

**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE PLANEAMIENTO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS**

**ESTUDIO BÁSICO
“ANÁLISIS REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA
DE LARGO PLAZO 2025-2055”**

ETAPA 4 – REGIÓN COQUIMBO

REV. 0

Preparado para:



marzo de 2025

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL	2
1.2.1	Visión objetivo	2
1.2.2	Objetivo estratégico general	3
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	3
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	6
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	6
2.1.1	Dimensión física	6
2.1.2	Clima	10
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	11
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	12
2.2.1	Agua potable urbana	12
2.2.2	Agua potable rural	14
2.2.3	Agrícola	17
2.2.4	Generación eléctrica	20
2.2.5	Minero	21
2.2.6	Industrial	23
2.2.7	Forestal	24
2.2.8	Pecuario	25
2.2.9	Acuícola	26
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	27
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	28
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	32
2.3.1	Oferta hídrica	32
2.3.2	Eventos extremos	45
2.3.3	Calidad de aguas	48
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	51

3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	51
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	51
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	64
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	69
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	69
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	76
4.2.1	Brechas de Información	76
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	78
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	81
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	84
4.2.5	Brechas para la seguridad hídrica que promueva la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación	87
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	89
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	91
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	91
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	105
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	105
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	107
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	108
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	114
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	118
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	118
5.6.1	Beneficios de Inversiones	118
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	123
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	127
6.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	130
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	131
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	137
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	137
7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	138
7.1.2	Factores críticos regionales	139

7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	141
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	141
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	144
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	146
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	148
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	151
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	151
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	154
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	155
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	155
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	156
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	156
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	157
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	160
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	161

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de Coquimbo.....	8
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Coquimbo	9
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	11
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	13
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	14
Figura 2.2-3	Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 con proyección hasta el año 2055	19
Figura 2.2-4	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	29
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	30
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	31
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de Coquimbo según clasificación BNA ..	33
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Coquimbo, por tipología	35
Figura 2.3-3	Restricciones de uso sobre fuentes superficiales, región de Coquimbo	36
Figura 2.3-4	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Coquimbo	37
Figura 2.3-5	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Coquimbo, por tipología	42
Figura 2.3-6	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Coquimbo	43
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de Coquimbo 2017	54
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	55
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Coquimbo	56
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región de Coquimbo según indicador BS13.....	57

Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	58
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Coquimbo	60
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de Coquimbo	63
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 045	71
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Coquimbo	72
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Coquimbo	75
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Coquimbo	90
Figura 4.3-1	Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región de Coquimbo	98
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas	106
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	107
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones	109
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión	110
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	132
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Coquimbo	133
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Coquimbo	134
Figura 6.3-4	Iniciativas priorizadas por el MOP que superen el monto anual regional para la región de Coquimbo	135
Figura 6.3-5	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Coquimbo	136
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023	153
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	158

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda hídrica Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Coquimbo	12
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región Coquimbo	15
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región Coquimbo	16
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región Coquimbo.....	16
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región Coquimbo	17
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura– Cuencas BNA Región de Coquimbo	18
Tabla 2.2-7	Estimación demanda generación eléctrica actual y futura– Cuencas BNA Región Coquimbo	20
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo	22
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo	24
Tabla 2.2-10	Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA región Coquimbo	25
Tabla 2.2-11	Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo	26
Tabla 2.2-12	Estimación demanda Acuícola actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo	27
Tabla 2.2-13	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región Coquimbo	28
Tabla 2.2-14	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Coquimbo	29
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en región de Coquimbo	39
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciación en periodo histórico 1985-2015.....	40
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en región de Coquimbo	44

Tabla 2.3-4	Oferta hídrica y proyectada actual de agua subterránea en región de Coquimbo	45
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	46
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de Coquimbo, periodo 1912-2017 .	47
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Coquimbo, periodo 2017-2023	47
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	53
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Coquimbo .	53
Tabla 3.1-3	Proyectos de Desalinización en la Región de Coquimbo	59
Tabla 3.1-4	Obras de tramo colector presentes en la región de Coquimbo	61
Tabla 3.1-5	Estaciones de monitoreo de la región de Coquimbo	62
Tabla 3.1-6	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción	64
Tabla 3.1-7	Iniciativas según tipologías y características básicas	66
Tabla 3.1-8	Iniciativas con estado de ejecución	66
Tabla 3.1-9	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Coquimbo	67
Tabla 3.1-10	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	67
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de Coquimbo	73
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Coquimbo	79
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)	80
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Coquimbo	82
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)	83
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Coquimbo	85
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)	85
Tabla 4.2-7	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Coquimbo	88
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Coquimbo	95
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Coquimbo (continuación)	96
Tabla 4.3-3	Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región de Coquimbo	100

Tabla 4.3-4	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Coquimbo	104
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	107
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas.....	108
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-01	111
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-02	111
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-03	112
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-04	113
Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-05	113
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	114
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	120
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	124
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	129
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Coquimbo	154

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una breve introducción al estudio y el marco estratégico desarrollado para la región de Coquimbo en el contexto del estudio de los requerimientos de infraestructura hídrica para Plan Director de Infraestructura 2025-2055.

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se identifica la cartera de proyectos estratégicos y prospectiva de requerimientos de inversión, así como también iniciativas de política pública, programas de inversión innovadores y/o medidas de gestión necesarias promover una mayor seguridad hídrica en la región de Coquimbo.

Para lo anterior, se desarrolla un diagnóstico actual y prospectivo de los principales sectores de demanda hídrica del país para el período 2025-2055, incluyendo también un análisis histórico de los niveles de precipitación y eventos climáticos extremos. Esto, en conjunto con la evaluación de la oferta hídrica, permite analizar la viabilidad hídrica de las iniciativas propuestas orientadas a abordar los diversos requerimientos hídricos proyectados de los distintos sectores de demanda económico-productivos y de los centros poblados distribuidos en el territorio regional.

Las iniciativas propuestas son definidas a partir de los resultados de las brechas identificadas en el diagnóstico, y del análisis de la disponibilidad de proyectos estratégicos regionales y por cuencas, tanto proyectados, como ejecutados y/o en ejecución, además de la identificación y/o propuestas de nuevas iniciativas, incluyendo aquellas innovadoras que propicien nuevas fuentes de disponibilidades hídricas. Estas iniciativas son evaluadas en base a una metodología multicriterio, que permite su priorización.

Finalmente, se entrega una nueva prospectiva de los programas y/o proyectos estratégicos de infraestructura hídrica identificados con nuevos horizontes de realización (con alcance temporal al 2055 y con escenarios de corte de 10, 20 y 30 años), en base a diversos criterios y/o escenarios, con sus requerimientos de inversión y programación estimados dentro del período 2025-2055, para ser presentados como propuestas dentro del proceso de elaboración del Plan Director de Infraestructura 2025-2055.

1.2 MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL

Con la finalidad de garantizar la coherencia y conformidad con los aspectos generales, resulta esencial mantener los objetivos regionales en línea a los ejes estratégicos establecidos en base a las cuatro dimensiones de seguridad hídrica desarrolladas a nivel nacional. Esta estructura proporciona una sólida guía hacia la entrega de soluciones efectivas frente a las problemáticas regionales entorno al recurso hídrico, orientadas a una gestión eficiente y sustentable del agua en todo el país.

1.2.1 Visión objetivo

La visión estratégica regional para este estudio se desarrolla a partir de las visiones estratégicas de largo plazo construidas para Plan Director de Servicios de Infraestructura 2025-2055 (PDSI) a través del estudio de Análisis Integral (DIRPLAN, 2024), el cual abarca todos los servicios de infraestructura que presta el Ministerio de Obras Públicas.

En este contexto, se define una imagen objetivo donde la región de Coquimbo sea “[...] reconocida por sus cielos, agricultura, borde costero y minería[...]”, y en el cual “[...] logra un desarrollo social, económico y productivo disminuyendo los desequilibrios entre las zonas urbanas y rurales, a través de un crecimiento articulado, planificado, descentralizado, integral, sostenible, resiliente y solidario. Potenciando su matriz productiva en todos los ámbitos posibles [...].”

Esta imagen también define “[...] una región que ha sido una de las afectadas por los adaptada a los principales desafíos que plantea el cambio climático, los desastres socio-naturales y a la constante evolución de la ciencia y la tecnología, en los principales ámbitos del desarrollo humano.” Debido a esto, se espera que la región sea “[...] un ejemplo y líder a nivel nacional en materia de gestión y abastecimiento de agua, tanto potable como para su uso en sectores productivos [...] amigables con el medioambiente [...]”, y que haya “[...] logrado avanzar en la autosuficiencia energética que ofrece el desarrollo de la energía solar y el desarrollo de la energía eólica [...].”

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos estratégicos regionales los cuales se han definido a partir de la revisión y análisis del Estudio de Análisis Integral Desarrollado para el Plan Director 2025-2055 (DIRPLAN, 2024), los Planes de Riego (CNR, 2016) de las cuencas de Elqui, Límari, Choapa-Quilimarí, los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs) desarrollados dentro de la región (DGA, 2020), Planes de Estrategias Regionales del Gobierno Regional de Coquimbo (GORE Coquimbo, 2020), los estudios realizados mediante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, 2022) y por último el inventario de planes del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2023). El detalle del análisis realizado se presenta en el Anexo 05.05.02.

1.2.2 Objetivo estratégico general

Desarrollar e implementar en la región de Coquimbo un sistema integral de infraestructura sostenible que asegure el acceso equitativo y continuo al agua potable y servicios de saneamiento en todas las comunidades urbanas y rurales, considerando además factores económicos clave. Este sistema estará diseñado para mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica, anticipándose a riesgos y conflictos socio-ambientales. Se integrarán soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura verde junto con las tradicionales (grises) para fortalecer la capacidad de adaptación, mejorar la calidad de vida y promover la equidad social y económica. Esto contribuirá a dinamizar la economía local mediante el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas que aumenten la eficiencia hídrica, potenciando sectores estratégicos como el agroindustrial y la minería, atrayendo inversiones que impulsen el emprendimiento y la innovación en la región, consolidándola como un referente nacional en la gestión sostenible del agua.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Garantizar el derecho humano al agua a través de la implementación de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en todas las comunidades, con un enfoque especial en aquellas situadas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Este objetivo se centrará en asegurar el acceso continuo y sostenible a suministros de agua potable y servicios de saneamiento adecuados, mejorando así la calidad de vida de la población y promoviendo la equidad social y la igualdad de oportunidades. Se pondrá especial énfasis en atender las necesidades de género y la diversidad de contextos territoriales, con el fin de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en la gestión y abastecimiento de agua. Asimismo, se abordará la disminución sostenida de la fuente primaria de agua, proveniente de las aguas superficiales y subterráneas con medidas que permitan asegurar la demanda actual y futura del recurso hídrico. Esto incluirá la mejora de la capacidad de las redes de distribución, la reducción del estrés hídrico domiciliario y la disminución del uso de camiones aljibe para el abastecimiento. También se trabajará en resolver los problemas operacionales identificados en los SSR, manteniendo la operación del servicio ante demandas crecientes.
2. Garantizar la reducción de la vulnerabilidad de las personas ante riesgos socio-naturales mediante el fomento del desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas en áreas urbanas y rurales, con el fin de mejorar el bienestar de la población, proteger el medio ambiente y generar nuevas fuentes de agua en regiones con escasez hídrica. Este objetivo se centrará en disminuir las brechas sociales y promover la equidad en el acceso a servicios fundamentales como el agua y el saneamiento. Se priorizará la investigación y la identificación de nuevas fuentes de

recursos hídricos para un manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua, velando por su calidad.

