobre centros poblados o infraestructura, se remiten a defensas en base a gaviones. En la Tabla 6.1-8 se muestran los sectores que cuentan con este tipo de defensa en la cuenca y que son parte del programa de conservación del MOP.

Tabla 6.1-8 Defensas aluvionales en la cuenca del río Choapa

Sector	Tipo de Obra
Salamanca	Defensa en base a Gaviones
Panguesillo	Defensa en base a Gaviones y Mampostería

Fuente: MOP (2012).

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 abastecimiento de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas servidas

Con respecto al abastecimiento de agua potable rural, no se registran nuevas iniciativas de esta índole en el Banco Integrado de Proyectos, no obstante, se debe considerar que, 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.

Obras de defensa fluvial

A continuación, se presenta el conjunto de medidas de manejo de cauces definidas en el estudio "Diagnóstico Plan de Manejo de Cauces Cuenca Río Choapa, Región de Coquimbo" (DOH, 2019), el objetivo del cual fue resolver y/o regular posibles eventos críticos tales como crecidas o aluviones en tramos específicos del río Choapa y 2 de sus afluentes, los ríos Chalinga e Illapel. Cabe mencionar que, para la definición de medidas, el estudio antes indicado considera la identificación de problemáticas

detectadas a partir del análisis conjunto de la modelación hidráulica realizada en dicho estudio, la revisión de antecedentes, el catastro de infraestructura, así como también, inquietudes, intereses y opiniones de los actores relevantes de la comunidad e instituciones a través de procesos de participación ciudadana. El Plan comprende 44 medidas o acciones, de las cuales 29 son de tipo estructural y 15 no estructural (DOH, 2019). Los objetivos de dichas medidas son:

Medidas estructurales:

- Mitigar la afectación por crecidas de los ríos hacia sectores poblados, mediante la materialización de obras de defensas fluviales y obras de regularización fluvial destinadas a dirigir y/o regularizar el flujo de los cauces, tales como espigones.
- Evitar la destrucción de la infraestructura de servicios básicos, afectadas por crecidas.
- Restaurar a una condición más segura aquellos sectores de los ríos que hayan sido intervenidos.
- Evitar la erosión de riberas y pérdida de terreno, mediante obras de estabilización de riberas en zonas propensas.

Medidas no estructurales:

- Prohibir la ocupación indebida por parte de la población en zonas con riesgo de inundación.
- Realizar un manejo sustentable y responsable de la extracción de áridos en los ríos, por medio de la zonificación de áreas declaradas como aptas y no aptas para ello.
- Contar con normas y reglamentos que aseguren un adecuado control y fiscalización de las extracciones de áridos.
- Detectar sectores del cauce con necesidad de fijación de deslindes.
- Mitigar la potencial contaminación de las aguas producto del lavado de relaves desde depósitos cercanos, durante eventos de crecidas.
- Propender a la coexistencia de distintas actividades económicas dentro de los ríos.
- Mejorar la coordinación institucional entre organismos públicos afines con el uso de los ríos.
- Educar e incentivar la participación ciudadana en el control de las actividades y usos que se realizan en los ríos.

Con respecto a las medidas estructurales se tiene que, del total (29), 26 corresponden medidas de defensa fluvial, 2 retiro de material y 1 encauzamiento. El costo total actual es de \$15.127.397.053, siendo el 76% para defensa fluvial. En cuanto al tiempo de implementación de estas medidas, el plan ha definido criterios de priorización, con objeto de construir un plan de manejo a 10 años aproximadamente, en donde los primeros 5 años de inversiones corresponden a las medidas estructurales calificadas con prioridad alta y los 5 años restantes a las actividades de prioridad media y baja. En base a esto, se tiene que el 59% de las medidas son de prioridad alta, el 24% media y el 17% baja.

Con respecto a las medidas no estructurales, las materias tratadas son: afectación por crecidas, botaderos y vertederos ilegales, camaroneros, depósitos de relave, descargas de origen desconocido, desconocimiento de los ecosistemas continentales de la cuenca del río Choapa, extracción de áridos, fijación de deslindes y ocupación indebida del cauce. De las medidas mencionadas, extracción de áridos es la que cuenta con el mayor número de medidas, esto es 5 de un total de 15.

A continuación, en la Tabla 6.1-9 y la Tabla 6.1-10, se indica el listado de medidas estructurales y no estructurales propuestas en el Plan de Manejo de Cauce.

Tabla 6.1-9 Medidas estructurales, Plan de Manejo de Cauces

Comuna	Río	Prioridad	Tipo de Medida	Descripción de la Medida Estructural	Costo Total Actual (\$)	Actores Vinculados
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa local pozo APR de Llimpo	37.027.412	DOH
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa local pozo APR de Higuierillas	57.372.993	DOH
Illapel	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Mejoramiento Defensas existentes Pozos APR Las Cañas I	35.674.420	DOH
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa ciudad de Salamanca	2.607.228.717	DOH/IMS/MINVU
Illapel	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas localidad de Choapa Bajo y Pozo APR Las Cañas II y Choapa Viejo	814.450.151	DOH/IMI
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas localidad de Chillepín y Pozo APR de la localidad	795.860.496	DOH/IMS
Illapel	Illapel	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas en sector de Cuz-Cuz	853.733.789	DOH/IMI
Illapel	Illapel	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas aguas arriba puente FF.CC.	331.632.961	DOH/IMI
Illapel	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa Pozo APR Pintacura Sur	56.463.686	DOH
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa PTAS de Chillepín	164.978.804	DOH
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa PTAS de Coirón	235.318.031	DOH
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa PTAS de Limáhuida	428.600.736	DOH
Illapel	Illapel	Alta	Defensa Fluvial	Defensa ciudad de Illapel	290.844.824	DOH/IMI
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa ruta D-835	1.681.435.849	DV/IMI
Illapel	Illapel	Alta	Defensa Fluvial	Defensa sector Cuz -Cuz, aguas arriba puente Illapel N°2	815.745.128	DOH/IMI
Illapel	Illapel	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas sector El Peral	211.621.353	DOH/IMI
Salamanca	Choapa	Alta	Defensa Fluvial	Defensa viviendas sector El Tambo	487.380.885	DOH/IMS
Salamanca	Choapa	Media	Defensa Fluvial	Defensa local pozo APR Coirón	64.467.537	DOH
Salamanca	Choapa	Media	Defensa Fluvial	Mejoramiento y ampliación de defensa fluvial existente de tipo enrocado en Pozo APR de Punta Nueva	244.309.239	DOH
Salamanca	Choapa	Media	Defensa Fluvial	Protección Pozo APR Jorquera	38.642.943	DOH
Illapel	Choapa	Media	Defensa Fluvial	Defensa pozo APR Peralillo	60.613.748	DOH
Salamanca	Choapa	Media	Retiro de Material	Obra de ensanchamiento de sección transversal entre perfiles 14.39 a 14.61, aguas abajo puente Corión Colgante y muro guía en ribera izquierda	455.796.340	DV

Comuna	Río	Prioridad	Tipo de Medida	Descripción de la Medida Estructural	Costo Total Actual (\$)	Actores Vinculados
Salamanca	Choapa	Media	Retiro de Material	Proyecto de retiro de material inadecuado apilado en el cauce y rectificación de cauce	2.722.874.461	DOH/IMS
Salamanca	Choapa	Media	Defensa Fluvial	Defensa PTAS Panguesillo	521.903.929	DOH/IMS
Salamanca	Choapa	Baja	Defensa Fluvial	Mejoramiento defensa existente pozos APR Panguesillo	92.404.361	DOH
Salamanca	Choapa	Baja	Defensa Fluvial	Defensa pozo APR de Tranquilla	69.188.163	DOH
Illapel	Illapel	Baja	Defensa Fluvial	Defensa captación Illapel, afectación a partir de T= 100 años	49.666.814	DOH
Salamanca	Choapa	Baja	Encauzamiento	Trabajos de ensanchamiento de la sección transversal, limpieza y retiro de material excedente para ampliación capacidad de puente Fiscal de Salamanca	514.420.298	DV
Salamanca	Choapa	Baja	Defensa Fluvial	Defensa PTAS de Tranquilla	387.738.985	DOH

Fuente: DOH (2019).

Tabla 6.1-10 Medidas no estructurales, Plan de Manejo de Cauces

Materia	Problemática	Acciones propuestas	Actores Vinculados
Extracción de áridos	Explotación de áridos efectuada de forma inadecuada. Esto genera cambios morfológicos de importancia en el río, provocando el desvío de las aguas hacia riberas durante crecidas.	Implementar mejoras y hacer efectivas las tareas de control y fiscalización de faenas de extracción de áridos. Capacitación del Municipio mediante el uso de nuevas tecnologías, como, por ejemplo, drones.	IMS, DGA, DOH, Gobernación MMA,
	Excesiva concentración de faenas en algunos sectores y cercanía de algunas faenas de extracción de áridos con obras públicas y privadas.	Definición de áreas de restricción a las faenas de extracción de áridos para evitar la afectación a infraestructura existente tales como: Puentes, bocatomas y otros.	DGA, DOH
	Faenas de explotación de áridos operando sin permiso o con permiso caducado.	Hacer efectiva la expulsión de empresas operando sin permiso.	IMS, DGA, Poder Judicial, Carabineros de Chile, Gobernación

Materia	Problemática	Acciones propuestas	Actores Vinculados
	Ubicación de explotaciones de áridos carecen de una precisión adecuada en su emplazamiento, lo que genera en una problemática en las tareas de fiscalización. Lo anterior ha generado también una excesiva concentración de faenas de extracción en algunos sectores.	Se deberá otorgar permiso solo a aquellos proyectos que cuenten con un polígono de explotación claramente definido. Durante la operación se deberá, mediante estacado u otro elemento delimitador, destacar el polígono acordado para una adecuada fiscalización.	IMS, DGA, DOH
	Carencia de instrumentos técnicos por parte del ente fiscalizador, en los cuales se tenga conocimiento de los sectores del río con o no aptitud para la explotación de áridos.	Desarrollo de un plan de manejo de explotación de áridos sectorizado en zonas aptas y no aptas. Definición de montos máximos de explotación por sector, de acuerdo a la disponibilidad de reposición natural del río.	IMS, DGA, DOH
Ocupación indebida del cauce	Ocupación indebida del cauce por parte de pobladores en sector de El bypass en Salamanca, con riesgo latente frente a crecidas del río.	Prohibir la ocupación del cauce por parte de la población en zonas de alto riesgo. Reubicación y traslado de los pobladores hacia sectores seguros.	IMS, MINVU, Poder Judicial, Carabineros de Chile
Depósitos de relave	Riesgo latente de contaminación por escurrimiento de relaves desde depósitos ubicados cercanos al cauce durante eventos de precipitaciones.	Coordinación para un trabajo conjunto entre organismos públicos y/o privados para efectuar obras y/o medidas que logren evitar y/o mitigar esta problemática.	SERNAGEOMIN, MMA, DOH, DGA, IMI
Fijación de Deslindes	Ocupación indebida del cauce por parte de la población o emplazamiento de infraestructura prioritaria bajo riesgo de inundación (pozos de APR).	Estudios necesarios para fijación de deslindes con objeto de construir las obras de defensas fluviales propuestas en sectores críticos de alta prioridad. También se debe estudiar la relocalización de pozos APR comprometidos.	DOH, MBN
	Modificación de cauce y ocupación indebida permanente del cauce, en sector aguas abajo del puente Fiscal de Salamanca, que produjo un importante estrechamiento del cauce disminuyendo su capacidad de porteo. Lo anterior genera la concentración del flujo, altas velocidades en las cercanías del puente fiscal, aumentando el riesgo de afectación por socavación y sobrepaso del mismo.	Oficiar a la DGA, informando de esta problemática. Realizar los estudios necesarios para dilucidar la apropiación indebida del cauce.	DGA, DOH, MBN, IMS
Camaroneros	Obras de encauzamiento, desvío y movimientos de tierra en la caja del río que provocan daños a los cultivos de camarones.	Análisis de la problemática por parte de los servicios públicos para proteger esta actividad. Se requiere mejorar la comunicación y coordinación previa a la ejecución de obras en el cauce.	JVRCH, IMI, DGA, DOH, SERNAPESCA

Materia	Problemática	Acciones propuestas	Actores Vinculados
Afectación por Crecidas	Incertidumbre respecto a la capacidad de protección de pretilos cuyo origen y conformación se desconocen. En un escenario real, eventos de crecidas podrían socavar estos pretilos, hecho no reflejado por la modelación hidráulica realizada en este estudio.	Estudio para evaluar el comportamiento y resistencia estructural de pretilos existentes con el fin de determinar su capacidad efectiva de protección ante eventos de crecidas. Los sectores a estudiar son: 1) Ribera derecha del río Illapel, en el sector urbano entre los km 0,5 a 3,6 del presente estudio. 2) Ribera izquierda del río Chalinga, entre km 4,6 a 5,7 del presente estudio.	DOH
Botaderos y vertederos ilegales	Catastro y antecedentes recopilados evidenciaron la existencia de botaderos y vertederos ilegales, que están provocando contaminación a las aguas, además de atraer vectores biológicos, mal olor y peligro para la salud de la población.	Realización un diagnóstico de estos botaderos y vertederos ilegales. Implementación de un Plan de Gestión, que permita individualizar las fuentes generadoras de basura, implementar sanciones a los responsables y generar un plan de educación y concientización para la comunidad.	IMS, IMI, SEREMI DE SALUD
Desconocimiento de los Ecosistemas Continentales de la Cuenca del Río Choapa	En la cuenca del río Choapa se desarrolla la actividad de extracción del camarón de río, el cual es un recurso en peligro de extinción y dado que existe una alta intervención antrópica a lo largo de las riberas de los ríos involucrados, se requiere un plan ya sea de descontaminación y/o conservación de modo de no afectar la biodiversidad que existe actualmente.	Desarrollo e Implementación de un Plan de descontaminación y/o conservación de la cuenca del río Choapa, por parte del Ministerio de Medio Ambiente, de modo que permita obtener una línea base de los ecosistemas continentales que habitan el río, tanto como fauna íctica, macro invertebrados, fitoplancton, bentos, entre otros.	MMA, DGA, SERNAPESCA
Descargas de origen desconocido	En el catastro realizado por esta consultoría se identificaron algunas descargas de origen desconocido, por esta razón existe la incertidumbre si dichas descargas de residuos líquidos vertidos al río cumplen con lo dispuesto en las normativas vigentes, se desconoce si están contaminando las aguas del río.	Desarrollo de un estudio de calidad de las aguas de las descargas catastradas, de modo de definir su naturaleza y su cumplimiento normativo.	MMA, DGA, SEREMI DE SALUD

Fuente: DOH (2019).