3. Diversificar la matriz hídrica para extender las alternativas multisectoriales de nuevas fuentes de agua, destacando sectores estratégicos como el minero, agroindustrial y de energía verde. Promover el dinamismo económico local a través de la gestión integrada de cuencas hidrográficas, un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, garantizando la disponibilidad de agua en zonas de escasez. Para lograrlo, se implementará infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente frente al cambio climático, utilizando soluciones basadas en la naturaleza para proteger y recuperar fuentes de agua, mejorar servicios ecosistémicos y asegurar un desarrollo equilibrado y sostenible entre zonas urbanas y rurales.
4. Desarrollar ventajas tecnológicas ligadas a recursos naturales y la formación de capital humano, promoviendo una transición socioecológica justa para la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel de cuencas. Esto implica fomentar prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua, así como tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua, modernizando sistemas y potenciando usos múltiples para asegurar un balance hídrico sostenible. Además, se busca potenciar los atributos y oportunidades de los territorios rurales mediante incentivos para atraer inversiones, promoviendo la productividad, el emprendimiento y la innovación, con el objetivo de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en materia de gestión y abastecimiento de agua.
5. Enfatizar la protección de la biodiversidad, equilibrando la conservación de los ecosistemas acuáticos con la seguridad hídrica para consumo humano y producción sostenible, fomentando el uso sostenible del suelo mediante prácticas de conservación, recuperación y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y erosión. Esto incluye la restauración de bosque nativo y matorral arborescente, y la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, mejorando la calidad de agua para consumo humano y riego, estableciendo metas claras de mejoramiento ambiental en las ciudades para mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales.
6. Fomentar modelos de gobernanza colaborativa entre el sector público, privado y la ciudadanía para fortalecer la seguridad hídrica en todas las cuencas del país. Esto incluirá mejorar la gestión y distribución de información hídrica, así como regularizar los derechos de aprovechamiento. Se buscará especialmente mejorar la calidad de las aguas destinadas al riego, mediante un conocimiento exhaustivo de las fuentes contaminantes y la implementación efectiva de medidas de mitigación. Será crucial

identificar y mitigar posibles afectaciones por descargas sanitarias, mineras y contaminación agrícola difusa mediante un sistema mejorado de monitoreo. Esto incluirá la instalación de estaciones de medición fluviométricas, meteorológicas y de calidad de agua a lo largo de las cuencas, asegurando mediciones consistentes y en tiempo real. Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales en Chile mediante la identificación y caracterización de paisajes naturales y seminaturales. Integrar estos componentes en políticas sectoriales para sensibilizar sobre su valor y protección, facilitando la protección, restauración, reparación y remediación de los ecosistemas. Esto incluirá la incorporación de reglas y planes especiales en la planificación territorial para proteger bordes lacustres, fluviales, canales y humedales, utilizándolos como corredores urbanos para regular el clima y conservar la biodiversidad.

7. Desarrollar e implementar un sistema integral de infraestructura resiliente que incorpore políticas y servicios diseñados desde su inicio para mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica. Este sistema promoverá la gestión sostenible del suelo y de los recursos hídricos, anticipándose a riesgos ambientales y sociales, con el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales a condiciones climáticas cambiantes y reducir sus efectos adversos. Se enfatizará en la integración de soluciones basadas en la naturaleza y en infraestructura verde, complementando las tradicionales (grises), para garantizar la seguridad territorial frente a fenómenos naturales como navales extremos, precipitaciones intensas y transporte de sedimentos. Además, se mejorará la infraestructura existente mediante la implementación de obras de arte necesarias para proteger las aducciones en áreas vulnerables a deslizamientos y quebradas, asegurando su mantenimiento óptimo y libre de obstrucciones.

CAPÍTULO 2 DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

A continuación, se presentan las principales características de la región en términos físicos, climáticos y socio-económicos. El detalle de este trabajo se presenta de en el Anexo 05.01 del presente estudio.

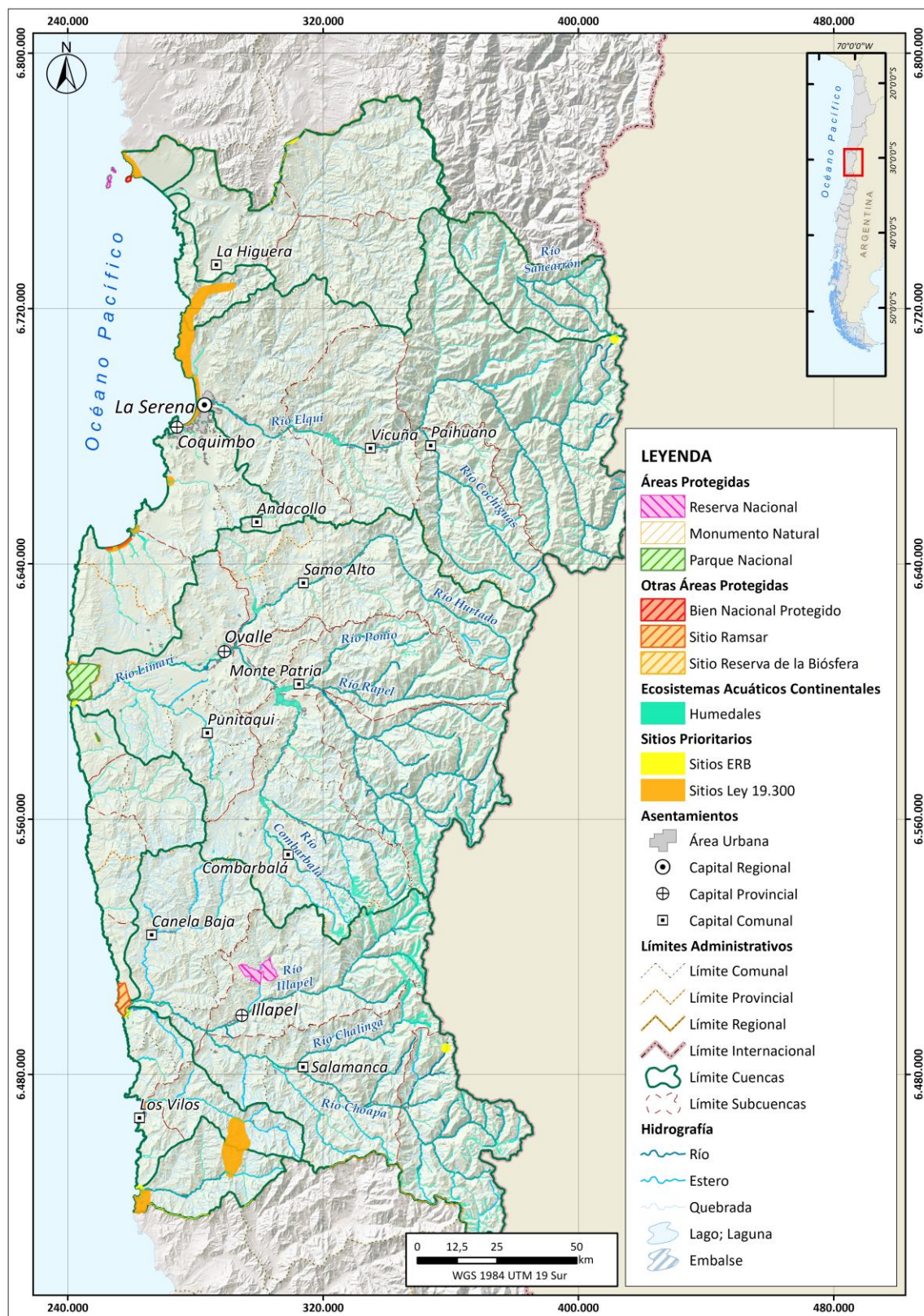
2.1.1 Dimensión física

La caracterización física comprende el estado actual de la región en relación con la información geológica, hidrológica y ambiental. Al respecto, los principales rasgos de esta región son la existencia de tres importantes valles transversales, que de norte a sur se conocen como los valles de Elqui, Limarí y Choapa, cuya morfología permite el desarrollo de la actividad agrícola principalmente. Estos valles dan nacimiento a tres importantes ríos, los que comparten el mismo nombre, todos ellos nacen en la Cordillera de Los Andes y desembocan en el mar. La hidrografía de la región se presenta en la Figura 2.1-1.

En cuanto a la distribución del uso de suelo, más del 50% de la región se categoriza como praderas y matorrales, aproximadamente un 5% es utilizado como terreno agrícola, y menos del 1% corresponde a áreas urbana e industrial (CONAF, 2019).

Finalmente, en cuanto al ámbito ambiental, se han identificado diversas áreas con diferentes grados de protección de la biodiversidad en las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa, según el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Entre estas áreas se encuentran el Parque Nacional Bosque Fray Jorge y la Reserva Nacional Las Chinchillas, que representan importantes reservas naturales en la región (ver Figura 2.1-2). No obstante, la protección de humedales en la región de Coquimbo es insuficiente. Las cuencas Costeras entre Elqui y Limarí, Río Limarí, Costeras entre Río Limarí y Río Choapa, Río Choapa y Río Quilimarí presentan una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales menores a 4%. Por otra parte, las cuencas Río Elqui y Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí presentan una criticidad media con porcentajes

de protección que varían entre 11% y 20%. Por último, la cuenca Río Los Choros presenta una criticidad baja, ya que exhibe un 20% de protección de humedales. Esta situación refleja la necesidad de mejorar la gestión y protección de los humedales para resguardar los recursos hídricos y la prestación de los servicios ecosistémicos de la región (ver sección 4.2.4).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1-2 Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Coquimbo

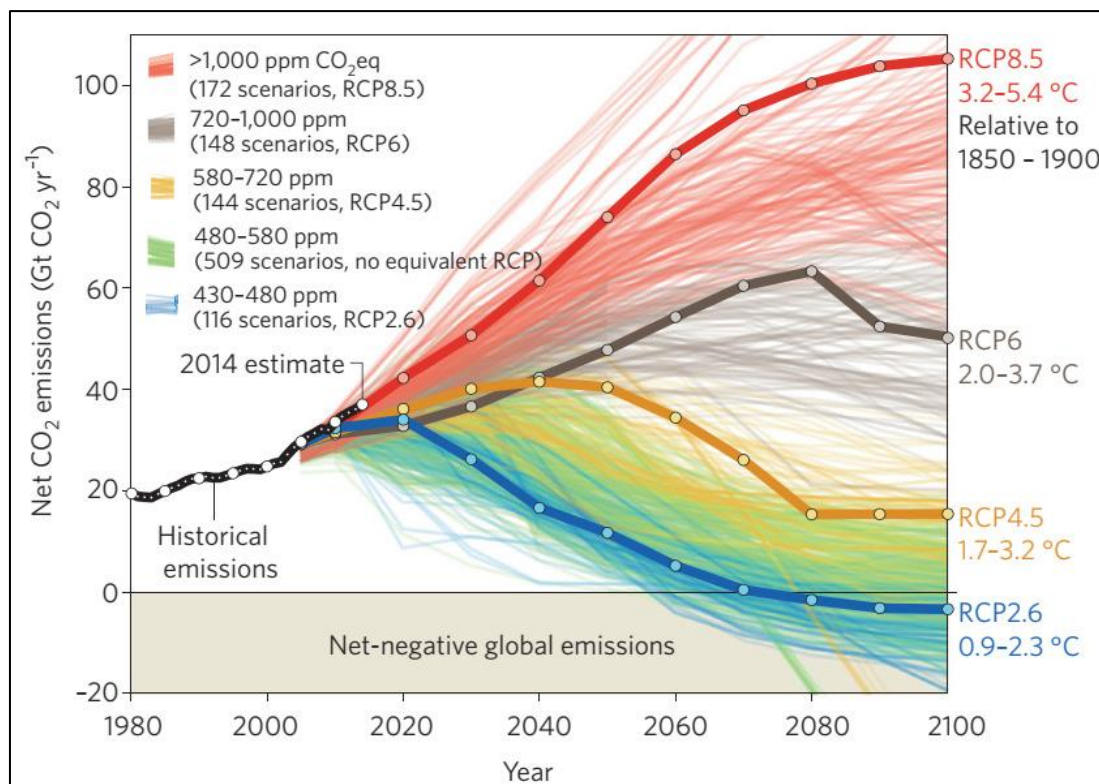
2.1.2 Clima

La caracterización climática comprende una descripción de los tipos de clima presentes en la región y análisis de variabilidad climática. Al respecto cabe señalar que la región de Coquimbo presenta diversos climas, tales como: i) estepárico costero o nuboso, caracterizado por abundante humedad, temperaturas moderadas, con un promedio de precipitaciones de 130 mm anuales con un período seco de ocho a nueve meses; ii) estepa cálido y templado frío de altura, con ausencia de nubosidad y sequedad del aire; iii) y clima templado frío de altura con características de altas precipitaciones, temperaturas bajas y nieves permanentes que constituyen un aporte significativo de agua en el período estival (BC, 2023).