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 empresa sanitaria Aguas del Valle del 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 6.1-11 se presentan las obras vinculadas a la localidad en donde se han presentado mayores pérdidas en la distribución de agua potable y que cuenta con cartera de proyectos; por otro lado, a fin de visualizar la existencia o no de obras de mejoramiento en la red de distribución (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 6.1-11 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Canela Alta

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Distribución	Mejoramientos AP Sector Estanques Canela Alta y Hospital Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2024	2024
		Mejoramientos en la red (HDPE-Acero, L=2.674 m; D=110.151).160 mm).	2025	2025
	Ampliación PT AS Canela Alta.	Estudio de Ingeniería.	2022	2023
		Ampliación PTAS Canela Alta (Qmáxh=35 l/s a 50 l/s).	2024	2024

Fuente: Aguas del Valle (2016).

Tabla 6.1-12 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Canela Baja

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Distribución	Mejoramientos Sector Estanque Alto Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (L=173 m, D=110-160 mm, HDPE).	2021	2021
	Mejoramientos AP Sector Estanque Bajo Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2020	2020
		Mejoramientos en la red (HDPE. L=175 m, D=160 mm).	2021	2021

Fuente: Aguas del Valle (2016).

Tabla 6.1-13 Cronograma de obras Aguas del Valle - Sistema Illapel

Etapa	Obra	Descripción	Cronograma	
			Año inicio	Año término
Distribución	Mejoramientos AP Sector Estanque Carlos Madrid Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2021	2021
		Mejoramientos en la red (L=763 m, D=110-160 mm, HDPE).	2022	2022
	Mejoramientos AP Sector Estanque Julio Núñez Etapa II.	Estudio de Ingeniería.	2021	2021
		Mejoramientos en la red (L=194 m, D=110 mm. HDPE).	2022	2022

Fuente: Aguas del Valle (2016).

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:

- Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades concentradas de la cuenca del río Choapa (OH-02).
 - 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 Choapa, 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.

La iniciativa OM-01 "Plan de Inversión Pública en saneamiento rural de la cuenca del río Choapa" es habilitante para esta iniciativa.

- 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 o iniciativas relacionadas a las actividades de Minera Los Pelambres.

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:	
Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa
Beneficiarios directos:	Organización APR en localidad rural concentrada* de la cuenca del río Choapa 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.

- Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa, mediante la construcción de nuevas estaciones fluviométricas (OH-04).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa 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 Choapa, mediante la construcción de una (1) nueva estación fluviométrica. Esta se ubicaría en la subcuenca del río Choapa, donde se constató la necesidad de contar con una estación de cierre de cuenca, para que sirva como punto de control que favorecería el incremento del conocimiento integral del recurso hídrico en la cuenca.
 - 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-04

ACCIÓN N°:	OH-04
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	
Brecha o problemática identificada:	
Para la correcta gestión y administración del agua superficial, es necesario contar estaciones bien repartidas 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 Choapa 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 una (1) estación de cierre en la cuenca del río Choapa.	
Características generales:	
Ámbito:	Red Hidrométrica DGA
Ubicación:	Cuenca del río Choapa
Beneficiarios directos:	DGA, DOH, JVRCH
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-05).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa, 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. 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 el SHAC Choapa Alto, SHAC Choapa Medio, SHAC Chalinga y SHAC Illapel. 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 6.1-16 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-05

ACCIÓN N°: OH-05	
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa, mediante la incorporación de cuatro (4) nuevos puntos de medición de niveles subterráneos en los SHAC Choapa Alto, SHAC Choapa Medio, SHAC Chalinga y SHAC Illapel, de manera de mejorar la información relativa a balances de agua subterránea.	
Características generales:	
Ámbito:	Red Hidrométrica DGA
Ubicación:	SHAC Choapa Alto y Medio, Chalinga, Illapel
Beneficiarios directos:	DGA, titulares de DAA subterráneos de SHAC Choapa Alto y Medio, Chalinga, Illapel
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-06).
 - Objetivo: Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa, 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 las instancias actualmente activas (Anexo I acápite 4.3.4b), tienen como objetivo iniciativas a corto plazo o iniciativas relacionadas a las actividades de Minera Los Pelambres.

En la Tabla 6.1-17 se presenta la ficha resumen de esta iniciativa. El monto asociado a esta insión 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-06

ACCIÓN N°: OH-06	
Nombre de la Acción:	
Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa, considerando que estos recursos constituyen una reserva hídrica para satisfacer la demanda en el valle. 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 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 Choapa, 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 Choapa
Beneficiarios directos:	DGA, JVRCH
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.

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 Choapa 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 (%)
Salamanca	57%
Illapel	68%
Canela	59%
Cuenca río Choapa	62%

Fuente: Elaboración propia.

A nivel de cuenca, se obtiene una eficiencia estimada del 62%. En general, se puede considerar que el grado de tecnificación es medio (considerando un valor máximo de 90% en el caso de riego por goteo, y uno mínimo del 30% correspondiente a tendido), con ligeras diferencias espaciales a lo largo de la cuenca. Al respecto, no se identifica una zona específica con menor implantación de tecnificación de riego, sino que existe un potencial de mejora de tecnificación generalizada.

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 Choapa.

ii. Revestimiento de canales

El estudio “Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Choapa” (CNR, 2016a), se señala el estado de este tipo de obras, pertenecientes a los principales cauces de la cuenca, donde indica al respecto que, en la cuenca del río Choapa, el estado de la infraestructura no es óptimo, ya que la longitud revestida de los canales principales de distribución, no supera el 30% de la totalidad, observando en los tramos no revestidos, pérdidas de agua por infiltración de alrededor de 25%. Existe un caso en el canal Los Loros, que posee una pérdida cerca del 80% por este concepto, por su parte en el río Illapel existen problemas de embancamiento y presencia de vegetación en la mayoría de los canales. Sólo un 7% se encuentran revestidos, donde se estima que en algunos canales las pérdidas de agua por infiltración son de alrededor de 50%, pero no existen estudios actuales que evidencien las pérdidas por conducción en los canales.

Por otro lado, la información actualizada presente en la página web de la Junta de Vigilancia del río Illapel (consulta octubre 2020) muestra un total de 202 km de canales, de los cuales un 40% cuenta con algún tipo de revestimiento (detalle en Tabla 6.1-19). Finalmente, la del río Chalinga en general los canales son pequeños, ya que ninguno alcanza un caudal de 500 l/s, y sólo cinco sobrepasan los 200 l/s.

Tabla 6.1-19 Detalle revestimiento de canales en subcuenca del río Illapel

Revestimiento	Longitud (km)
Mezcla suelo	120
Hormigón	18
Geomembrana	16
Hormigón proyectado	13
Hormigón roca	12
Otro	23
Total	202

Fuente: JVRIA (2020)²⁶.

Finalmente, destacar que, en la información presentada en el Plan de Riego (CNR, 2016a), se identificó una serie de iniciativas de mejora relacionadas a estas obras de riego; en la Tabla 6.1-20 se presenta un resumen de la cartera de iniciativas sintetizadas respecto a tecnificación y/o revestimiento de canales.

Tabla 6.1-20 Iniciativas de tecnificación y/o revestimiento de canales propuestas en el Plan de Riego

Nombre de iniciativa	Tipología	Subterritoio
Transferencia tecnológica en riego tecnificado	Programas de Inversión	Choapa Medio Alto; Illapel
Estudio de Prefactibilidad para la construcción de embalse precordillerano en la cuenca del río Illapel e integración con obras de conducción	Proyectos de Inversión	Illapel
Mejoramiento canal Nueva Cocinera	Proyectos de Inversión	Illapel

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2016a).

6.1.3.2 Acciones en cartera actual

De acuerdo a la información disponible en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del MIDESO, 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 relativas a riego

Código BIP	Descripción	Subsector	Etap 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).

²⁶ Extraído específicamente desde: <http://rioillapel.cl/modelacion-de-canales/>

6.1.3.3 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:

- Programa de tecnificación de riego en la cuenca del río Choapa (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 Choapa, 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 300 ha/año aproximadamente, destinando a sectores de la cuenca en su totalidad.

- 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 6.1-22 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 cuenca del río Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
El porcentaje de eficiencia de aplicación en el valle del río Choapa, el cual se estima entorno al 62%, 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. 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:	
Objetiv 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 Choapa.	
Características generales:	
Ámbito:	Riego
Ubicación:	Cuenca río Choapa
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 300 ha/año aproximadamente, aplicable en toda la cuenca.	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, destacar que, en la información presentada en el Plan de Riego (CNR, 2016a), se identificó una serie de iniciativas de mejora relacionadas a estas obras de riego. Por lo anterior, para efectos del presente PEGH, no se generan nuevas iniciativas de este carácter, siendo que CNR ya generó un plan propio para ello. No obstante, desde un punto estratégico, se apoya y enfatiza en la importancia de ejecutar y hacer seguimiento las iniciativas priorizadas en dicho Plan.

6.2 MEDIDAS DE GESTIÓN

Las medidas de gestión comprenden una serie de iniciativas encaminadas a mejorar la coordinación en la planificación y la ejecución de acciones en torno al recurso hídrico. Incluyen aspectos sociales (gobernanza, capital humano, fortalecimiento y formalización de OUA), así como otras de carácter técnico (mejora en la eficiencia, tecnologías, sistemas de información), entre otras.

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 Choapa 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) o actores privados, relacionados a actividades productivas particulares y ciertos representantes de entidades públicas. Como se mencionó en el acápite 2.6.1), 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 Comunales 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 o la Mesa de Acuerdo de Salamanca. Es decir, si bien estas mesas abarcan temáticas concernientes a la cuenca de Coquimbo, también incluye a otras cuencas de la región (cuenca río Limarí, 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 Choapa, 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 atingente 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 otros²⁷. Debido a lo anterior, se concluye que la cuenca del río Choapa 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 Choapa 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.

²⁷ (Acápite 2.6.3.3iii) sobre lecciones internacionales para la cuenca y las entidades que se deberían incluir en los procesos participativos.

Tabla 6.2-1 Iniciativas públicas en la cuenca de Choapa para mejoras en gobernanza

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapa actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
30409172	Análisis para el desarrollo de un plan Nacional de Recursos Hídricos año y etapa a financiar: 2020-ejecucion.	Ejecución	Recursos Hídricos	DGA	2.392.185

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

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 Choapa (MG-04).
 - 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 Choapa.
 - 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 Choapa.

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; 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 7.2.1y su detalle en el Anexo K.2.

Tabla 6.2-2 Ficha resumen Acción N°: MG-04

ACCIÓN N°: MG - 04	
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 Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
Las instancias de participación en la cuenca del río Choapa 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 Choapa.	
Características generales:	
Ámbito:	Gobernanza
Ubicación:	Cuenca del río Choapa
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 Aguas²⁸ de DGA, al momento de realizar este estudio, la cuenca de Choapa 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 Choapa.

Con respecto a las posibilidades de constituir nuevas zonas de reserva, se debe considerar que todos los SHAC de la cuenca del río Choapa, excepto el SHAC Choapa Medio, han sido declarados Zonas de Prohibición²⁹, por lo que no es factible constituir dichas reservas.

De acuerdo a la actualización de disponibilidad en los acuíferos, realizado en el estudio DGA-DOH (2019)³⁰, solo el SHAC Choapa Medio posee disponibilidad efectiva para la constitución de nuevos derechos. No obstante, es importante señalar que en dicho SHAC existen diez (10) sistemas APR³¹, que para el año 2030 requerirán de recurso hídrico para suplir sus demandas³².

Según lo presentado anteriormente, no se cumplen las condiciones para solicitar una declaración de reserva para abastecimiento de agua potable rural.

²⁸ Ver <en línea> https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/obras_estatales_y_reservas/, visitado por última vez el 24 de septiembre de 2020.

²⁹ Ver Tabla 4.2-2

³⁰ Ver estudio DGA-DOH (2019) "Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile. Análisis desde los comités de agua potable rural – cuenca del Choapa, Quilimarí y Costera entre Choapa y Quilimarí"

³¹ Sistemas APR Tahuinco, Arrayan El Paquial, Peladeros, Tambo, Las Canas I, La Canas II, Pintacura Sur, Limahuida, Perailillo y Chuchiñi.

³² Considerando "Criterio DOH (Demanda Bombeo Q max)".

Además, 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.

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 información presentada 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 la subcuenca del río Choapa, para contribuir a una mejora en la modelación hidrológica del sistema, sería altamente recomendable contar con una estación fluviométrica de cierre de cuenca. Si bien se cuenta con la estación "Río Choapa aguas arriba Estero La Canela" (BNA 04730001-0), aguas abajo de este punto existen captaciones de canales para zonas agrícolas; ello dificulta tener claridad sobre el caudal real en cierre de la cuenca.

Como un punto no prioritario, considerar que, actualmente se cuenta con la estación "Río Chalinga en La Palmilla" (BNA 04712001-2), en la parte alta de la subcuenca del río Chalinga; sin embargo, la estación de la zona media, "Río Chalinga en San Agustín" (BNA 04713001-8), actualmente no se encuentra operativa y cuenta con data entre 1991 y 2001. Se sugiere volver a operar esta estación.

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, 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 los siguientes pozos de monitoreo en: SHAC Illapel, SHAC Chalinga, SHAC Choapa Alto y SHAC Choapa Medio.

iii. Nivel lagos y embalses

La red de medición de niveles en lagos y embalses de la cuenca del río Choapa dispone de dos (2) estaciones vigentes, “Embalse Corrales” (BNA 04714004-8) y “Embalse El Bato” (BNA 04722002-5). 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 corresponde a la subcuenca del río Choapa, que es donde se encuentra la mayor cantidad de glaciares, conforme a la información presentada en la Tabla 4.3-1.

v. Calidad

La red de control de calidad de aguas en esta cuenca cuenta con un número limitado de estaciones de monitoreo; aunque permite realizar una caracterización representativa del estado de calidad, existen sectores que están desprovisto de este control, dejándolos fuera de cualquier análisis. Como recomendación general, es prioritario tener puntos de monitoreo tanto superficial como subterráneo a la salida de la cuenca.

En la cuenca del río Choapa 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-} , As y Cu, principalmente en la subcuenca "Río Illapel" (BNA 0407000) y en la parte alta de la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702). La fuente de contaminación tendría un origen mixto. Por un lado, por las actividades mineras relacionadas a la franja metalogénica del Mioceno Medio-Plioceno Temprano, donde se destaca la presencia de la C.M. Los Pelambres. La presencia de esta y de otras de menor desarrollo, generan procesos como la lixiviación de depósitos estériles y, aguas de drenaje de minas.

Además de lo anterior, la sequía prolongada en la zona ha generado problemas que se han intensificado en el tiempo, afectando no solo la disponibilidad del recurso, sino que también la calidad de las aguas, en especial en el sector bajo de la cuenca. A esto también se suma un cierto grado de contaminación por fertilizantes, dado que la agricultura consume la mayor cantidad del recurso hídrico y produce contaminación por el uso de agroquímicos. 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.

También, dado que existen tres puntos de monitoreo de aguas subterráneas en la Red Hidrométrica de la DGA con data histórica relevante, ubicadas en los SHAC "Choapa Medio" e "Illapel", hay un subentendimiento de la calidad de las aguas subterráneas y su relación con las aguas superficiales. Es por esto se hace imprescindible disponer de una mayor cantidad de información; si bien se han incorporado ciertos pozos APR al sistema de monitoreo de calidad de aguas subterráneas, se plantea aumentar la periodicidad de las mediciones en la cuenca, para estudiar en detalle la evolución temporal de las mismas.

Adicionalmente, se ha detectado la presencia de *E. coli* en diversas muestras de las subcuencas "Río Illapel" (BNA 040700) y "Estero La Canela" (BNA 040701), 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 Choapa 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 DGA, la cuenca dispone de una red bien distribuida, principalmente en el sector medio de la cuenca, donde las zonas climatológicas definidas en el acápite 2.2.1 y que se pueden apreciar en detalle en la Figura 2.2-1 se encuentran bien caracterizadas. El sector alto de la cuenca se encuentra caracterizado por la estación Río Choapa en Cucumén (BNA 04703002-1)

y Río Chalinga en la Palmilla (BNA 04712001-2), mientras que la zona costera se encuentra caracterizada por la estación Mincha Norte (BNA 04730004-5) y la estación cercana de los vilos (BNA 04820001-K) a unos 38 km de la desembocadura, por lo que no se considera justificación para agregar más puntos de medición a corto plazo, tampoco se registran iniciativas referidas a este punto en reunión PAC. No obstante, se sugiere contemplar un nuevo punto de monitoreo en cotas superiores a la línea de nieve, como una iniciativa no estratégica.

vii. Sedimentos

La red sedimentométrica de la cuenca dispone de dos (2) estaciones vigentes, Río Choapa en Cuncumén (BNA 04703002-1) ubicado en la parte alta de la subcuenca del Río Choapa y Río Illapel en Las Burras (BNA 04721001-1), ubicada en el estero Cenicero, aguas arriba de la confluencia con el río Caren, mide sedimentos formados en el estero Cenicero en dirección a depositarse en el embalse El Bato. Por su parte la estación Choapa en Cuncumén se encuentra ubicada en el sector alto de la cuenca, donde predominan los procesos erosivos y se origina la producción de mayor cantidad de sedimentos en la cuenca, no obstante, aguas abajo de esta estación, existen aportes cauces importantes como el Río Cuncumén o Río Manque, razón por la cual, se considera la habilitación de la estación suspendida Río Choapa en Salamanca como una iniciativa no estratégica para el PEGH. Iniciativa que servirá para medir el aporte de los ríos mencionados y otros cauces mejores en esta parte de la cuenca. Por otro lado, las reuniones PAC No se registran iniciativas referidas a este punto.

Cabe mencionar el grado de modernización de la Red DGA en la cuenca, en la Tabla 6.2-3 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 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 de la iniciativa BIP 30089740-0 (Conservación y mantención de red hidrométrica nacional) y considerar el mejoramiento y modernización de la red hidrométrica de la cuenca en futuras iniciativas.

Tabla 6.2-3 Resumen del grado de modernización de la Red Hidrométrica DGA

Tipo	GRPS	Satelital	S/I	Total	Porcentaje de modernización (%)
Calidad	2	4	41	47	13%
Fluviométrica	3	6	-	9	100%
Meteorológica	2	5	11	18	39%
Nivel de pozo	-	-	5	5	0%
Sedimentométrica	-	2	-	2	100%
Nivel lagos y embalses	1	1	-	2	100%
Ruta de nieve	-	1	-	1	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 DGA³³

³³ <https://snia.mop.gob.cl/sat/site/informes/mapas/mapas.xhtml>

Finalmente, en la Tabla 6.2-4 se presenta un resumen de las mejoras recomendadas sobre la Red Hidrométrica DGA en la cuenca del río Choapa según lo expuesto anteriormente y en concordancia con el plan de acción presentado en la Figura 7.4-1 y Figura 7.4-2, 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).

Tabla 6.2-4 Resumen de mejoras propuestas de la Red Hidrométrica DGA

Ubicación		Tipo de Estación			
		Fluviometría	Nivel de pozos	Calidad	Glaciología
Subcuenc a	Río Illapel			Aumento de periodicidad (2 estaciones superficiales) [MG] Incorporación parámetro microbiológico (1 estación superficial)	
	Estero La Canela			Incorporación parámetro microbiológico (1 estación superficial) [MG]	
	Río Choapa	Una (1) nueva estación en río Choapa, de cierre de cuenca [OH]		Aumento de periodicidad (4 estaciones superficiales) [MG] Incorporación parámetro microbiológico (1 estación superficial) [MG]	Una (1) nueva estación [OH]
SHAC	Choapa Alto		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]	Aumento de periodicidad (2 pozos)	
	Choapa Medio		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]	Aumento de periodicidad (2 pozos) [MG] Incorporación parámetro microbiológico (1 pozo) [MG]	
	Choapa Bajo			Aumento de periodicidad (2 pozos) [MG]	
	Chalinga		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]	Aumento de periodicidad (2 pozos) [MG]	
	Illapel		Un (1) nuevo punto de monitoreo [OH]	Aumento de periodicidad (2 pozos) [MG] Incorporación parámetro microbiológico (1 pozo) [MG]	
	Canela			Aumento de periodicidad (2 pozos) [MG] Incorporación parámetro microbiológico (1 pozo) [MG]	

Fuente: Elaboración propia.

Plataforma de Información Hídrica

Por otro lado, con la revisión realizada en los acápites 2.6 y 6.2.1, 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 Choapa que presentan información en línea, las cuales corresponden a las estaciones de nivel de embalse “Embalse El Bato” (BNA 4722002-5) y “Embalse Corrales” (BNA 4714004-8), fluviométricas-meteorológicas-sedimentométricas y/o de calidad de aguas “Río Choapa Aguas Arriba Estero La Canela” (BNA 4730001-0), “Río Choapa en Puente Negro” (BNA 4716004-9), “Río Illapel en El Peral” (BNA 4726001-9), “Río Illapel en Huintil” (BNA 4723001-2), “Río Illapel en Las Burras” (BNA 4721001-1) y “Río Choapa en Salamanca” (BNA 4711001-7), “Río Chalinga en La Palmilla” (BNA 4712001-2), “Río Cuncumén antes junta Choapa (Chacay)” (BNA 4704001-9), “Río Choapa en Cuncumén” (BNA 4703002-1) y “El Soldado” (BNA 4700002-5).

6.2.3.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones en cartera pública o 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 6.2.1:

- 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 Choapa. 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 As, Cu o SO_4^{2-} .

Así, de las 9 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Choapa, se propone esta medida para al menos 6 puntos, los cuales podrían ser "Estero Auco antes del Río Illapel (CA)" (BNA 4725001-3), "Río Illapel en El Peral" (BNA 4726001-9), "Río Cuncumén antes Bocatoma de Canales" (BNA 4704002-7), Río Choapa en Cuncumén" (BNA 4703002-1), "Río Chalinga en La Palmilla" (BNA 4712001-2) y "Río Choapa en Puente Negro" (BNA 4716004-9).

- 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 6.2-5 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 6.2-5 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 Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
En la cuenca del río Choapa 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-} , As y Cu, principalmente en la subcuenca "Río Illapel" (BNA 040700) y en la parte alta de la subcuenca "Río Choapa" (BNA 040702). La fuente de contaminación tendría un origen mixto. Por un lado, por las actividades mineras relacionadas a la franja metalogénica del Mioceno Medio-Plioceno Temprano, donde se destaca la presencia de la C.M. Los Pelambres. La presencia de esta y de otras de menor desarrollo, generan procesos como la lixiviación de depósitos estériles y, aguas de drenaje de minas. 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 parte alta y media 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 Choapa y sus afluentes.	
Características generales:	
Ámbito:	Ecosistema
Ubicación:	Cuenca del río Choapa
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 9 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca "Río Choapa" (código BNA 40700). Cabe señalar que hay ausencia total de estaciones en la subcuenca "Estero La Canela" (código 040701) y en el curso bajo del río Choapa, antes de la desembocadura. El objeto de esta iniciativa es incrementar la periodicidad de calidad en 6 estaciones, las cuales podrían ser "Estero Auco antes del Río Illapel (CA)" (BNA 4725001-3), "Río Illapel en El Peral" (BNA 4726001-9), "Río Cuncumén antes Bocatoma de Canales" (BNA 4704002-7), Río Choapa en Cuncumén" (BNA 4703002-1), "Río Chalinga en La Palmilla" (BNA 4712001-2) y "Río Choapa en Puente Negro" (BNA 4716004-9).	

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 Choapa. 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 SO_4^{2-} .

Así, de las 47 estaciones vigentes de calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Choapa, se propone esta medida para al menos 11 estaciones (2 por cada SHAC, excepto el SHAC Illapel, que solo tiene 1), las cuales podrían ser los sistemas APR "Batuco" (BNA 4700003-3), "Coirón" (BNA 4711010-6), "San Agustín" (BNA 4713008-5), "Arboleda Grande" (BNA 4713007-7), "El Arrayán" (BNA 4714006-4), "Las Cañas 2" (BNA 4716008-1), "Tunga Sur" (BNA 4730009-6), "Huentelauquén Norte" (BNA 4630000-9), "Carcamo" (BNA 4723006-3), "Los Pozos" (BNA 4732002-K), "Carquindaño" (BNA 4734000-4).

- 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-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 Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
Solo existen tres puntos de monitoreo de aguas subterráneas con información histórica, que forman parte de la Red Hidrométrica de la DGA, ubicadas en los SHAC "Choapa Medio" e "Illapel". De esta forma, 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 30 pozos APR a la Red Hidrométrica. 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 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 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 subterráneas de la Red Hidrométrica de la DGA para un mejor seguimiento de la evolución de los distintos parámetros de las aguas en la parte media y baja 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 del río Choapa
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 33 estaciones vigentes de calidad de aguas subterráneas en la cuenca "Río Choapa" (código BNA 40700). El objeto de esta iniciativa es incrementar la periodicidad de calidad en 11 estaciones (2 por cada SHAC, excepto el SHAC Illapel, que solo tiene 1), las cuales podrían ser los sistemas APR "Batuco" (BNA 4700003-3), "Coirón" (BNA 4711010-6), "San Agustín" (BNA 4713008-5), "Arboleda Grande" (BNA 4713007-7), "El Arrayán" (BNA 4714006-4), "Las Cañas 2" (BNA 4716008-1), "Tunga Sur" (BNA 4730009-6), "Huentelauquén Norte" (BNA 4630000-9), "Carcamo" (BNA 4723006-3), "Los Pozos" (BNA 4732002-K), "Carquindaño" (BNA 4734000-4).	

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 Choapa. La justificación es que se ha detectado la presencia de *E. coli* en diversas muestras del curso medio y bajo de la subcuenca río Illapel, la subcuenca estero La Canela y en el curso medio de la subcuenca río Choapa, 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. Así, se podría considerar una muestra de agua superficial, cuya estación más cercana es "Río Choapa en Puente Negro" (BNA 4716004-9) y una de agua subterránea en cada caso (SHAC Illapel, SHAC Canela y SHAC Choapa Medio), los cuales podrían ser los sistemas APR "Cárcamo" (BNA 4723006-3), "Carquindaño" (BNA 4734000-4) y "Las Cañas 2" (BNA 4716008-1).

- 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-03

ACCIÓN N°:	MG-03
Nombre de la Acción:	
Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
Se ha detectado la presencia de <i>E. coli</i> en diversas muestras del curso medio y bajo de la subcuenca Río Illapel, en la subcuenca Estero La Canela y en el curso medio de la subcuenca Río Choapa, 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 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 DGA 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:	Cuenca del río Choapa
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> , en subcuencas "Río Illapel" (BNA 040700), "Estero La Canela" (BNA 040701) y "Río Choapa" (BNA 040702), las cuales se encuentran cercanas a los poblados de Illapel, Canela Baja y Salamanca respectivamente. Para esto entonces se podría considerar una muestra de agua superficial, cuya estación mas cercana es "Río Choapa en Puente Negro" (BNA 4716004-9) y una de agua subterránea en cada caso (SHAC Illapel, SHAC Canela y SHAC Choapa Medio), los cuales podrían ser los sistemas APR "Cárcamo" (BNA 4723006-3), "Carquindaño" (BNA 4734000-4) y "Las Cañas 2" (BNA 4716008-1).	

Fuente: Elaboración propia.

- Creación de una “Plataforma de Información Hídrica” en la cuenca del río Choapa (MG-06).
 - Objetivo: Fortalecer la gestión sustentable del agua en la cuenca del río Choapa 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 Choapa, 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 Choapa (MG-04).

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 6.2-8 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-06

ACCIÓN N°: MG - 06	
Nombre de la Acción:	
Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
Actualmente la cuenca del río Choapa solo cuenta con datos "en tiempo real" de dos (2) estaciones de nivel de embalses, nueve (9) estaciones fluviométricas, siete (7) de calidad de aguas, dos (2) de estaciones sedimentométricas y ocho (8) estaciones meteorológicas. A pesar de esto, aun se considera que está incompleta en relación al potencial de que agrupe la información de la de la red hidrométrica DGA y otros monitoreos de carácter público y privado (por ejemplo, extracciones, calidad de agua). Cabe señalar que, si bien la JV del río Choapa cuenta con el "Sistema Automático de Telemetría Hidrométrica" (SATH) para su jurisdicción, no se incluye a la jurisdicción de la JV del río Chalinga y la JV del río Illapel. 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	
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 Choapa 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:	
Ámbito:	Gobernanza
Ubicación:	Cuenca del río Choapa
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 la ampliación del SATH Choapa actual y extenderlo a las subcuencas de Illapel y Chalinga.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 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.