En el Anexo 05.01 se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger, predominando el clima estepario frío (BSk); además de los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, calculados dentro del periodo histórico considerado 1985-2015, con información extraída del producto meteorológico CR2Met v2.5, asociado al estudio Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile (DGA, 2022).

Estos datos climáticos fueron obtenidos a partir de los resultados de las simulaciones de 4 modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de la iniciativa CMIP-5¹ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), siendo ajustados a una escala espacial de 0,05° x 0,05° para Chile. Estos modelos poseen información histórica hasta el año 2005, por lo que, a partir de ese año, los resultados reportados corresponden a proyecciones. Los GCM utilizados corresponden a aquellos del escenario de emisiones RCP8.5, que supone la mayor tasa de emisiones hacia el futuro, siendo la más pesimista, pero que mejor predijeron lo ocurrido desde el año 2005 hasta el año 2014, como se puede ver en la Figura 2.1-3. El GCM representativo de la región corresponde al IPSL-CM5A-LR. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 05.01.

¹ <https://pcmdi.llnl.gov/mips/cmip5/>



Fuente: Havlik et al., (2014).

Figura 2.1-3 Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.

2.1.3 Dimensión socioeconómica y cultural

La región de Coquimbo se sitúa en la macrozona norte del país y tiene un área de 40.588 km². Es la región de la macrozona norte con mayor crecimiento poblacional en el periodo intercensal 2002-2017 y la segunda a nivel país, presentando una variación porcentual del 25,59% y un total de 757.586 habitantes (INE, 2017). Esta población representa el 4,31% de la población nacional y se compone de 48,68% hombres y 51,32% mujeres. Del total de la población de Coquimbo, un 81,2% corresponde al área urbana y un 18,8% al área rural (INE, 2017). Con respecto a los pueblos originarios, se destaca la presencia del pueblo Diaguita con un 40,8% y el pueblo Mapuche con un 38,4% (INE, 2017).

En términos económicos, el Producto Interno Bruto (PIB) de la región de Coquimbo consignado por el Banco Central de Chile (BC, 2022), corresponde a \$8.420 mil millones de pesos, representando el 3,21% a nivel nacional. En términos sectoriales, respecto al porcentaje del PIB regional asociado a las diferentes actividades económicas desarrolladas en la zona, destaca la minería (21,9%), seguida por servicios personales (13,6 %) y construcción (12,8%). Respecto al sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos, este alcanza un 2,2% del PIB regional, mientras que el sector agropecuario-silvícola tiene un 4,6% de participación (BC, 2022).

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS

En el presente acápite se cuantifica la demanda de agua actual y futura para el consumo de agua potable, y para los diferentes sectores productivos del recurso hídrico, tales como demanda agrícola, minera, industrial, entre otras.

2.2.1 Agua potable urbana

El análisis de la demanda de agua potable urbana en las cuencas de la región de Coquimbo está determinado por las fuentes de extracción que se localizan al interior de los límites definidos de las cuencas y que abastecen localidades con áreas urbanas. Los resultados del análisis son presentados a nivel de cuenca considerando el consumo en términos de volumen anual demandado ($Mm^3/año$).

Los cálculos de demanda hídrica actual consideran el consumo facturado en el año 2022 según el Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) (SISS, 2023). La demanda proyectada para Clientes Residenciales considera el consumo facturado histórico y la proyección de clientes de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional, mientras que para los demás clientes perteneciente a la categoría “Otros”², se utiliza la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) (BC, 2022). El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

**Tabla 2.2-1 Estimación demanda hídrica Agua Potable Urbana actual y futura–
Cuencas BNA región Coquimbo**

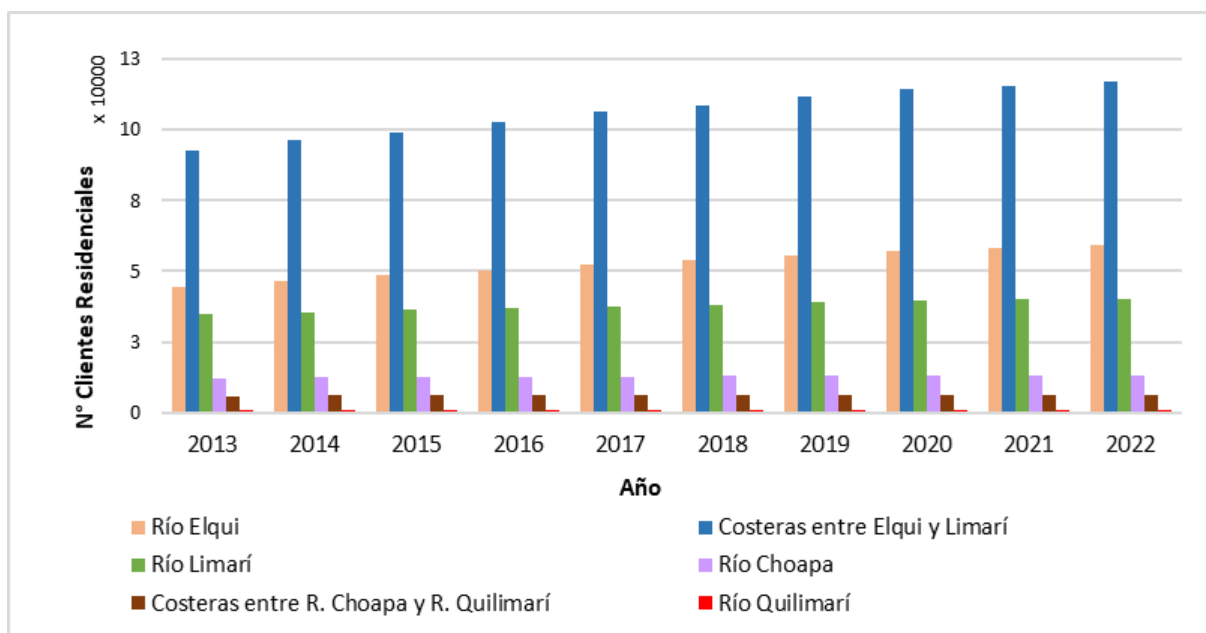
Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda ($Mm^3/año$)				
		2022	2025	2035	2045	2055
043	Río Elqui	11.008	11.310	12.446	13.336	14.006
044	Costeras entre Elqui y Limarí	22.765	22.961	25.235	27.013	28.351
045	Río Limarí	7.080	7.314	8.070	8.662	9.110
047	Río Choapa	2.632	2.728	2.924	3.071	3.175
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	1.131	1.179	1.255	1.308	1.341
049	Río Quilimarí	192	195	206	212	215
Total		44.806	45.687	50.136	53.602	56.198

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2.1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas, asociada al aumento de la población urbana que demanda el recurso hídrico en las cuencas. Asimismo, se observa que la mayor demanda se concentra en las cuencas Costeras entre Elqui y Limarí (Código cuenca N°044) y Río Elqui (Código cuenca N°043), en donde opera el sistema de producción de agua potable Coquimbo - La Serena, que abastece a la mayor población de la región.

² La categoría “Otros” incluye Clientes Industriales, Comerciales y No Asociados a Inmuebles.

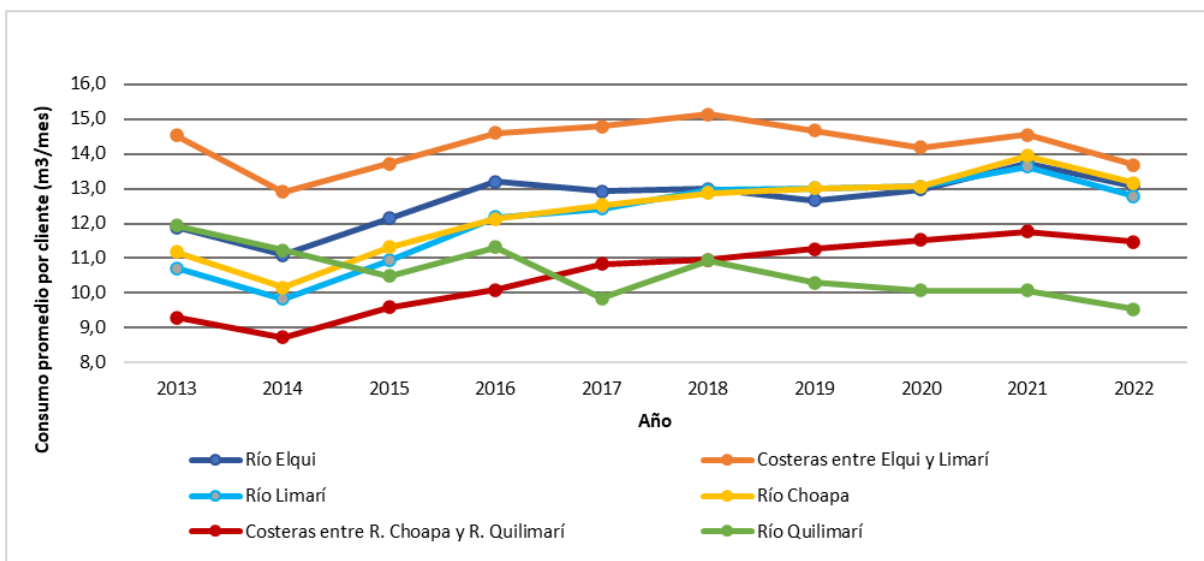
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 95,6% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,1%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales por cuenca entre los años 2013 y 2022.



Fuente: SISS (2023)

Figura 2.2-1 Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana

Junto con el aumento del número de clientes, también se ha observado un incremento en el consumo mensual promedio por cliente residencial de aproximadamente 6m³/mes (Figura 2.2-2). Cabe destacar, las cuencas que más consumo promedian son las cuencas Costeras entre Elqui y Limarí y la cuenca Río Elqui, mientras que las que poseen una tendencia al alza a lo largo de la década son la cuenca del Río Choapa, cuenca del Río Limarí y las cuencas Costeras entre Río Choapa y Río Limarí.