6.2.4.1 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 Canalistas³⁴, 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 Chalinga) y representantes de APR, 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.

³⁴ De acuerdo a lo mencionado por representantes de DOH Coquimbo en junio de 2020.

Finalmente, considerando que como pilar fundamental para el funcionamiento óptimo de una OUA es necesario que su operación dentro de los marcos legislativos existentes, en la cuenca del río Choapa se identifica la necesidad de apoyo legal en el saneamiento y regularización de derechos de aprovechamiento de aguas, en particular para el embalse Corrales.

6.2.4.2 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 MIDESO, las que consideran dos (2) iniciativas de fortalecimiento y una (1) de saneamiento de DAA. En la Tabla 6.2-9 se entrega el detalle de las iniciativas.

Tabla 6.2-9 Iniciativas públicas para mejoras en fortalecimiento y formalización de OUA

Código BIP	Descripción	Subsector	Etapas actual	Institución formuladora	Costo total [M\$]
40013212	Saneamiento de Derechos de Aguas en embalse Corrales año y etapa a Financiar: 2020-Ejecucion	Riego	Perfil	CNR	146.718
30484687	Transferencia para mejorar la gestión de las OUA beneficiadas del plan de pequeños embalses año y etapa a financiar: 2020-ejecucion	Riego	Ejecución	CNR	407.700
40009730	Transferencia tecnológica adaptación cambio climático áreas vulnerables Atacama y Coquimbo año y etapa a financiar: 2020-ejecucion	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:

- **Saneamiento de Derechos de Aguas en embalse Corrales:** El problema principal que busca resolver el programa se relaciona con la falta de certeza jurídica de los DAA eventuales del embalse Corrales, la cual no ha permitido la suscripción de dichos derechos para más de 3000 regantes, quedando estos expuesto a perder la seguridad de riego, pudiendo sus derechos ser rematados por el estado.

- **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.

Cabe señalar que dentro del Plan de Riego desarrollado para la cuenca del río Choapa (CNR, 2016a), se encuentra catastrada la iniciativa “Programa de Fortalecimiento multidimensional en Illapel, 2da Sección”, el cual consiste de un fortalecimiento para la gestión organizacional y para usuarios de comunidades de aguas, capacitación en tecnologías de riego.

ii. Acciones en cartera del sector privado

No se identifican propuestas desde privados en torno a gobernanza en la cuenca.

6.2.4.3 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 cuenca del río Choapa (MG-05).
 - Objetivo: Aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Choapa.
 - 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 las cinco (5) Comunidades de Agua Subterránea en los SHAC Chalinga, Choapa Alto, Choapa Bajo, Canela e Illapel.

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.

A través de esta iniciativa también se refuerza la operatividad de la recarga artificial en el SHAC Choapa Alto, implementada en un escenario de gestión del modelo hidrológico incluido en el presente estudio, entre cuyos beneficiarios se encuentran usuarios asociados al abastecimiento de agua potable rural y urbana, además de sectores productivos como minería y agricultura.

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 6.2-10 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:	
Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	
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 Choapa, 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 cinco (5) Comunidades de Agua Subterránea en los SHAC Chalinga, Choapa Alto, Choapa Bajo, Canela e Illapel.	
Características generales:	
Ámbito:	OUA
Ubicación:	SHAC Chalinga, Choapa Alto, Choapa Bajo, Canela e Illapel.
Beneficiarios directos:	SHAC Chalinga, Choapa Alto, Choapa Bajo, Canela e Illapel.: 683 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:	
Las 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. A través de esta iniciativa también se refuerza la operatividad de la recarga artificial en la cuenca, implementada en un escenario de gestión del modelo hidrológico incluido en el presente estudio.	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 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.

6.2.5.1 Diagnóstico

Automatización de compuertas y telemetría de canales

En la distribución del recurso hídrico, se tiene un potencial de mejora incorporando herramientas automáticas que permiten ajustar el flujo captado por cada canal. Según información de CNR (2020), se contabilizan un total de 283 captaciones superficiales en la cuenca del río Choapa. De acuerdo a la información proporcionada por CNR³⁵ (2020), los puntos de control con automatización existentes en la cuenca se presentan en Tabla 6.2-11, identificando 31 puntos de automatización.

Tabla 6.2-11 Compuertas automáticas y puntos de automatización

Nº puntos automatización	Nº compuertas automáticas	Beneficiario	Comuna
31	32	Junta de Vigilancia Río Choapa y sus afluentes	Salamanca

Fuente: Elaboración propia basada en CNR (2020).

Según la información entregada por la CNR, estas obras fueron ejecutadas el año 2014 a través de la Ley de Fomento al Riego N° 18.450. El número de puntos de control en bocatomas en la cuenca del río Choapa es relativamente elevado, teniendo en cuenta los puntos contabilizados en la Tabla 6.2-11; no obstante, únicamente están focalizados en el marco territorial de la Junta de Vigilancia del río Choapa. 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. Aunque se puede identificar la presencia de este tipo de obras en la cuenca, la data de construcción señala la falta de información y/o interés o problemáticas para su implantación por parte de otras OUA respecto al tema.

En relación a estos mecanismos de control, cabe destacar el Sistema Automático de Telemetría Hidrométrica (SATH) administrado por la JVRCA, accesible desde <http://sathchoapa.cl/>. Constituye una red integrada de puntos de medición telemétrica que recoge información en línea de diversas instituciones. Permite la obtención y tratamiento de datos históricos y en tiempo real de caudales circulantes, variables meteorológicas y de calidad de agua, en el área jurisdiccional de la JVRCA. El SATH Choapa opera en la cuenca del río Choapa, específicamente en el área jurisdiccional de la JVRCA, excluyendo las subcuencas del río Illapel, río Chalinga y

³⁵ Información relativa a automatización de compuertas en el marco de proyectos subsidiados por la Ley 18.450.

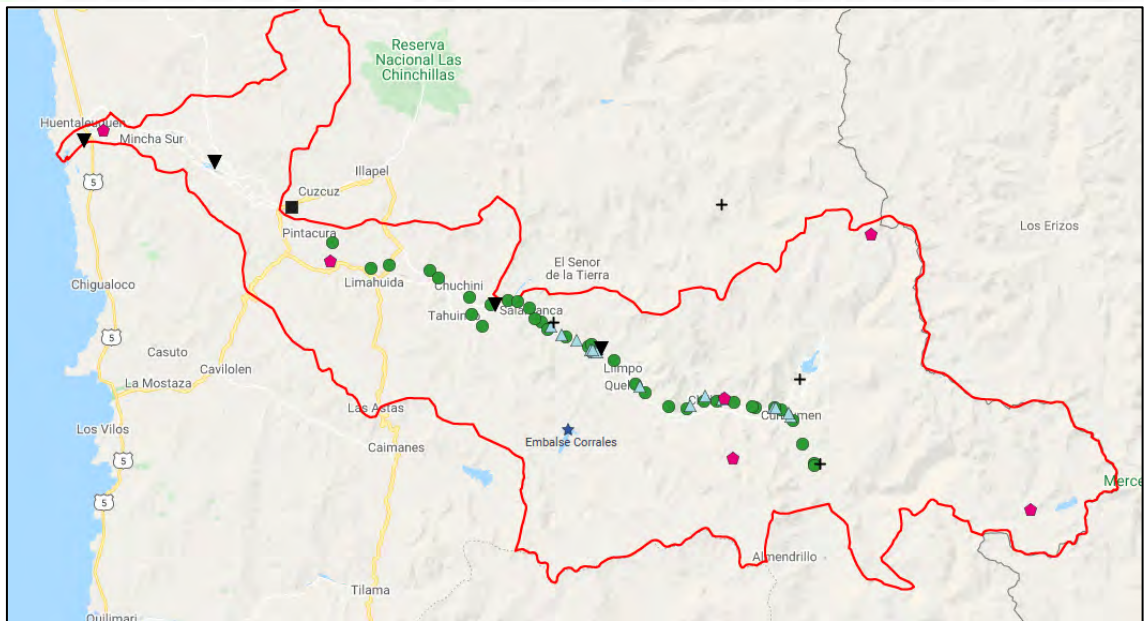
del estero Canela entre Espíritu Santo y río Choapa. En la Figura 6.2-1 se muestran los diferentes módulos de información que contempla el SATH, el cual integra, además de extracciones superficiales y subterráneas, estaciones de la Red Hidrométrica de la DGA. En la Figura 6.2-2 se muestra una vista general del área monitoreada y sus puntos de control.



Fuente: SATH (2020).

Figura 6.2-1 Módulos SATH Choapa

● Ext. Superficiales ▲ Ext. Subterráneas + Caudal-Meteorología-Calidad ◆ Meteorología ■ Caudal de río ▼ Nivel Estático ★ Embalse



Fuente: SATH (2020).

Figura 6.2-2 Vista de puntos de control del SATH Choapa

Dado el valor que supone el recurso hídrico superficial en el valle del río Choapa, se establece necesaria la promoción de estos sistemas de forma conjunta en la cuenca, observando que estos sistemas no están implementados en la subcuenca Río Illapel y/o Río Chalinga. 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. Adicionalmente, este tipo de iniciativas podría ser de interés para la DGA, ya que presenta la oportunidad de tener medición de caudales en tiempo real en diferentes puntos de cuenca.

Por último, si bien actualmente existen algunos canales unificados, 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.

Monitoreo de extracciones subterráneas

En la actualidad, no existen Comunidades de Aguas Subterráneas conformadas en la cuenca del río Choapa, por lo que no se cuenta con información del nivel de equipamiento de telemetría de las extracciones a escala de SHAC.

6.2.5.2 Acciones en cartera actual

En cartera privada, no se identificaron 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 Choapa, está normado por la Resolución D.G.A. Región de Coquimbo N° 453 (Exenta) de 29 de octubre de 2019, para titulares de DAA cuyos puntos de captación se encuentran ubicados, entre otros, en los distintos SHAC de la provincia de Choapa.

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 6.2-12, los cuales se contabilizan a partir de la publicación de la Resolución DGA en el Diario Oficial (15 de noviembre de 2019).

Tabla 6.2-12 Estándares para los DAA subterráneas del MEE – SHAC de la provincia de Choapa

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).

6.2.5.3 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 las subcuencas río Illapel y río Chalinga (MG-07).
 - 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 de las subcuencas de los ríos Illapel y Chalinga.

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 propias JV, 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 o iniciativas relacionadas a las actividades de Minera Los Pelambres.

Señalar que esta iniciativa guarda una estrecha relación con las últimas directrices de la DGA respecto al Monitoreo de Extracciones Superficiales.

En la Tabla 6.2-13 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-07

ACCIÓN N°:	MG - 07
Nombre de la Acción:	
Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga.	
Brecha o problemática identificada:	
Actualmente no existen compuertas automáticas que permitan gestionar la distribución de las aguas en los canales de riego de las subcuencas del río Illapel ni Chalinga, a diferencia del resto de la cuenca del río Choapa, en que se encuentra avanzada en la implantación de estos sistemas. 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 las subcuencas de los ríos Illapel y Chalinga.	
Características generales:	
Ámbito:	OUA
Ubicación:	Subcuencas ríos Illapel y Chalinga
Beneficiarios directos:	JVRI y JVRCha
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Mediano/Largo plazo
Tipo de financiación:	Público-Privada
Entidad(es) financiadora(s)	CNR-JVRI, CNR-JVRCha
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 Juntas de Vigilancia, cubriendo la mayor proporción de caudal entregado (canales principales y/o unificados).	

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, 2020).

A continuación, se presenta el diagnóstico de la situación actual de la cuenca río Choapa 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 Choapa no se identifican actualmente obras o infraestructuras existentes en torno a nuevas fuentes de agua asociadas a recarga artificial de acuíferos.

En cuanto a estudios realizados, se encuentra la “Investigación Recarga Artificial de Acuíferos Cuenca del río Choapa y Quilimarí, Región de Coquimbo” (DGA, 2012), cuyo objetivo general fue la identificación de zonas de infiltración relevantes de los acuíferos de las cuencas de los ríos Choapa y Quilimarí para la implementación de obras de recarga artificial. Los resultados del estudio señalaron que la implementación de un proyecto de recarga artificial en la cuenca del río Choapa no parece necesaria ni sencilla, debido a la subexplotación de sus acuíferos que hacen más superficiales los niveles freáticos, y a la estrechez del valle. A su vez los recursos superficiales disponibles no son tan cuantiosos como podría pensarse, principalmente debido a la regulación de los embalses existentes, El Bato y Corrales. Lo anterior hace que deban 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.

No obstante lo anterior, el estudio identifica, en base al cruce de la información hidrogeológica recopilada y de los resultados del modelo hidrogeológico de flujo MODFLOW, tres sectores en base a tres criterios que corresponde al porcentaje de flujo infiltrado que se mantiene subterráneo, la profundidad de la napa y la disponibilidad de aguas superficiales. Los sectores, ubicados en la Figura 6.3-1, son:

- Choapa 3, en el estero Chalinga, entre Arboleda Grande y confluencia;
- Choapa 4, en río Choapa, entre Panguecillo e Higuerrilla; y
- Choapa 5, en río Choapa entre El Tambo y Tahuinco (confluencia con estero Camisas).

El sector Choapa 5 se descartó por no tener recursos superficiales suficientes (embalse Corrales). Para el sector 4 se evaluaron 3 piscinas de infiltración que infiltrarían cada una 100 l/s en invierno. Para el sector 3 se evaluaron zanjas de infiltración para infiltrar un caudal invernal de 100 l/s. Los costos estimados para las obras fueron M\$1164 para el sector 4 y M\$379 para el sector 3. Los resultados concluyeron que los proyectos no son rentables, ni siquiera desde el punto de vista social.

Cabe mencionar que la situación plasmada en el estudio, respecto a la subexplotación del acuífero de Choapa, ha variado en los últimos años, es más los resultados expuestos en el Anexo H del presente estudio, evidencia una sobreexplotación del acuífero, que ha llevado al desembalse del mismo, principalmente en periodos de menor precipitación.

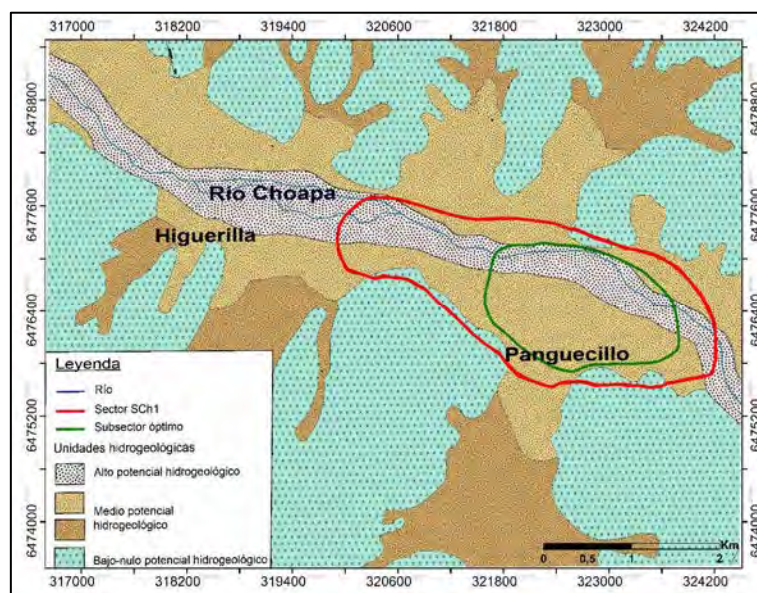


Fuente: DGA (2012).

Figura 6.3-1 Sectores con potencial de recarga, cuenca del río Choapa

Al estudio anterior se suma la memoria "Proyecto de recarga artificial en la cuenca río Choapa; propuesta de zonas óptimas para su implementación y evaluación económica" (Guerrero, P., 2018), en el cual se definen 4 sectores con características favorables para implementar un proyecto de recarga artificial. Sin embargo, se destaca uno de ellos (sector SCh1) por presentar las variables hidrogeológicas más convenientes para desarrollar un proyecto de esta envergadura. Este sector, el cual abarca la comuna de Panguecillo, se caracteriza por presentar una altura promedio del nivel estático de 10 metros y una permeabilidad media de 18 m/d. En base a los

valores de permeabilidad locales asignadas a las unidades hidrogeológicas, además de la cercanía al curso de agua superficial, se definió el subsector-óptimo (SSO) dentro de Sch1, el cual comprende una extensión de 2,5 km².



Fuente: Guerrero, P. (2018).

Figura 6.3-2 Sector óptimo de recarga, cuenca del río Choapa

El estudio concluye que, debido a las características del acuífero y la poca superficie disponible en este sector, para que el proyecto sea eficiente y no se generen descargas superficiales (napa-río), sólo se considera el 1% del caudal susceptible a extraer del río (15.813 l/s), obteniendo finalmente un caudal destinado a recargar de 158,13 l/s. Para lo anterior, se propusieron 3 alternativas de proyectos, las cuales consisten en: zanjas, pozos de infiltración y mixto (zanjas y pozos); con un tiempo de funcionamiento entre los meses de octubre y enero, tiempo en el cual existe un mayor excedente hídrico en la cuenca. El proyecto de mayor eficiencia corresponde a la segunda alternativa de pozos de infiltración, debido a que estos permiten introducir grandes volúmenes de agua en poco tiempo y, además, su impacto paisajístico es menor, dado a que requiere de poca superficie para su instalación.

6.3.1.2 Acciones en cartera actual

No se registran acciones en el BIP respecto a iniciativas de recarga de acuífero. No obstante, en instancia PAC realizada en el marco del presente estudio, la DOH señaló que se tiene contemplado realizar obras de recarga de acuíferos en 5 sectores de la cuenca: una (1) en Panguesillo, una (1) en Chalinga y tres (3) en Choapa Bajo. Respecto a esta iniciativa, la DOH se encuentra desarrollando estudios técnicos que se espera concluyan durante el último trimestre del presente año 2020, (DOH, 2020³⁶).

³⁶ Información entregada por la DOH a través de Sistema Integral de Información y Atención Ciudadana, solicitud Ley de Transparencia código AM007T0000677, agosto 2020.

6.3.1.3 Iniciativa de gestión modelada

En el marco del presente estudio, se ha modelado una zona de infiltración en el SHAC Choapa Alto de acuerdo al escenario de gestión E2. Como resultado, respecto a los niveles de este escenario en relación con E1, se observó la generación de un aumento de entre 1 a 2,5 metros en el nivel freático del pozo de inspección de referencia. En pozos ficticios, en la vecindad del punto de inyección, el nivel freático asciende 7 m en el periodo de recarga. No obstante, 2 km aguas abajo prácticamente no se evidencia el efecto de la recarga. De acuerdo a lo anterior, esta iniciativa genera un impacto significativo en un radio aproximado no mayor a 500 m, correspondiendo por tanto a un beneficio de carácter local.

Los resultados de la modelación de este escenario de gestión se presentan en el apartado 5.4.1.

6.3.1.4 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico, de la revisión de las acciones en cartera actual y de la modelación de un escenario de gestión con recarga artificial del acuífero de Choapa, se considera estratégica la iniciativa siguiente:

- Implementación de recarga artificial del acuífero en el sector Choapa Alto entre Panguecillo e Higuierilla (NF-01).
 - Objetivo: Implementar una solución que permita mejorar el suministro de agua dulce en el SHAC Choapa Alto del acuífero de Choapa, mediante recarga artificial a través de pozos de inyección.
 - Descripción: Esta iniciativa consiste en la implementación de recarga artificial del acuífero en la zona alta de la cuenca del río Choapa, lo cual busca hacer frente al déficit hídrico actual. Se pretende mejorar el suministro de agua tanto en el SHAC Choapa Alto del acuífero de Choapa, como hacia aguas abajo.

Dentro de esta propuesta se considera la implementación de 9 pozos de inyección y 1 de observación, teniendo como objetivo el sector del SHAC Choapa Alto entre Panguecillo e Higuierilla, y se espera que repercuta positivamente en la recuperación de niveles subterráneos de este sector.

Del resultado de modelación cabe señalar que esta iniciativa genera un impacto a escala local.

- 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 o iniciativas relacionadas a las actividades de Minera Los Pelambres.

En la Tabla 6.3-1 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 6.3-1 Ficha resumen Acción N°: NF-01

ACCIÓN N°:	NF-01
Nombre de la Acción:	
Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa Alto entre Panguecillo e Higuera.	
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. Se requieren actuaciones encaminadas a la sustentabilidad del acuífero; la recarga de acuífero gestionada es una medida que repercute positivamente en la recuperación de los niveles subterráneos.	
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 las brechas entre oferta y demanda de agua 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:	
Implementar una solución robusta que permita mejorar el suministro de agua dulce en el SHAC Choapa Alto del acuífero de Choapa, mediante recarga artificial del acuífero.	
Características generales:	
Ámbito:	Riego
Ubicación:	SHAC Choapa Alto
Beneficiarios directos:	Titulares de DAA subterráneos de SHAC Choapa Alto
Tipo de acción:	Propuesta
Situación de la acción:	Propuesta
Horizonte:	Mediano plazo
Tipo de financiación:	Público-Privada
Entidad(es) financiadora(s)	JVRCH-CNR-GORE Coquimbo
Entidad(es) responsable(s)	JVRCH-CAS SHAC Choapa Alto (no conformada legalmente en la actualidad)
Observaciones:	
Esta propuesta considera la recarga del acuífero mediante la implementación de 9 pozos de inyección y 1 de observación.	

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Desalinización

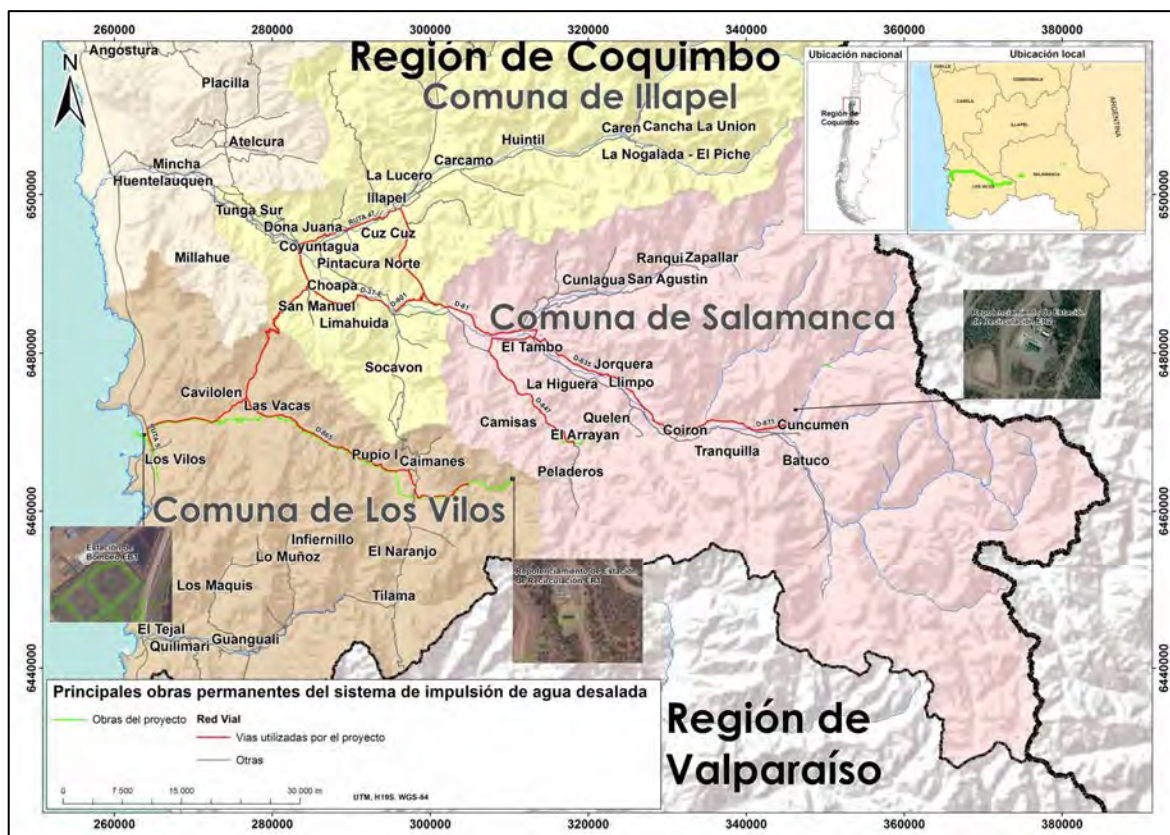
La desalinización de agua de mar se contempla como una nueva fuente de agua, con un potencial generalmente para uso de abastecimiento de agua potable y usos industrial y/o minero. A continuación, se expone la situación de esta posible solución para acortar la brecha entre oferta y demanda en la cuenca del río Choapa.

6.3.2.1 Diagnóstico

En la cuenca del río Choapa, y como parte del “Proyecto de Infraestructura Complementaria” (INCO) de Minera Los Pelambres, se ha dado inicio a la construcción de una planta desalinizadora para ser usada en periodos de escasez hídrica, con capacidad de producción de 400 l/s de agua desalada de calidad industrial. Este proyecto fue aprobado en febrero de 2018, luego de haber sido ingresado a tramitación al SEA en junio del año 2016.

De acuerdo a lo indicado por MLP en su EIA, la construcción de esta planta tiene relación con la alta incertidumbre en la disponibilidad natural de agua generada por los recurrentes períodos de escasez hídrica en la cuenca del río Choapa, sumados a la creciente demanda tanto por consumo humano como por actividades relevantes del valle.

El proyecto considera instalar una planta desalinizadora de ósmosis inversa, obras marinas de captación de agua de mar y descarga de salmuera, y un sistema de impulsión-conducción entre la estación de bombeo EB1 (en instalaciones industriales de MLP en Puerto Punta Chungo) y la estación de recirculación ER1 (existente y operando en el área industrial El Mauro) para posteriormente desde esa área y usando instalaciones existentes, llegar con agua industrial al área El Chacay, en la comuna de Salamanca, donde MLP desarrolla sus actividades (Figura 6.3-3).



Fuente: MLP (2016).

Figura 6.3-3 Ubicación general del proyecto de desalación MLP

Uno de los objetivos principales de esta inversión es dejar de utilizar agua del río Choapa y de los pozos que se encuentran en la zona, para dar paso a una operación solventada por agua de mar por medio de procesos de desalación a partir del año 2025.

6.3.2.2 Acciones en cartera actual

No se identifican plantas de desalinización en cartera en la cuenca del río Choapa.

6.3.2.3 Iniciativa(s). Ficha(s) resumen

A partir del diagnóstico y de la revisión de las acciones en cartera actual, no se identifican, en el marco del presente Plan de Acción, iniciativas estratégicas de desalinización, en tanto que tienen carácter privado.

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 Choapa 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

En la actualidad no se tienen registros que den cuenta de la reutilización de aguas servidas en la cuenca del río Choapa. Es importante mencionar que, la oferta de aguas servidas en la cuenca 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 (acápite 2.4.1.3).

Respecto a las aguas generadas en plantas de tratamiento de aguas servidas rurales, Fundación Chile en el año 2017 seleccionó las comunas de la región de Coquimbo con mayor factibilidad de instalar un sistema de reúso, para lo cual 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. A partir de los criterios antes indicados, se determinó que, en la provincia de Choapa, ninguna comuna se encuentra entre las de mayor factibilidad para implementar este tipo de sistema. No obstante lo anterior, el estudio no descarta de ninguna manera el reúso de aguas servidas tratadas.

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, no se identifican iniciativas estratégicas a considerar en el presente Plan de Acción en la cuenca del río Choapa en reúso de aguas tratadas.

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 Choapa, y que disminuyen las brechas observadas en la caracterización de la misma. La generación de conocimiento e investigación propuesta se centra en tres ejes:

- ✓ Información del estado de glaciares y su evolución. No existe información histórica de glaciares a nivel de cuenca, quedando indeterminada la evolución que estos han tenido. 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 "Las Salinas de Huentelauquén" cuenta con protección oficial (Sitio RAMSAR, RAM-013), 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.

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 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.

6.4.1.1 Diagnóstico

En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Choapa 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.

6.4.1.2 Acciones en cartera actual

No se identifican acciones en cartera pública o privada.

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:

- Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural de la cuenca del río Choapa (OM-01).
 - Objetivo: Elaborar una propuesta de Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural para localidades concentradas de la cuenca del río Choapa.
 - 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 Choapa, 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 Choapa, 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-02 "Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades concentradas de la cuenca del río Choapa".

- 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 6.4-1 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-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 Choapa.	
Brecha o problemática identificada:	
En diferentes puntos ubicados en el curso medio de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa.	
Características generales:	
Ámbito:	Saneamiento
Ubicación:	Cuenca río Choapa
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 Choapa, 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), nuevas fuentes de agua (Tabla 7.1-3) y otras medidas (Tabla 7.1-4), identificando la acción y su objetivo.