Fuente: SISS (2023)

Figura 2.2-2 Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado

En cuanto a las fuentes de abastecimiento, esta es de carácter mixto, es decir, corresponde a fuentes superficiales, subterráneas y embalses. No obstante, en periodos de sequía con falta de lluvias en invierno y recarga de los embalses, además del incremento poblacional en época estival producto del turismo por viajes ocasionales³ (SERNATUR, 2024), especialmente en sectores costeros, generan ciertas dificultades para la cobertura del recurso hídrico (Aguas del Valle, 2022).

2.2.2 Agua potable rural

A continuación, se presenta la estimación de la demanda de agua potable rural actual (año 2022) y proyectada de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de las cuencas de la región de Coquimbo.

Los cálculos de la demanda hídrica consideran la información proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2023) que contiene la identificación de los SSR que actualmente operan en la cuenca. La demanda proyectada considera las tasas de crecimiento poblacional provenientes del Censo de Población y Vivienda (INE, 2017), así como también la demanda asociada a futuros proyectos en la región. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

³ Viaje turístico ocasional: no se repite el mismo destino principal en menos de 3 meses (antes denominado viaje no frecuente).

Tabla 2.2-2 Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	40	41	46	49	51
041	Río los Choros	188	195	215	231	243
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	133	138	189	202	213
043	Río Elqui	1.750	1.812	2.110	2.265	2.382
044	Costeras entre Elqui y Limarí	789	817	946	1.016	1.068
045	Río Limarí	3.243	3.359	3.805	4.085	4.297
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	107	111	134	144	151
047	Río Choapa	1.925	1.994	2.282	2.450	2.577
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	88	91	101	108	114
049	Río Quilimarí	545	564	629	675	710
Total		8.808	9.122	10.457	11.225	11.806

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

Según se desprende de la Tabla 2.2-2, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas, asociado al aumento de población rural que demanda el recurso hídrico en las cuencas. Asimismo, se observa que la mayor demanda se centraliza en la cuenca del Río Limarí, en donde se concentra la mayor población.

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región de Coquimbo, donde se observa un incremento en la población rural de un 22% para las cuencas Costeras e Islas entre Tercera región y Quebrada Los Choros (código BNA 040) para el año 2055 respecto de la población actual, le siguen las cuencas Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (código BNA 042) con un 17% y las cuencas del Río Limarí (código BNA 045) y Río Choapa (código BNA 047) con un 16%. El resto de las cuencas presentan una proyección entre el 12% y el 13% para el año 2055 respecto a la población actual.

Tabla 2.2-3 Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Población rural en áreas con APR (hab)				
		Actual	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	735	761	840	901	948
041	Río los Choros	3.450	3.573	3.943	3.943	3.943
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	2.443	2.530	2.957	2.957	2.957
043	Río Elqui	32.454	33.607	37.085	37.085	37.085
044	Costeras entre Elqui y Limarí	15.506	16.057	17.719	17.719	17.719
045	Río Limarí	65.654	67.986	78.314	78.314	78.314
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	2.192	2.270	2.504	2.504	2.504
047	Río Choapa	33.169	34.348	39.690	39.690	39.690
048	Costeras entre Río Choapa y R. Quilimarí	1.801	1.865	2.058	2.058	2.058
049	Río Quilimarí	11.128	11.523	12.837	12.837	12.837
Total		168.531	174.517	197.946	198.008	198.054

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la Tabla 2.2-4 presenta la proyección de demanda futura para las áreas sin presencia de APR, donde se observa una proyección del 22% de aumento en el consumo para el año 2055 en las cuencas Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (código BNA 042), Río Elqui (código BNA 043), cuencas Costeras entre Elqui y Limarí (código BNA 044), Río Limarí (código BNA 045), cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa (código BNA 046) y Río Choapa (código BNA 047).

Tabla 2.2-4 Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda áreas sin APR (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	27	27	30	32	34
043	Río Elqui	109	111	123	132	139
044	Costeras entre Elqui y Limarí	44	45	50	53	56
045	Río Limarí	13	14	15	16	17
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	11	11	12	13	14
047	Río Choapa	11	11	13	14	14
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
Total		215	220	242	260	274

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

En este sentido, se presenta por último la Tabla 2.2-5 donde se observa la proyección de población en áreas sin APR, con un aumento del 22% al año 2055 en relación a la población actual.

Tabla 2.2-5 Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Población rural en áreas sin APR (hab)				
		Actual	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	1.445	1.496	1.651	1.773	1.864
043	Río Elqui	5.883	6.092	6.722	7.217	7.591
044	Costeras entre Elqui y Limarí	2.380	2.465	2.720	2.920	3.071
045	Río Limarí	723	749	826	887	933
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	589	610	673	723	760
047	Río Choapa	605	626	691	742	781
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
Total		11.625	12.038	13.284	14.261	15.000

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de Coquimbo, se emplearon diversos datos y metodologías. Se consideraron los requerimientos de riego de los cultivos, teniendo en cuenta la demanda evapotranspirativa, el aporte de la precipitación y las eficiencias de los sistemas de riego. La estimación de la superficie de cultivo actual y futura se basó en los resultados de los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), a los cuales se les aplicó tendencia. Además, se estableció un coeficiente de cultivo representativo para cada grupo de cultivo (Cereales, Hortalizas, Vides y Frutas) utilizando los catastros de ODEPA (ODEPA, 2022); mientras que los datos de evapotranspiración y precipitación se obtuvieron a partir de la homologación del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2022). Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

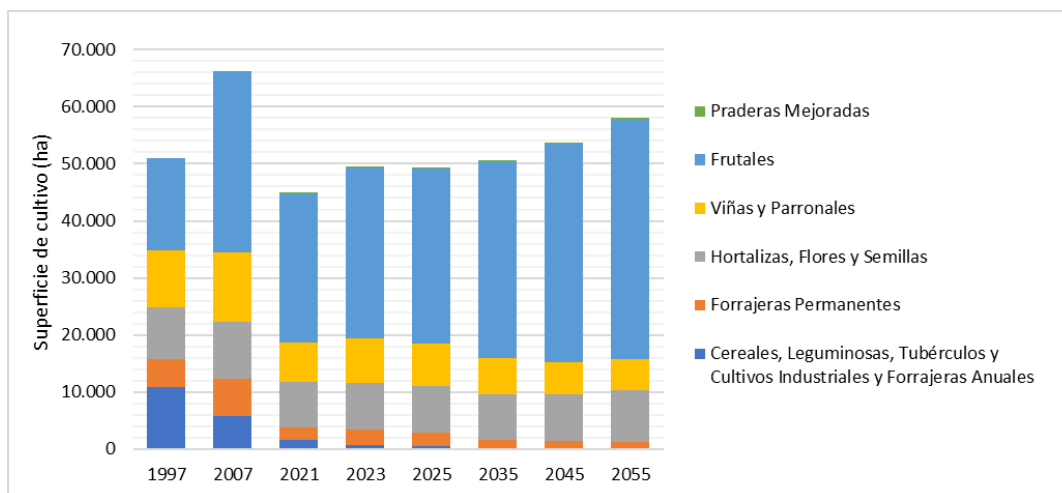
Tabla 2.2-6 Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura– Cuencas BNA Región de Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. de Los Choros	268	269	302	355	392
041	Río los Choros	4.761	4.723	5.485	6.226	7.060
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	510	508	583	669	763
043	Río Elqui	125.877	116.005	112.778	111.819	110.495
044	Costeras entre Elqui y Limarí	177.448	179.215	200.046	233.052	272.067
045	Río Limarí	394.475	375.540	371.859	405.454	427.124
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	97.103	97.214	98.801	117.462	135.626
047	Río Choapa	142.708	136.300	143.749	164.466	178.926
048	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	8.888	8.840	8.726	9.759	10.090
049	Río Quilimarí	5.024	4.967	4.789	5.154	5.194
Total		957.062	923.581	947.118	1.054.416	1.147.737

fuentes: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-6 a nivel de cuenca se observa, en general, un aumento de la demanda de agua entre los años 2023 y 2055. Solo en la cuenca del Río Elqui se registra una disminución en la demanda, lo cual está vinculado, según datos censales, a una reducción en la superficie cultivada bajo riego en todos los cultivos excepto los frutales. Estos últimos, al igual que en el resto de la región, muestran una tendencia al alza. Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las áreas registradas en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021, las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos censos no se evidencia una tendencia lineal en las áreas de riego a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

Según los datos recopilados en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021, la agricultura en la región de Coquimbo se caracteriza principalmente por la presencia de plantaciones frutales. Se estima que esta tendencia se mantendrá constante según las proyecciones hasta el año 2055. La Figura 2.2-3 muestra la superficie de registrado por tipo de cultivo en estos tres censos y su proyección al año 2055.



Fuente: Elaboración propia en base a INE (1997), INE (2007) e INE (2021).

Figura 2.2-3 Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 con proyección hasta el año 2055

En lo que respecta a la evolución de la demanda hídrica por tipo de cultivo, se destacan los frutales como uno de los principales consumidores de agua según las proyecciones que abarcan desde el año 2023 al 2055. Para el año 2025, se estima una demanda de 588.244 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 841.800 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 43% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Este aumento se debe a varios factores, por un lado, el cambio climático está afectando las tasas de evapotranspiración, lo que incrementa la cantidad de agua necesaria para mantener la productividad de los cultivos, siendo el principal factor, ya que la superficie del cultivo no cambia significativamente. La eficiencia en el uso del agua y las prácticas de riego juegan un papel crucial, así como la adopción de tecnologías de riego más eficientes, como el riego por goteo.

Además, se observa una disminución significativa en los requerimientos de agua para los demás cultivos, atribuible principalmente a la reducción de la superficie cultivada durante el periodo 1997-2021.

A partir del análisis realizado, se identifican como variables claves que impactan en la estimación de la demanda actual y futura la superficie de cultivo, la eficiencia del riego, y el aumento de los requerimientos de agua debido al cambio climático. Estos factores pueden influir directamente en las proyecciones de demanda hídrica. Además, existen otros factores como los efectos del mercado o las actividades socioculturales costumbristas, que podrían afectar a largo plazo, pero que no son fácilmente predecibles de manera objetiva.

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN, 2023), se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que todos los recursos hídricos requeridos para la generación eléctrica regional provienen del sector hidroeléctrico, lo que implica que su uso es del tipo no consuntivo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-7, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

**Tabla 2.2-7 Estimación demanda generación eléctrica actual y futura– Cuencas BNA
Región Coquimbo**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	0	0	0	0	0
043	Río Elqui	59.304	150.452	164.814	181.987	176.089
044	Costeras entre Elqui y Limarí	0	0	0	0	0
045	Río Limarí	28.794	100.318	116.923	248.368	270.607
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	0	0	0	0	0
047	Río Choapa	0	0	0	0	0
048	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
Total		88.098	250.770	281.737	430.355	446.696

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-2, la demanda de agua para la generación eléctrica se concentra en las cuencas de los ríos Elqui y Limarí, donde se ubican las centrales hidroeléctricas Puclaro (en la Cuenca del río Elqui), Paloma y Los Molles (en la Cuenca del río Limarí). Las proyecciones futuras indican un incremento en esta demanda, en línea con la tendencia al alza observada en los datos históricos de generación eléctrica en los últimos años.