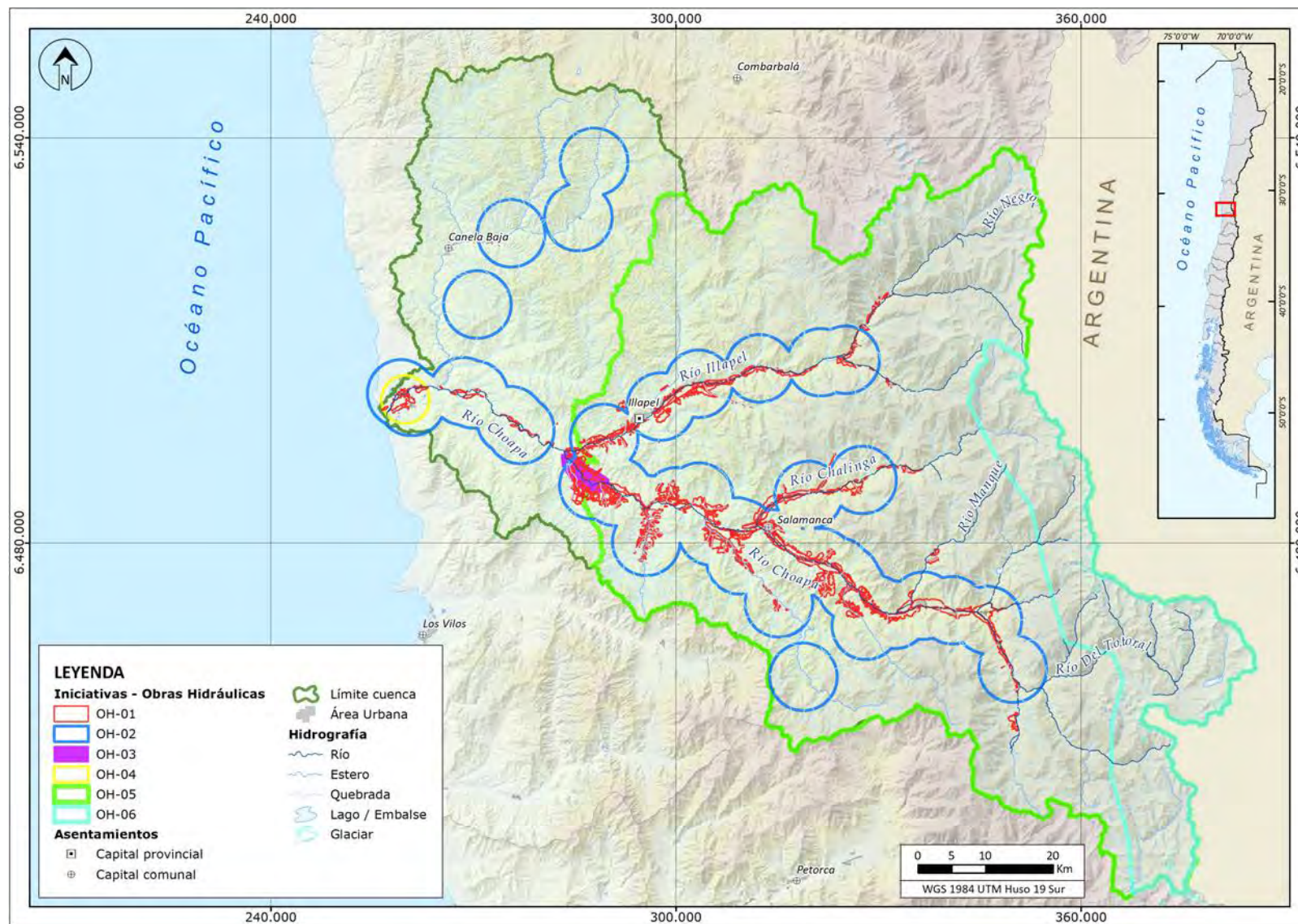
Tabla 7.1-1 Síntesis de acciones asociadas a Obras Hidráulicas (OH)

ID	Acción	Objetivo	Responsable
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la cuenca del río Choapa	Incrementar el grado de tecnificación de la superficie agrícola en riego, mediante fondos concursables específicos de tecnificación en la cuenca del río Choapa.	CNR
OH-02	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	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
OH-03	Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse el Canelillo".	Suplir las demandas del recurso hídrico en la zona baja del Valle de Illapel, mejorando y extendiendo el riego en el Valle del Choapa. Con una seguridad de riego de un 85% asegurando entre 15.000 ha hasta 20.000.	DOH

ID	Acción	Objetivo	Responsable
OH-04	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa 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 una (1) estación de cierre en la cuenca del río Choapa.	DGA
OH-05	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de cuatro (4) nuevos puntos de medición de niveles subterráneos en los SHAC Choapa Alto, SHAC Choapa Medio, SHAC Chalinga y SHAC Illapel, de manera de mejorar la información relativa a balances de agua subterránea.	DGA
OH-06	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	Fortalecer la Red Hidrométrica DGA de la cuenca del río Choapa, mediante la construcción de una (1) estación glaciológica, con el objetivo de contar con información histórica sobre un glaciar representativo.	DGA

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 Choapa.	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 parte alta y media 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 Choapa 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 Choapa.	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 en la parte media y baja 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 la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Choapa.	Mantener un monitoreo constante de los parámetros microbiológicos más relevantes (E. Coli, Coliformes Totales y Coliformes Fecales), utilizando la Red Hidrométrica DGA 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 para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	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 Choapa.	DGA Región de Coquimbo
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	Aumentar la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Choapa, 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 cinco (5) Comunidades de Agua Subterránea en los SHAC Chalinga, Choapa Alto, Choapa Bajo, Canela e Illapel.	DGA

ID	Acción	Objetivo	Responsable
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	Fortalecer la gestión sustentable del agua en la cuenca del río Choapa 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-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga.	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 las subcuencas de los ríos Illapel y Chalinga.	CNR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.1-3 Síntesis de acciones asociadas a Nuevas Fuentes de agua (NF)

ID	Acción	Objetivo	Responsable
NF-01	Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa alto entre Panguecillo e Higuera.	Implementar una solución robusta que permita mejorar el suministro de agua dulce en el SHAC Choapa Alto del acuífero de Choapa, mediante recarga artificial del acuífero.	JVRCH-CAS SHAC Choapa Alto (no conformada legalmente en la actualidad)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.1-4 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 Choapa.	Elaborar una propuesta de Plan Estratégico de Inversiones en saneamiento rural para localidades concentradas de la cuenca del río Choapa.	DIRPLAN

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7.1-5 se presentan las acciones del Plan de Acción, resumiendo de dónde surgen principalmente cada una de ellas.

Tabla 7.1-5 Identificación de iniciativas y su origen principal

ID	Acción	Origen principal
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la cuenca del río Choapa	Diagnóstico (análisis eficiencia de riego)
OH-02	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)
OH-03	Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse el Canelillo"	Reuniones PAC
OH-04	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	Modelación hidrológica
OH-05	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	Modelación hidrológica
OH-06	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	Diagnóstico (infraestructura y sistemas de información)
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.	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 Choapa.	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 Choapa.	Diagnóstico (calidad de aguas)
MG-04	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	Diagnóstico (gobernanza)
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	Diagnóstico (gobernanza)
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	Diagnóstico (sistemas de información)
MG-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga	Diagnóstico (infraestructura)
NF-01	Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa alto entre Panguecillo e Higuera.	Reuniones PAC
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Choapa	Diagnóstico (calidad de aguas subterráneas)

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 cuenca del río Choapa	699.949,6	70.303,3
OH-02	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	1.321.308,6	132.712,9
OH-03	Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse el Canelillo".	11.807.242,8	398.473,9
OH-04	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	7.271,8	730,4
OH-05	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	12.955,8	1.301,3
OH-06	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	1.709,3	171,7

ID	Acción	VAC [UF]	CAE [UF]
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.	3.803,0	382,0
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 Choapa.	5.539,2	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 Choapa.	2.397,6	240,8
MG-04	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	34.712,8	3.486,6
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	8.716,1	2.910,0
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	7.818,7	655,0
MG-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga.	120.540,5	12.107,2
NF-01	Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa alto entre Panguecillo e Higuera.	42.363,9	4.255,1
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Choapa.	7.783,8	2.598,8

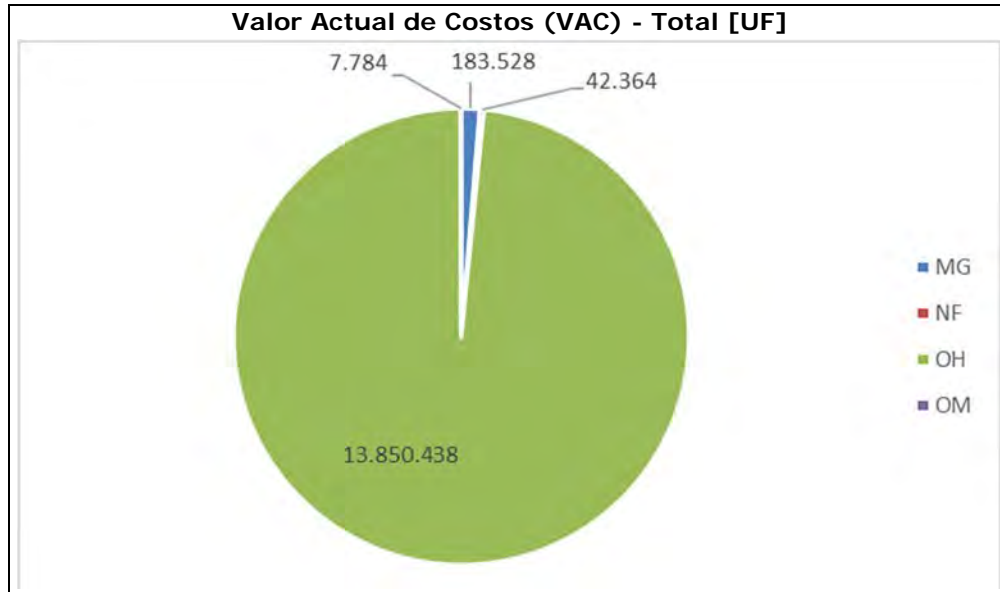
Fuente: Elaboración propia.

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. Las iniciativas relacionadas con la línea de acción denominada Nuevas Fuentes son de menor costo relativo, ya que, aun siendo también acciones estructurales, únicamente son dos medidas de costo relativamente bajo.

Tabla 7.2-2 Resumen evaluación económica por tipología de acciones

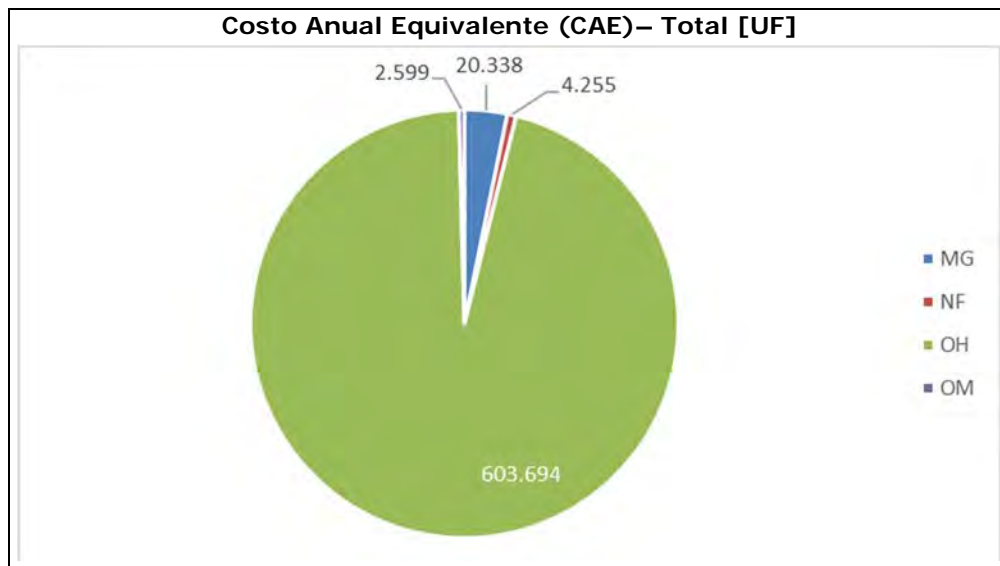
Tipología	VAC [UF]	CAE [UF]
OH	13.850.438	603.694
MG	183.528	20.338
NF	42.364	4.255
OM	7.784	2.599

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 presenta 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).	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo - Público-Privado
OH-02	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	S/A
OH-03	Disminución en la capacidad de almacenamiento de obras de acumulación.	- DOH Coquimbo
OH-04	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo
OH-05	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo
OH-06	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo
MG-01	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo
MG-02	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo - CNR Coquimbo
MG-03	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	- DOH Coquimbo - INDAP Coquimbo - Aguas del Valle
MG-04	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

ID	Problemas relacionados	Actores
MG-05	Deficiente coordinación entre usuarios en la gestión de aguas en la cuenca.	- DGA Central - DGA Coquimbo - JV Illapel
MG-06	Deficiente o insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- DGA Coquimbo - INDAP Coquimbo
MG-07	Insuficiente cobertura de monitoreo fluviométrico, de pozos y/o meteorológico.	- INDAP Coquimbo
NF-01	Disminución de nivel de agua en acuíferos por su uso intensivo y creciente. Disminución de la disponibilidad de aguas superficial y/o subterránea para el abastecimiento de agua potable. Disminución de la disponibilidad de aguas superficial y/o subterránea para el abastecimiento de agua potable rural.	- DGA Coquimbo - DOH Coquimbo - Público-Privado - JV Illapel
OM-01	Deterioro en la calidad de agua superficial y/o subterránea.	S/A

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 (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	<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 "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". Total de habitantes no es superior o igual 10.000.</p>
OH-03	Si	<p>Artículo 3 del RSEIA (DS 40)</p> <p>a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas.</p> <p>a.1. Presas cuyo muro tenga una altura superior a cinco metros (5 m) medidos desde el coronamiento hasta el nivel del terreno natural, en el plano vertical que pasa por el eje de éste y que soportará el embalse de las aguas, o que generen un embalse con una capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³).</p> <p>La alternativa de embalse Canelillo e considera un volumen de almacenamiento de 200 hm³.</p>
OH-04	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-05	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
OH-06	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)
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)
NF-01	No	<p>Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)</p> <p>"Los proyectos de recarga artificial no serán evaluados en este sistema, sino solo y excepcionalmente cuando formen parte de un proyecto mayor que sí deba ingresar, como una minera; cuando la obra de recarga se ejecute en un área bajo protección oficial o cuando la obra de recarga esté asociada a acueductos o embalses que requieren la autorización del art. 294 del Código de Aguas. Si se dan estos casos, los proyectos evaluados en el SEIA requerirán de un permiso ambiental sectorial de la DGA". De acuerdo a las características de las obras propuestas no ingresan a evaluación.</p>
OM-01	No	Tipología no listada en el Artículo 3 del RSEIA (D.S. N° 40)

Fuente: Elaboración propia.