Si bien los resultados proyectan un aumento de la demanda del recurso hídrico al año 2055, es importante destacar que, según datos del Ministerio de Energía⁴, en el año 2023 la generación eléctrica regional provino en un 99% de fuentes renovables, destacándose la contribución de la energía eólica y solar. Según el CEN, en el año 2023 solo el 1% de la energía generada por fuentes renovables provino de centrales hidroeléctricas. Además, durante ese mismo año se presentaron 15 proyectos de energía fotovoltaica lo que

⁴ <https://energia.gob.cl/noticias/coquimbo/generacion-electrica-regional-fue-un-99-con-energias-renovables-en-2023>

promoverá un mayor aporte solar en la matriz energética regional. A lo anterior se suma que la región posee potenciales naturales, incluyendo 600 mil hectáreas disponibles para la implementación de proyectos eólicos y fotovoltaicos. Esto sugiere que en el futuro se espera una mayor adopción de energías eólicas y solares en comparación con fuentes como la hidroeléctrica.

2.2.5 Minero

Se estimó la demanda hídrica ejercida por las principales faenas mineras identificadas (toda ella de tipo consuntiva), pertenecientes a la minería del cobre y al resto de la minería metálica, representada por las producciones de oro y hierro (COCHILCO, 2022; SERNAGEOMIN, 2022). Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-8 indicando los volúmenes anuales demandados.

Para determinar la demanda del uso minero se identificaron las faenas mineras que cuentan con información de producción. Una vez identificadas las faenas, se utilizaron las tasas unitarias de consumo y los datos de la ley mineral para efectuar la estimación de la demanda. Junto con lo anterior, fueron consideradas también las faenas mineras que hacen uso de agua de mar desalada, ya sea de manera completa o parcial, en sus procesos. Por consiguiente, este estudio incluye la proyección de la demanda de agua desalada por parte de las faenas mineras que tienen unidades de desalación en fase de operación o en construcción. Esta proyección de demanda de agua desalada se sustrajo del cálculo de la demanda total estimada. Por lo tanto, la demanda presentada en la Tabla 2.2-8 representa una estimación de la demanda hídrica continental.

Para actualizar los datos de producción a la actualidad, se utilizó el último “Anuario de la minería de Chile” (SERNAGEOMIN, 2022). Mientras que, para estimar la demanda futura, se proyectaron las series de tiempo (históricas) de producción en las faenas previamente identificadas y seleccionadas. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 04.02.

Tabla 2.2-8 Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	0	0	0	0	0
043	Río Elqui	15.104	16.104	17.518	18.677	19.457
044	Costeras entre Elqui y Limarí	767	790	875	926	946
045	Rio Limarí	2.379	3.535	3.359	3.216	3.471
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	1.855	3.039	3.072	3.231	3.862
047	Rio Choapa	44.088	32.827	37.634	40.476	41.551
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
Total		64.193	56.295	62.458	66.526	69.287

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda hídrica en la región, como se observa en la Tabla 2.2-8, indica una tendencia ascendente en general. Este incremento se atribuye principalmente al aumento en la producción histórica, que sirvió como base para calcular las proyecciones de demanda. Se estima que para el año 2055, la demanda podría aumentar en un 8% con respecto al nivel registrado en 2023.

La estimación de la demanda ha considerado el inicio de operaciones del proyecto de desalación de Minera Los Pelambres en marzo del año 2024. Como resultado se observa una disminución en la demanda entre los años 2023 y 2025, seguido de un incremento a partir del año 2035 que se atribuye principalmente al aumento de la producción minera.

Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las producciones históricas las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos registros no se evidencia una tendencia lineal a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

Los datos coinciden con las proyecciones de la Comisión Chilena del Cobre, que sitúa a la región de Coquimbo entre las tres regiones que aumentarán su participación en la producción nacional, pasando del 6,8% en 2018 al 7% en 2030 (COCHILCO, 2018). Además, la minería actualmente constituye el 21,9% del PIB regional, según el Banco Central, destacándose como una de las principales actividades económicas (BC, 2022).

Se debe considerar que las proyecciones de demanda estimadas están sujetas a cierta incertidumbre debido, principalmente, a la expectativa de que en el futuro el uso de agua de mar aumente significativamente. Esta perspectiva cobra mayor relevancia dado el

contexto de severa sequía que afecta a la región, lo cual está impulsando el desarrollo de proyectos mineros que requieren el uso de agua de mar como principal recurso. Según el informe de COCHILCO (2018), se proyecta que para el año 2029, el 51% del agua utilizada en la minería del cobre provendrá del mar.

Actualmente se identifica una planta desalinizadora para uso minero, propiedad de Minera los Pelambres, con una capacidad inicial de 400 l/s. En cuanto a proyectos futuros, se destaca el proyecto Adaptación Operacional de la misma compañía, el cual tiene como objetivo aumentar la capacidad de la planta desalinizadora de 400 a 800 l/s. Con esto la empresa pretende prescindir del uso de agua desde el río Choapa⁵.

Para asegurar la sostenibilidad del sector minero, se debe avanzar en la promoción del reúso de agua y la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, como la desalación y la captación de aguas lluvias. La inversión en tecnología como el reciclaje y la optimización de procesos es esencial para promover la eficiencia y mitigar los riesgos asociados a la variabilidad climática y la demanda de agua en las cuencas analizadas. Estos enfoques deben estar integrados en las estrategias de gestión hídrica para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del sector minero (COCHILCO, 2018).

2.2.6 Industrial

La demanda hídrica industrial es estimada a partir de volúmenes declarados y que son emitidos a sistemas de alcantarillado o fuentes superficiales. A partir de lo anterior, se consideraron dos (2) fuentes principales de información: la primera corresponde al Sistema de Facturación Clientes y Cobertura II (SIFAC II) de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023) asociada a industrias que son parte del área de concesión de una empresa sanitaria y la segunda es el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) de la Superintendencia del Medio Ambiente asociado a las unidades fiscalizables (SNIFA, 2023).

Respecto al SIFAC II, no fueron consideradas aquellas industrias con servicio de agua potable, esto dado que dicha demanda forma parte de la demanda de agua potable urbana (acápite 2.2.1). En consecuencia, han sido consideradas desde el SIFAC II solo aquellas industrias que utilizan la red de alcantarillado de aguas servidas y extraen agua desde unas fuentes distintas a la red de agua potable. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-9 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

⁵ <https://web.pelambres.cl/nosotros/que-hacemos/los-pelambres-futuro>

Tabla 2.2-9 Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	0	0	0	0	0
043	Río Elqui	53	60	95	129	164
044	Costeras entre Elqui y Limarí	0	0	0	0	0
045	Río Limarí	0	0	0	0	0
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	0	0	0	0	0
047	Río Choapa	210	238	375	512	650
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
Total		263	298	470	641	814

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 2.2-9, se observa una tendencia al alza en las proyecciones futuras, la cual está vinculada al desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Este crecimiento se refleja en el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero. Según los resultados obtenidos, se estima un aumento en la demanda de agua del orden del 209% para el período comprendido entre los años 2023 y 2055.

Para contextualizar el análisis de la demanda en el sector industrial, es importante destacar que la industria manufacturera representó en el año 2022 el 4,5% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 168% entre los años 2013 y 2022 (BC, 2022).

El crecimiento del sector industrial en la región y, por consiguiente, el aumento de la demanda de agua sugiere la necesidad de implementar nuevas tecnologías que reduzcan el consumo de agua en los procesos industriales.

2.2.7 Forestal

Para estimar la demanda de agua de uso forestal (uso productivo), se tomaron como dato de partida las Cubiertas del Catastro de Usos del Suelo y Vegetación año 2014 de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2014). Fueron consideradas únicamente las superficies plantadas con especies forestales exóticas las cuales, posteriormente, fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-10 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

Tabla 2.2-10 Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	0	0	0	0	0
043	Río Elqui	3.041	3.073	3.333	2.549	2.644
044	Costeras entre Elqui y Limarí	20.409	20.622	22.364	17.105	17.746
045	Río Limarí	21.229	21.450	23.262	17.792	18.458
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	4.414	4.460	4.836	3.699	3.838
047	Río Choapa	15.115	15.273	16.563	12.668	13.143
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	9.408	9.506	10.309	7.885	8.180
049	Río Quilimarí	1.537	1.553	1.684	1.288	1.336
Total		75.153	75.937	82.351	62.986	65.345

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de la demanda forestal, como se indica en la Tabla 2.2-10 no sigue una tendencia clara al alza o a la baja. Lo anterior debido a que esta se encuentra influenciada por factores tales como los incendios forestales, el cambio en la superficie de bosques y plantaciones, y las tendencias históricas en el uso de la tierra. Cabe mencionar que, la demanda estimada en el presente acápite corresponde a únicamente a la demanda forestal de uso productivo. La demanda nativa forma parte de la demanda estimada para protección ambiental (acápite 2.2.10).

2.2.8 Pecuario

Para la estimación de la demanda hídrica del sector pecuario representada principalmente por las producciones bovina, ovina, caprina, avícola y porcina, se emplearon los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007, 2021 y encuestas ODEPA. A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-11 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

**Tabla 2.2-11 Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA
región de Coquimbo**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. de Los Choros	2	3	3	4	4
041	Río de Los Choros	44	52	61	68	76
042	Costeras e Islas entre Q. de Los Choros y Río Elqui	319	337	436	520	603
043	Río Elqui	513	526	657	769	887
044	Costeras entre Río Elqui y Río Limarí	182	179	178	189	209
045	Río Limarí	737	809	832	892	965
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	201	224	246	272	298
047	Río Choapa	630	453	372	334	340
048	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	142	167	165	162	160
049	Río Quilimarí	97	115	113	111	109
Total		2.867	2.865	3.063	3.321	3.651

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-11 se observa una tendencia general al aumento de la demanda hídrica a nivel de cuenca durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Solo en la cuenca del río Choapa se observa una disminución de la demanda que se asocia, de acuerdo a la información censal, a una disminución en el periodo histórico (1997 a 2021) de las cabezas de ganado en la cuenca. Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las cabezas de ganado registradas en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021, las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos censos no se evidencia una tendencia lineal de las cabezas de ganado lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

Respecto al total de cabezas de ganado por especie, se destaca el aumento de la especie caprina y la disminución, en general, del resto de las especies. Respecto a la especie caprina, se debe tener en consideración que, si bien existe un aumento de su producción, actualmente la escasez hídrica permanente en la región afecta duramente el desarrollo de la actividad caprina producto de la disminución de la superficie de pradera vegetal. Esta situación genera que los animales no cuenten con alimentación suficiente y que su masa corporal disminuya (MINAGRI, 2023).

2.2.9 Acuícola

Para la estimación de la demanda acuícola en la región fueron localizados los centros acuícolas “en suelo” del Registro Nacional de Acuicultura (RNA), de los cuales fueron seleccionados exclusivamente aquellos en que la fuente hídrica utilizada no proviene de agua de mar, siendo considerados los que utilizan agua proveniente de río, estero, arroyo, pozo, vertiente, lago, laguna o canal (SERNAPESCA, 2024). Para la estimación de la

demanda de agua dulce actual y futura, se determinó la producción de cada explotación por grupo de cultivo, luego las producciones, expresadas en toneladas anuales, se multiplicaron por una tasa de consumo de agua, característica de cada especie. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-12 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

Tabla 2.2-12 Estimación demanda Acuícola actual y futura – Cuencas BNA región de Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	0	0	0	0	0
041	Río los Choros	0	0	0	0	0
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	0	0	0	0	0
043	Río Elqui	163	141	123	148	143
044	Costeras entre Elqui y Limarí	0	0	0	0	0
045	Río Limarí	0	0	0	0	0
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	0	0	0	0	0
047	Río Choapa	108	100	70	28	2
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	0	0	0	0	0
049	Río Quilimarí	0	0	0	0	0
	Total	271	241	193	176	145

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-12 la proyección de la demanda acuícola no muestra una tendencia definida al alza o a la baja. Lo anterior se debe a que la estimación de demanda futura se fundamenta en las tendencias productivas de la serie histórica utilizando proyecciones a través del uso de Series de Tiempo (SdT). Esta herramienta permite considerar el comportamiento histórico de la variable basal en la estimación del comportamiento futuro. Dado que, la tendencia productivas historias no presentan una tendencia al alza o a la baja definida se presentan fluctuaciones en la proyección de demanda.

2.2.10 Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental

El caudal de reserva de uso turístico y 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 las cuencas, presentadas en la Figura 2.1-2. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 05.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario Punta Teatinos-Caleta Hornos/Sector costero al Norte de la Serena (SP1-008) en la cuenca Río Elqui, Sitio Prioritario Desembocadura Río Choapa (SP2-027) y Sitio Ramsar Las Salinas de Huentelauquén (RAM-013) ambos en la cuenca Río Choapa, Sitio Prioritario Desembocadura Río Limarí (SP2-026) y Reserva de la Biósfera Bosque Fray Jorge (RBIO-001) en la cuenca Río Limarí, y Sitio Prioritario Quebrada de Culimo (SP1-010) en la cuenca Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí.

Para la región de Coquimbo, no hay planificaciones actuales o futuras de nuevos sitios prioritarios, es por esto que solo se presenta el caudal actual de reserva para la región. El detalle se observa en la Tabla 2.2-13.

Tabla 2.2-13 Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región Coquimbo

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm ³)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Elqui	12,3	12,2	12,8	11,1	16,8	18,6	24,1	12,6	10,9	8,4	10,4	9,4	159,7
Río Choapa	31,0	10,4	8,9	15,6	24,9	45,7	56,7	56,0	48,1	77,2	132,5	93,1	600,1
Río Limarí	10,1	4,8	5,6	8,7	14,4	25,0	26,8	24,9	18,1	17,9	21,7	18,0	196,0
Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	2,4
Total	53,5	27,4	27,2	35,5	56,3	89,7	108,0	94,0	77,5	103,7	164,7	120,6	958,2

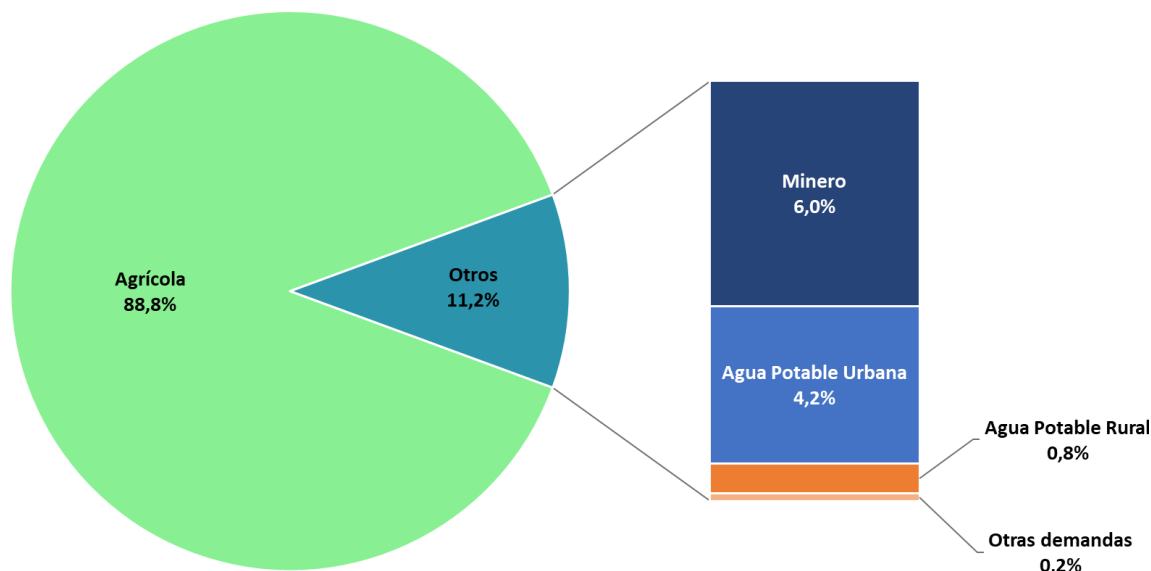
Fuente: Elaboración propia.

2.2.11 Análisis de demanda total en la región

A continuación, se presentan los resultados del análisis de demanda extractiva y el análisis de demanda no extractiva y no consuntiva total en la región.

i. Análisis de demanda extractiva total en la región

A continuación, en la Figura 2.2-4, se presenta la distribución del total de la demanda hídrica consuntiva en la región de Coquimbo en el año 2023, destacando el sector agrícola y minero como principales demandantes consuntivos de agua para usos productivos. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 05.02.



Fuente: Elaboración propia.

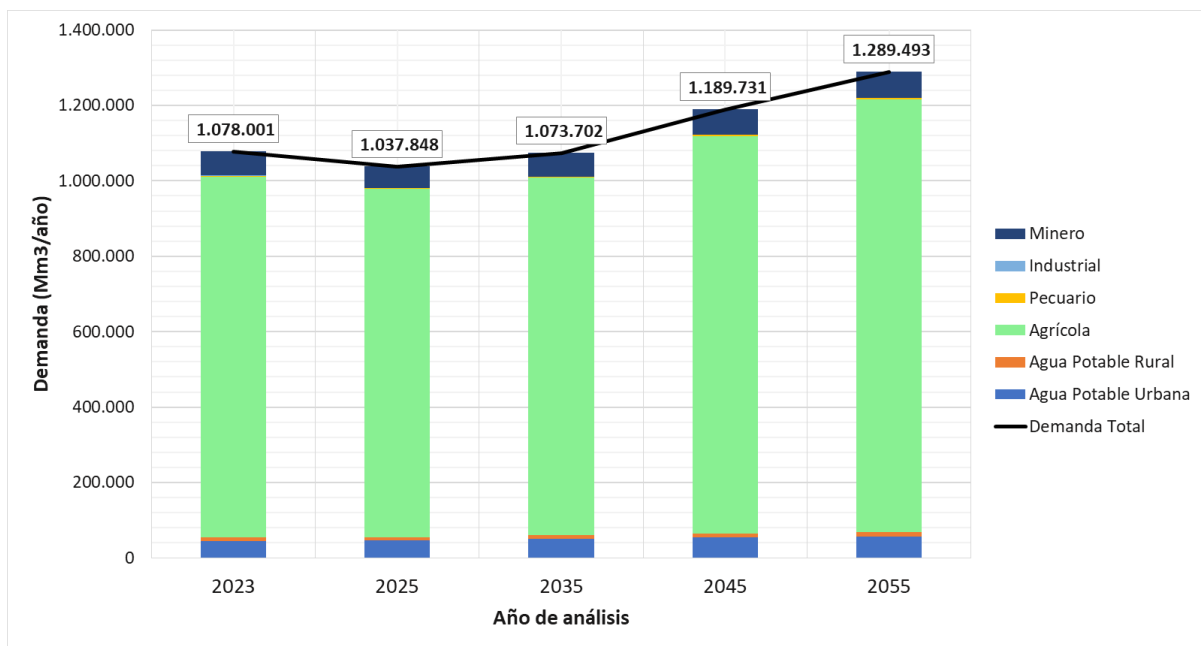
Figura 2.2-4 Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023

En la Tabla 2.2-14 y Figura 2.2-5 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápite anteriores, se espera un aumento de aproximadamente un 20% de las demandas totales en el periodo 2023-2055; asociado principalmente al sector agrícola que corresponde a un 90% del aumento de la demanda consuntiva total, seguido por el uso de agua potable urbana que corresponde aproximadamente al 5% del aumento de la demanda consuntiva total.

Tabla 2.2-14 Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	310	313	351	408	447
041	Río los Choros	4.993	4.970	5.761	6.525	7.379
042	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	962	983	1.208	1.391	1.579
043	Río Elqui	154.305	145.817	145.604	146.995	147.391
044	Costeras entre Elqui y Limarí	201.951	203.962	227.280	262.196	302.641
045	Río Limarí	407.914	390.557	387.925	422.309	444.967
046	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	99.266	100.588	102.253	121.109	139.937
047	Río Choapa	192.193	174.540	187.336	211.309	227.219
048	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	10.249	10.277	10.247	11.337	11.705
049	Río Quilimarí	5.858	5.841	5.737	6.152	6.228
Total		1.078.001	1.037.848	1.073.702	1.189.731	1.289.493

Fuente: Elaboración propia.

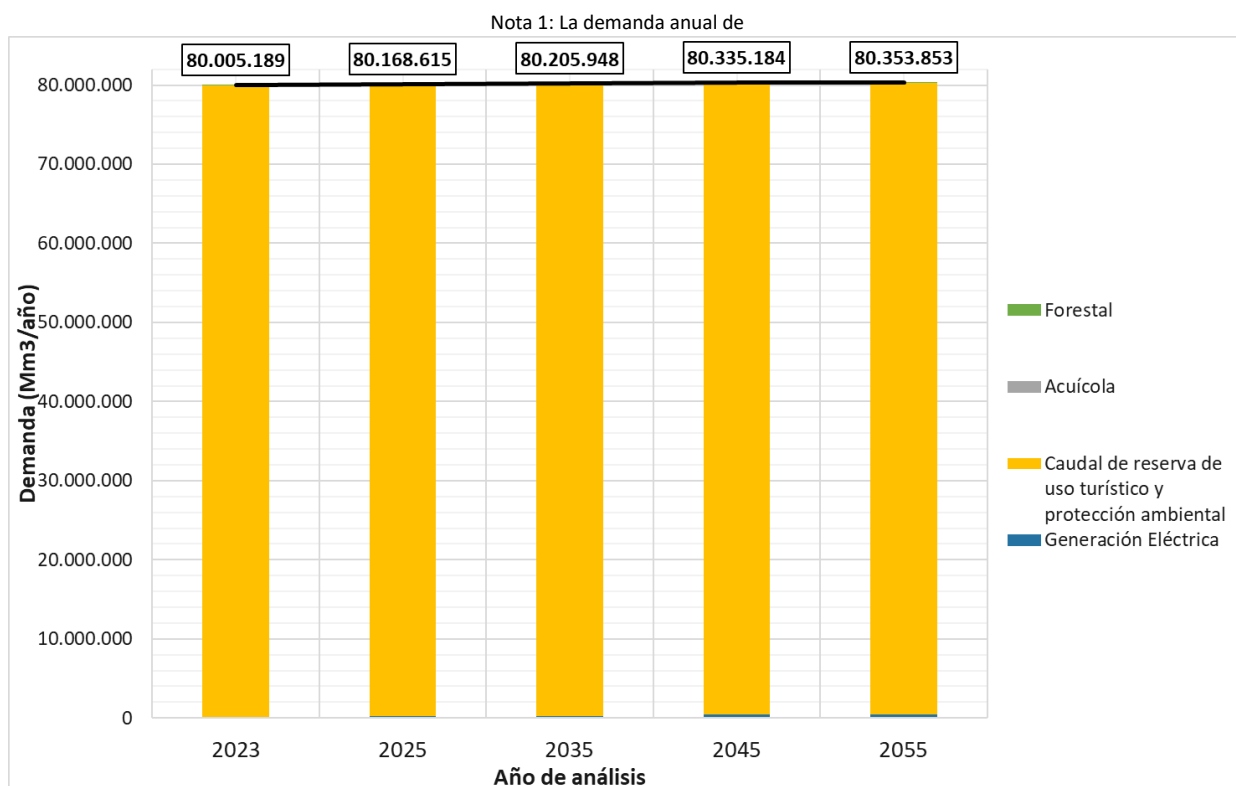


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-5 Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada

i. Análisis de demanda no extractiva y no consuntiva total en la región

Finalmente, en la Figura 2.2-6 se presenta la proyección de las demandas consuntivas no extractivas y no consuntivas para la región. El caudal de reserva para uso turístico y protección ambiental destaca por su mayor demanda frente a los otros sectores. El sector forestal, acuícola y generación eléctrica poseen demandas muy bajas en comparación con el caudal de reserva por lo que no se alcanzan a ver reflejadas en la figura antes mencionada. Con respecto a la generación eléctrica, cabe señalar que el presente análisis no incorpora limitantes respecto a la disponibilidad física o legal de los DAA, actuales o futuros, en los cauces con hidroeléctricas.