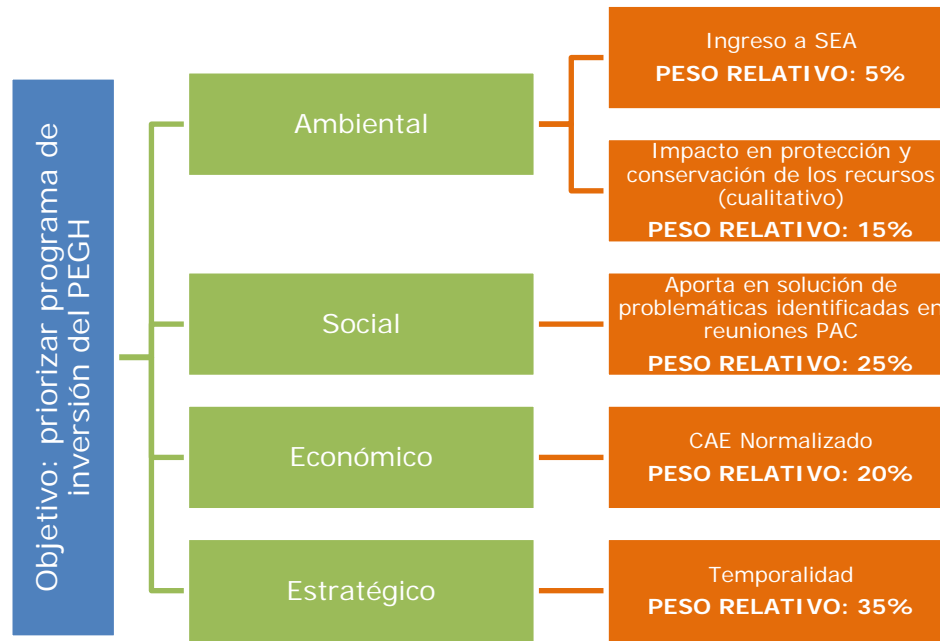
Para el análisis cualitativo del impacto en la protección y conservación de los recursos naturales, se recurre a la opinión experta, considerando una clasificación de impacto bajo, medio o alto, con puntuación 1, 2 y 4 respectivamente. Se asigna un mayor puntaje si se estima una mayor incidencia directa (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.
MG-03	Inclusión de parámetros microbiológicos en la Red Hidrométrica de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Choapa.	1	4	4	4	4	3,85
MG-01	Actualización del protocolo de monitoreo de estaciones superficiales de calidad de la Red Hidrométrica de la DGA en la cuenca del río Choapa.	1	2	4	4	4	3,55
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 Choapa.	1	2	4	4	4	3,55
OH-05	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	1	2	4	4	4	3,55
MG-04	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	1	1	4	4	4	3,4
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	1	1	4	4	4	3,4
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	1	1	4	4	4	3,4
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Choapa	1	4	1	4	4	3,1
OH-04	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	1	2	2	4	4	3,05
OH-06	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de una nueva estación glaciológica.	1	2	4	4	2	2,85
NF-01	Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa alto entre Panguecillo e Higuera.	1	2	4	4	1	2,5
OH-01	Programa de tecnificación de riego en la cuenca del río Choapa	1	2	4	1	2	2,25
MG-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga	1	2	2	2	2	1,95
OH-03	Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse el Canelillo"	0	2	4	1	1	1,85
OH-02	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	1	4	1	1	2	1,8

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 **14.084.114,6 UF**, donde todas las acciones están evaluadas a un máximo de 10 años. El costo anual equivalente total asciende a **630.885,2 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-04	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante construcción de nuevas estaciones fluviométricas.	DGA
OH-05	Obras de ampliación y mejora de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, mediante la incorporación de nuevos puntos de medición de niveles subterráneos.	DGA
OH-06	Obras de ampliación de la Red Hidrométrica de la cuenca del río Choapa, 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 Choapa.	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 Choapa.	DGA
MG-04	Proyecto para la creación del "Servicio de Apoyo a la Facilitación" a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca del río Choapa.	DGA
MG-05	Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa.	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 cuenca del río Choapa.	CNR-GORE-Privado
OH-02	Implementación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas para sistemas APR en localidades rurales concentradas de la cuenca del río Choapa.	GORE-SUBDERE
OH-03	Obra de regulación de aguas superficiales "Construcción embalse el Canelillo".	DOH
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 Choapa.	CNR-Juntas de Vigilancia
MG-06	Proyecto para la creación de una "Plataforma de Información Hídrica" de la cuenca del río Choapa.	CORFO
MG-07	Proyecto de telemetría y automatización de compuertas en las subcuencas río Illapel y río Chalinga.	CNR-JVRI, CNR-JVRCha
NF-01	Recarga artificial del acuífero en el sector Choapa alto entre Panguecillo e Higuera.	JVRCH-CNR-GORE
OM-01	Análisis para Plan de Inversión Pública en saneamiento rural para localidades concentradas en la cuenca del río Choapa.	DIRPLAN

Fuente: Elaboración propia.

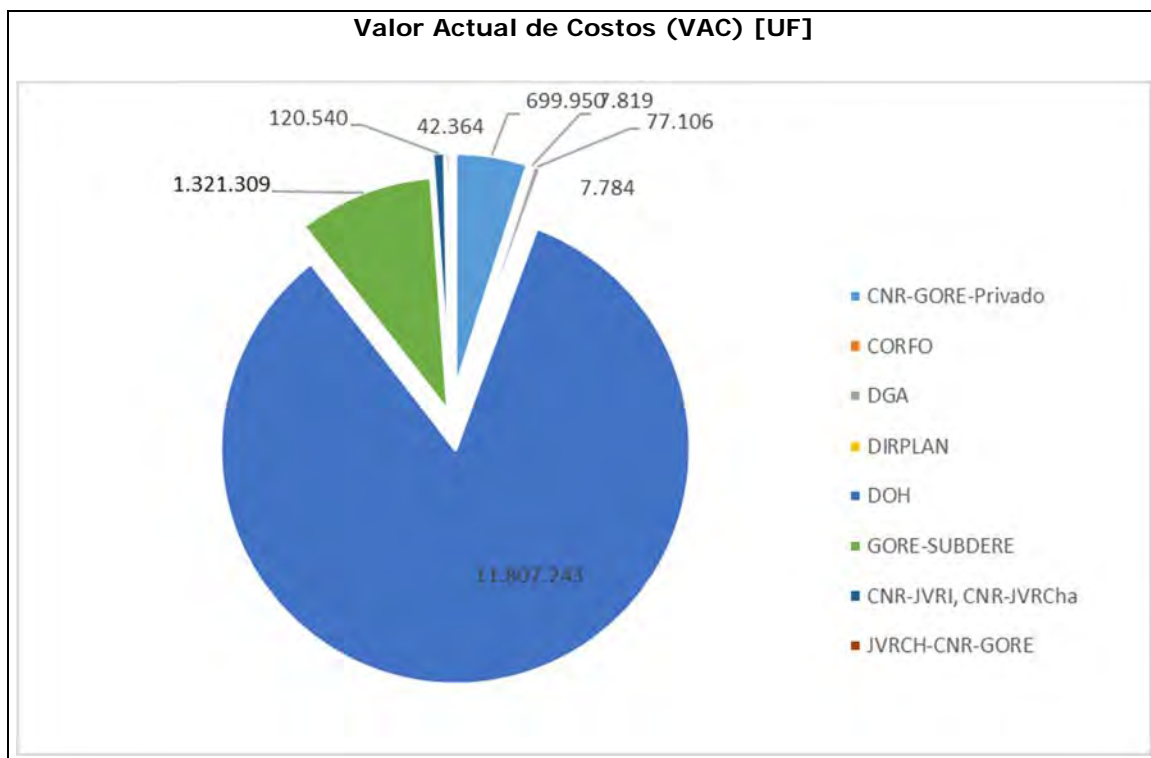
7.3.3 Distribución de costos por actores

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]

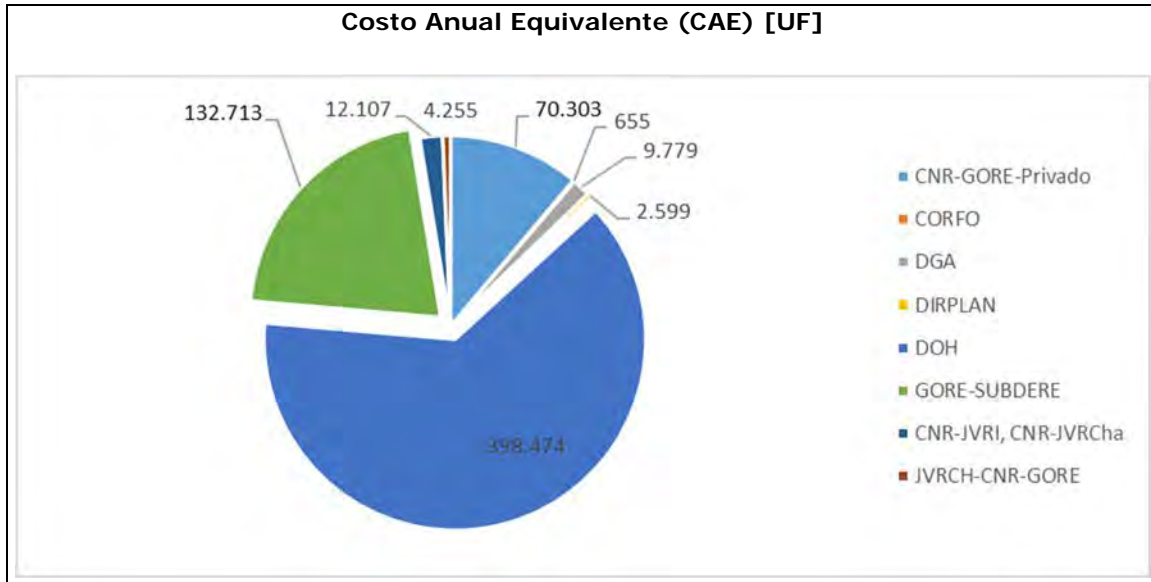
Institución	VAC [UF]	CAE [UF]
CNR-GORE-Privado	699.950	70.303
CORFO	7.819	655
DGA	77.106	9.779
DIRPLAN	7.784	2.599
DOH	11.807.243	398.474
CNR-Juntas de Vigilancia	120.540	12.107
CNR-GORE-Juntas de Vigilancia	42.364	4.255
GORE-SUBDERE	1.321.309	132.713
Total	14.084.114	630.885

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.3-1 Distribución de VAC [UF] según institución

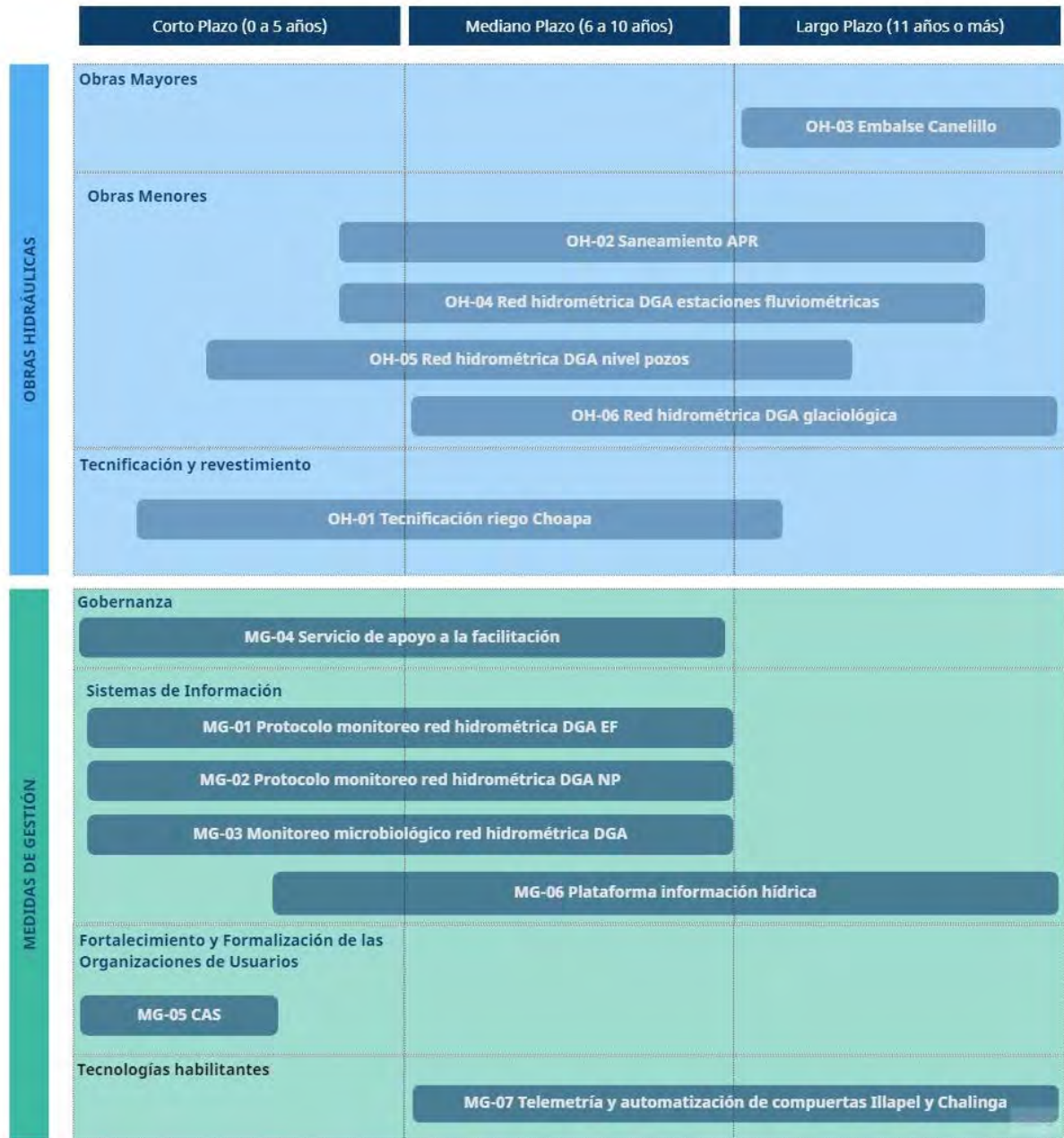


Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.3-2 CAE [UF] según institución

7.4 CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES

En el esquema presentado en la Figura 7.4-1, se representa una versión extendida de la hoja de ruta del PEGH de la cuenca del río Choapa. 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 15 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

	Corto Plazo (0 a 5 años)	Mediano Plazo (6 a 10 años)	Largo Plazo (11 años o más)
NUEVAS FUENTES DE AGUA	Recarga de acuíferos	NF-01 Recarga artificial SHAC Choapa Alto	
OTRAS MEDIDAS	Estudios OM-02 Plan APR		

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 (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.