Nota 1: La demanda anual del caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental fue calculada mediante el promedio de la demanda actual del año 2023.

Nota 2: Dado que no existen planificaciones actuales o futuras de nuevos sitios prioritarios, la demanda proyectada para el caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental se considera como constante.

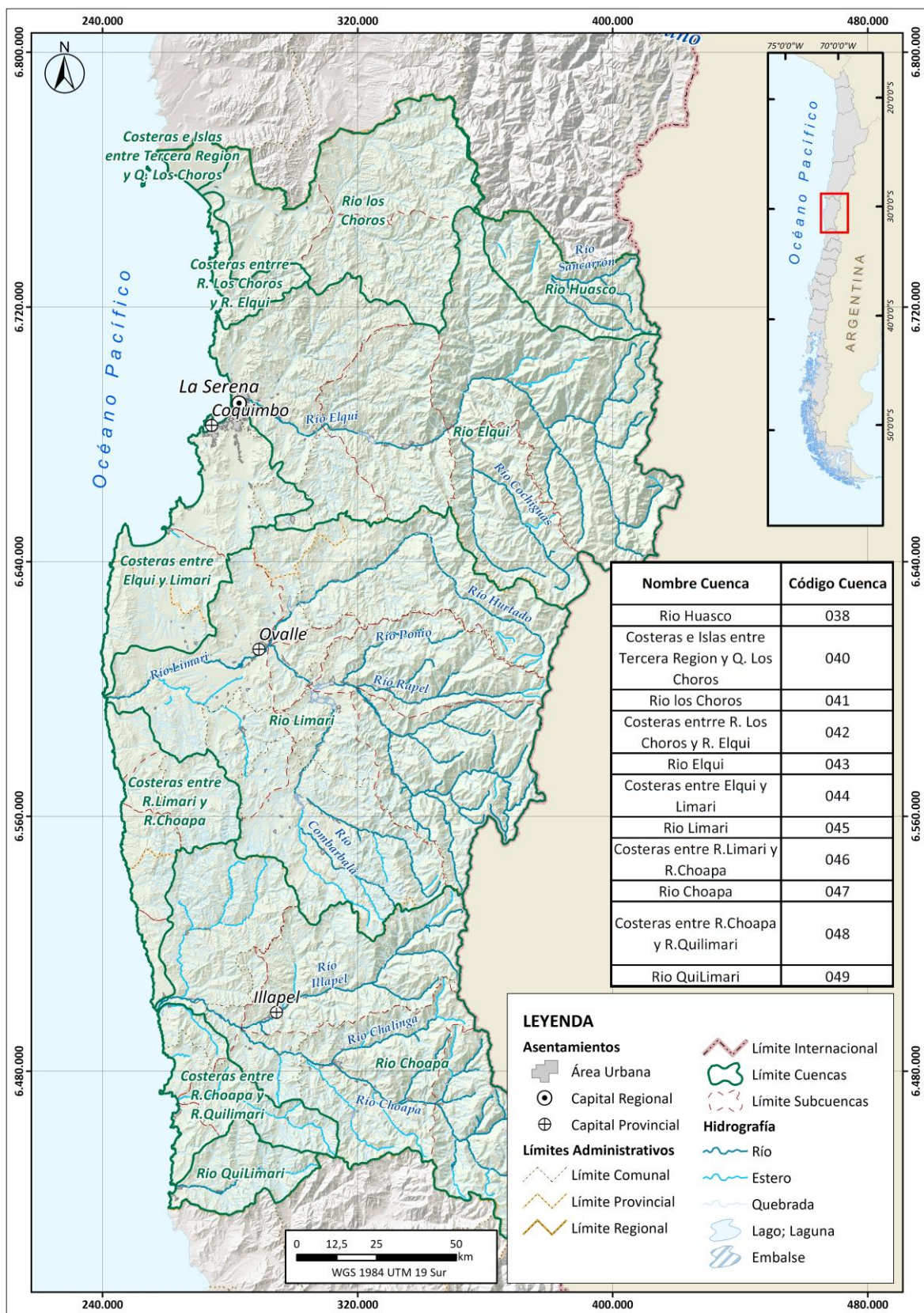
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-6 Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HIDRICA

2.3.1 Oferta hídrica

A continuación, se presenta el análisis de oferta física hídrica por cuenca de acuerdo a la clasificación del Banco Nacional de Aguas (BNA) en la región de Coquimbo, incluyendo la identificación de DAA actuales, las restricciones de uso vigentes, y el análisis de caudales y recargas. La clasificación de cuencas hidrográficas BNA se presenta en la Figura 2.3-1.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023).

Figura 2.3-1 Cuenkas y subcuenkas de la región de Coquimbo según clasificación BNA

2.3.1.1 Agua superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) superficiales otorgados en la región de Coquimbo. Para esto se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_IV_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

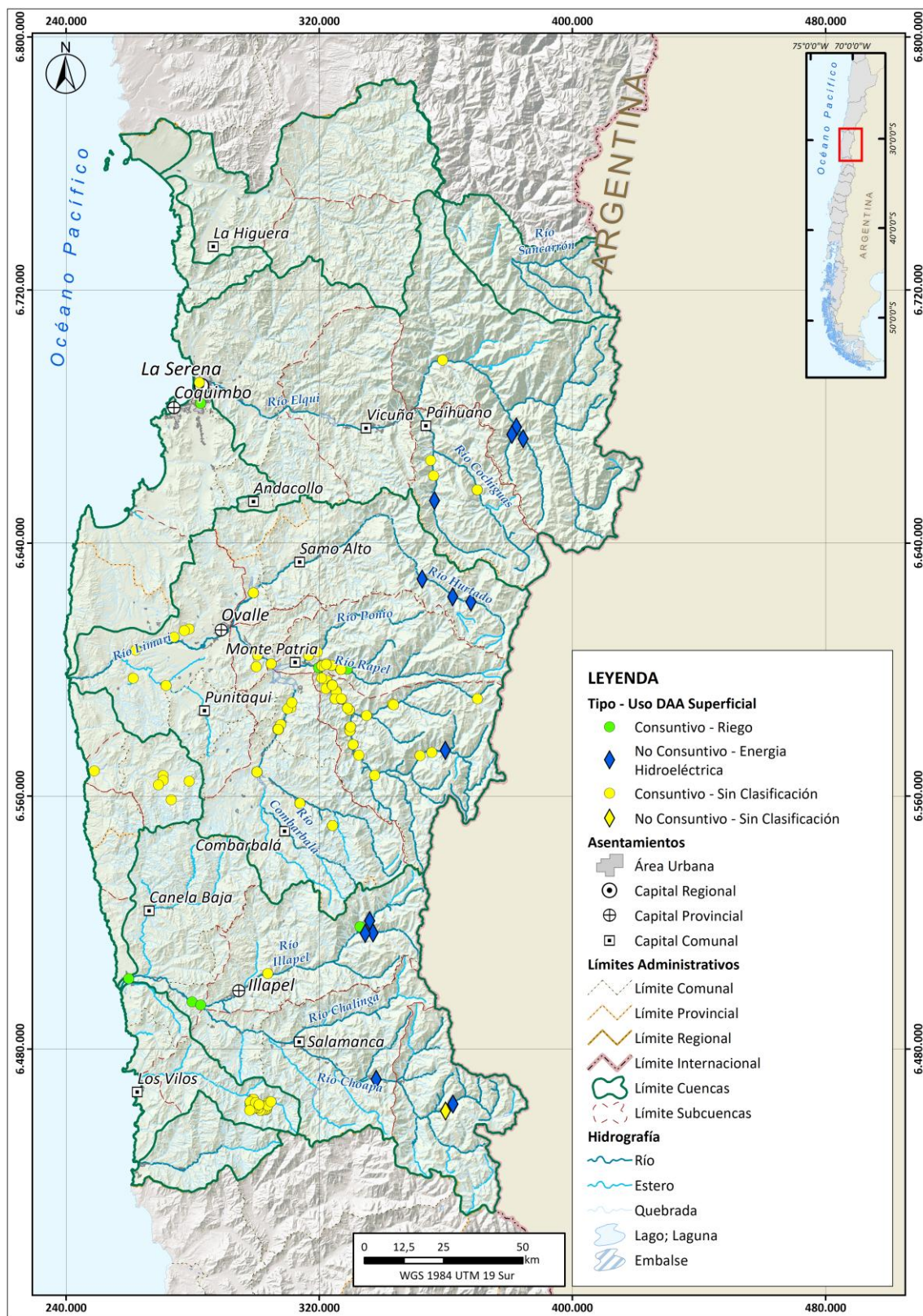
En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Coquimbo existen 5.780 DAA superficiales registrados en CPA, de los cuales 827 DAA posee un caudal equivalente a de 1.853.925 Mm³/años constituidos⁶. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-2. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 05.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua superficiales, en un periodo de análisis de 11 años (2012-2023). Para esto se revisan las restricciones para el uso de DAA definidas por Dirección General de Aguas para fuentes superficiales, entre las que se encuentran; i) Declaración de agotamiento de aguas superficiales; ii) Decretos de reserva; y iii) Decretos de escasez hídrica.