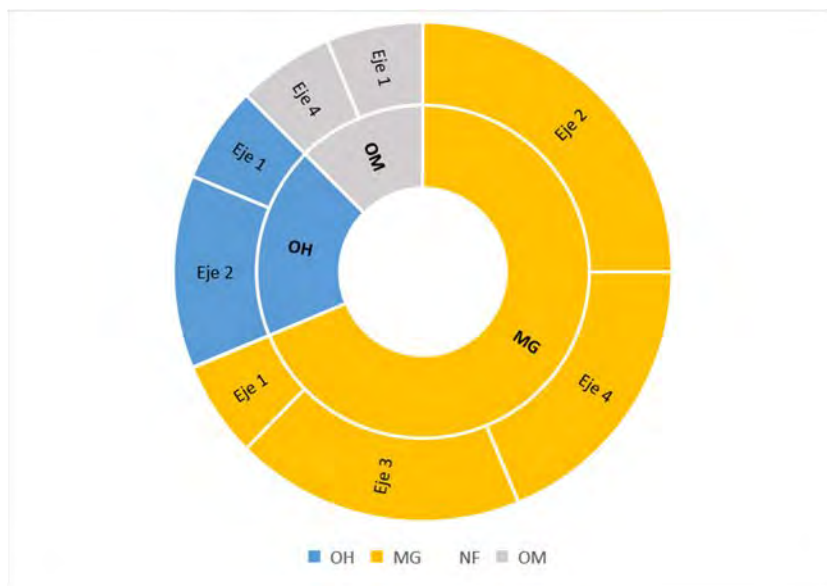
A su vez, en cuanto a su tipología, las iniciativas se clasifican en 4 tipos, siguiendo las recomendaciones indicadas por DGA:

- 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 (acápite 2.6.2). En la Figura 8.1-1 se presenta un resumen de lo anterior.



Fuente: Elaboración propia.

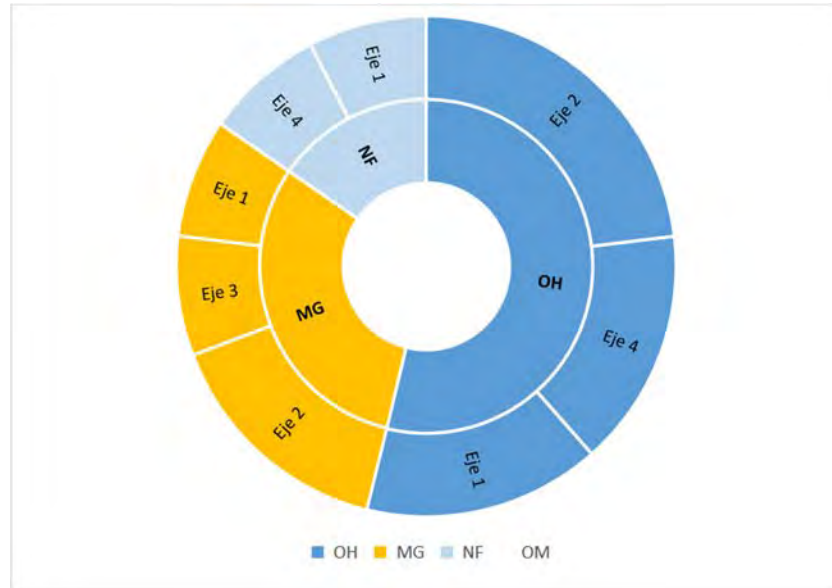
Figura 8.1-1 Distribución de iniciativas a corto plazo

Como hitos de referencia, cabría destacar la iniciativa MG-05 “Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la cuenca del río Choapa”, la cual se considera muy relevante para la consecución de otras medidas de diferentes naturalezas.

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 nuevas fuentes, siendo destacable la iniciativa NF-01, relativa a recarga artificial del acuífero.

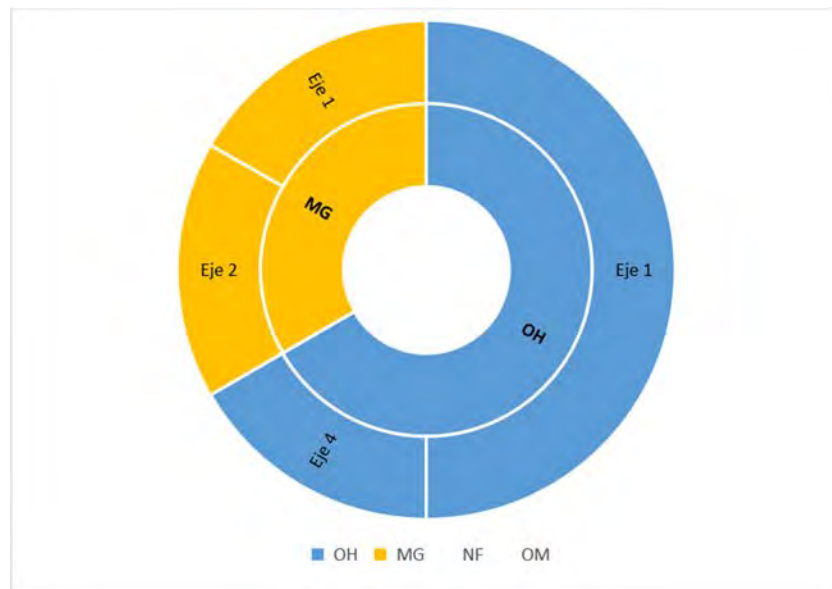


Fuente: Elaboración propia.

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, el hito relevante tiene relación con obras hidráulicas, OH-01, “Obra de regulación de aguas superficiales Construcción embalse el Canelillo”.

8.2 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El éxito de la ejecución de las iniciativas del PEGH Choapa 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 Choapa, 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 Choapa. 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 Choapa 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).

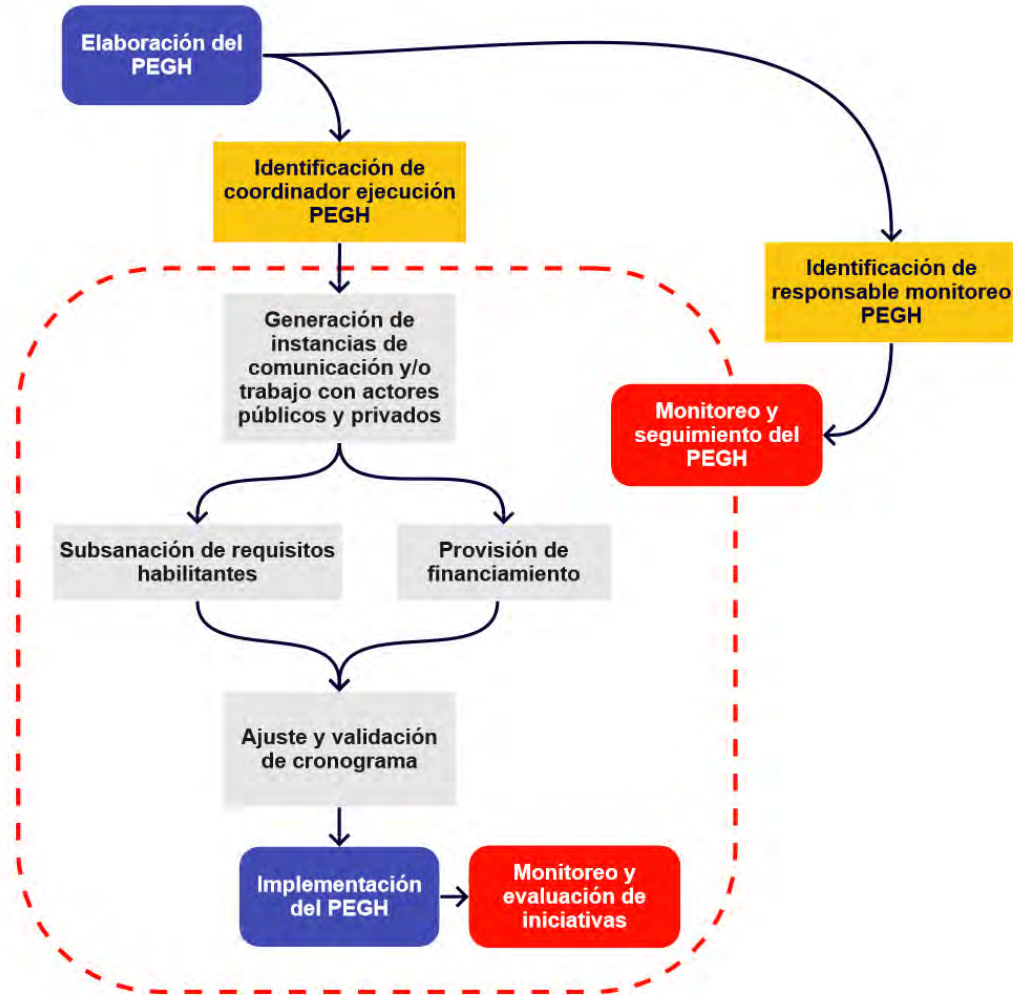
Respecto de la aceptación y la acogida de las medidas por parte de los diferentes actores, se debe considerar que las interacciones entre ellos (no conflicto, colaboración y confianza, u otra situación) pueden cambiar según el tema que los una o relacione y, en consecuencia, también pueden cambiar sus 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 y Figura 7.4-2), 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.

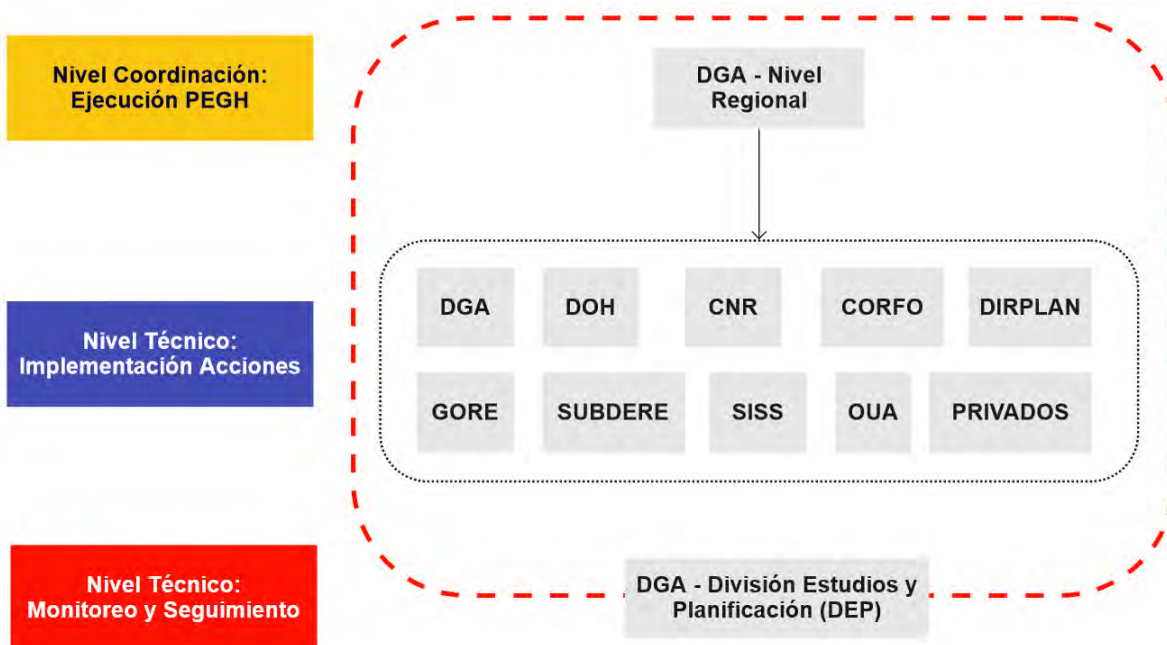
En paralelo a la implementación de las iniciativas del PEGH, el Plan de Monitoreo asociado permitirá un seguimiento y mejora de la pertinencia de las propuestas identificadas y su adaptación a lo largo del tiempo en caso oportuno; dicho Plan se describe en el acápite 9.1. Se sugiere que el monitoreo 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 Choapa

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 Choapa 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 Choapa. 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 Choapa. 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 Choapa 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	77.106	9.779
Otras instituciones	14.007.008	621.106
Total	14.084.114	630.885

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

En este capítulo se detalla el Plan de Monitoreo del PEGH Choapa, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados.

9.1 PLAN MONITOREO

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH Choapa 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 15 iniciativas, de las cuales 1 está catastrada y 14 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	-	-	10	66,7
Mediano plazo	-	-	4	26,7
Largo plazo	1	6,7	-	-
Total	1	6,7	14	93,3

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 Choapa 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) Programa de capacitación para la conformación de Comunidades de Aguas Subterráneas en la zona media y baja de la cuenca del río Choapa (MG-05) (iniciativa 1), y b) Creación del “Servicio de Apoyo a la Facilitación” a las buenas prácticas de gobernanza en la cuenca (MG-04) (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 Choapa con los indicadores presentados anteriormente, así como el Plan de Acción.

9.1.3 Seguimiento del PEGH

El seguimiento del PEGH Choapa 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 Choapa

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 hasta $i+4$
	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 hasta $i+3$ (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año $i+4$ (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 hasta $i+4$
	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 hasta $i+3$ (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año $i+4$ (valor acumulado)
Específico	Porcentaje de avance de cada iniciativa	Iniciativa N° 1: MG-05 100% año $i+2$
		Iniciativa N° 2: MG-04 100% año 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 aun 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 Choapa 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.