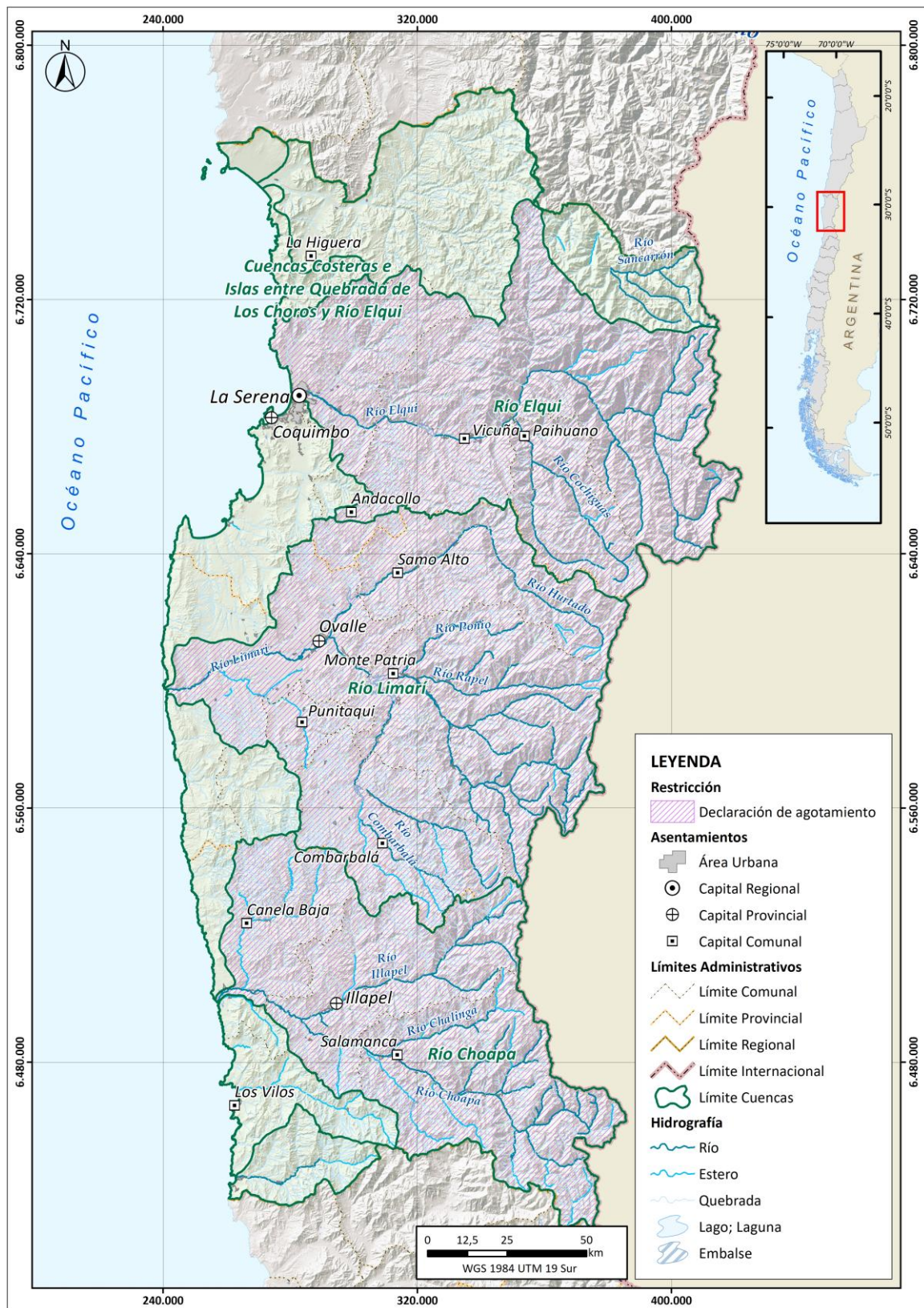
En el caso de Coquimbo, las restricciones sobre aguas superficiales incluyen: Declaración de Agotamiento del Río Elqui y sus Afluentes (Resolución DGA Exenta N° 1515 de fecha 25 de mayo del 2009), Declaración de Agotamiento del Río Grande y Limarí y sus Afluentes (Resolución DGA Exenta N° 72 de fecha 19 de enero del 2005), y Declaración de Agotamiento del Río Choapa y sus Afluentes (Resolución DGA Exenta N° 1432 de fecha 8 de octubre de 2004). En la Figura 2.3-3 se presentan las restricciones vigentes para aguas superficiales. En la Figura 2.3-4 se muestran las zonas con decretos de escasez históricos en la región, en donde se destaca en términos generales que la escasez hídrica comenzó a ser notoria en la mayor parte de la región desde el 2014 y, desde el año 2019, toda la región se ha declarado con escasez hídrica hasta la actualidad. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 05.03.

⁶ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarán dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua. Estos DAA representan un 66% del caudal total de los DAA otorgados.



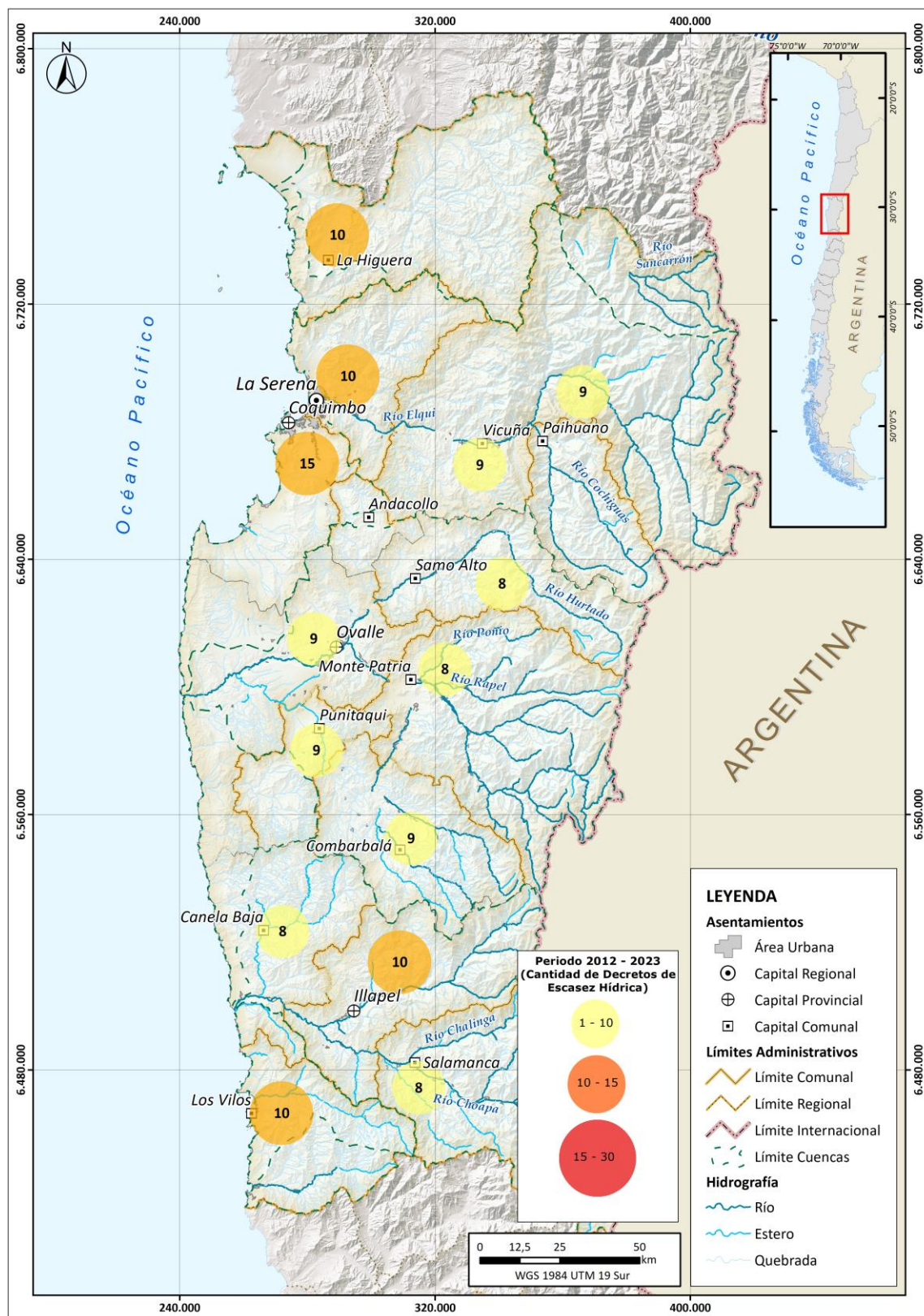
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023).

Figura 2.3-2 Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Coquimbo, por tipología



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023).

Figura 2.3-3 Restricciones de uso sobre fuentes superficiales, región de Coquimbo



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

Figura 2.3-4 Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Coquimbo

iii. Oferta en la fuente

El análisis sobre la oferta hídrica se plantea desde un punto de vista físico, en este caso como disponibilidad de agua, sin considerar los derechos de aprovechamiento de cada cuenca. Sin perjuicio de lo anterior, para el análisis de iniciativas específicas que requieran contar con DAA se considerará la disponibilidad de la oferta legal. Por esto, en este estudio se considera como oferta de la fuente la esorrentía disponible para cada cuenca, obtenida del modelo VIC generado en el Balance Hídrico Nacional (DGA, 2022)

Las curvas de oferta hídrica actual (periodo 1985-2015), obtenidas del Balance Hídrico Nacional, fueron calculadas a partir del análisis de frecuencia realizado a las series anuales de caudal. Asimismo, a partir de la selección del GCM representativo de la región de Coquimbo se obtuvieron las curvas de excedencia para el periodo futuro, definido como la ventana 2025-2055. Tanto el análisis para la selección de GCM, como las curvas de oferta hídrica actual y proyectada para cada una de las diez cuencas que componen la región de Coquimbo, se presentan en el Anexo 05.01.

Es importante mencionar que, si bien se dispone de valores para diferentes periodos de excedencia, la oferta hídrica superficial se asocia al caudal de 85% de probabilidad de excedencia en régimen natural, de modo de asegurar la cantidad de agua disponible para la gran mayoría de años.

Finalmente, en la Tabla 2.3-1 se presentan los valores de caudal con probabilidad de excedencia del 85% para las situaciones histórica y futura. Si bien los valores no difieren de sobremanera, debido a que las principales variaciones ocurren para las probabilidades de excedencia menores, para cada una de las cuencas, se considera el menor valor de ambos valores presentados, como un criterio conservador.

Tabla 2.3-1 Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en región de Coquimbo

Cód. Cuenca	Cuenca	Q₈₅ actual (Mm³/año)	Q₈₅ proyectado (Mm³/año)
040	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. de Los Choros	4.174	3.217
041	Río de Los Choros	82.631	76.202
042	Cuencas Costeras e Islas entre Q. de Los Choros y Río Elqui	10.264	9.720
043	Río Elqui	371.293	318.162
044	Cuencas Costeras entre Río Elqui y Río Limarí	59.620	54.328
045	Río Limarí	157.434	142.050
046	Cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	8.766	8.320
047	Río Choapa	384.991	321.047
048	Cuencas Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	20.469	19.231
049	Río Quilimarí	8.768	8.431

Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas más afectadas serían río Elqui y río Choapa con una disminución porcentual de 14,3% y 16,6%, respectivamente.

Además, es importante tener en consideración la posible incidencia de los cambios proyectados en glaciares en el ciclo hidrológico, por lo que para estimar este efecto se considerarán los resultados presentados en el Balance Hídrico Nacional. En este, se presenta (en tablas) el aporte de escorrentía glaciar histórico a nivel de cuenca y la variación porcentual de escorrentía glaciar proyectada por los GCM a nivel de latitud. A partir de esta información es que se determina la afectación de los cambios en los glaciares en el ciclo hidrológico. En la Tabla 2.3-2 se muestra el caudal medio del periodo 1985-2015 y el aporte glaciar a este, según lo reportado en el informe final del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2022).

Tabla 2.3-2 Escorrentía total y glaciar en periodo histórico 1985-2015.

Cód. Cuenca	Cuenca	Q total (m³/s)	Q glaciar (m³/s)
040	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	0,25	0,00
041	Río de Los Choros	4,93	0,00
042	Cuencas Costeras e Islas entre Quebrada de Los Choros y Río Elqui	0,50	0,00
043	Río Elqui	20,82	0,50
044	Cuencas Costeras entre Río Elqui y Río Limarí	3,40	0,00
045	Río Limarí	15,82	0,28
046	Cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	1,26	0,00
047	Río Choapa	22,50	0,12
048	Cuencas Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	2,12	0,00
049	Río Quilimarí	1,36	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM IPSL-CM5A-LR proyecta una disminución de aproximadamente 0,48 m³/s del caudal glaciar, en promedio para las cuencas de la región, obtenido del mismo informe final. Esta variación tiene un impacto en la estacionalidad de la disponibilidad hídrica, el impacto de su disminución debe ser estudiada con mayor detalle.

2.3.1.2 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneos concedidos

A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneos otorgados en la región de Coquimbo. Para esto se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_IV_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

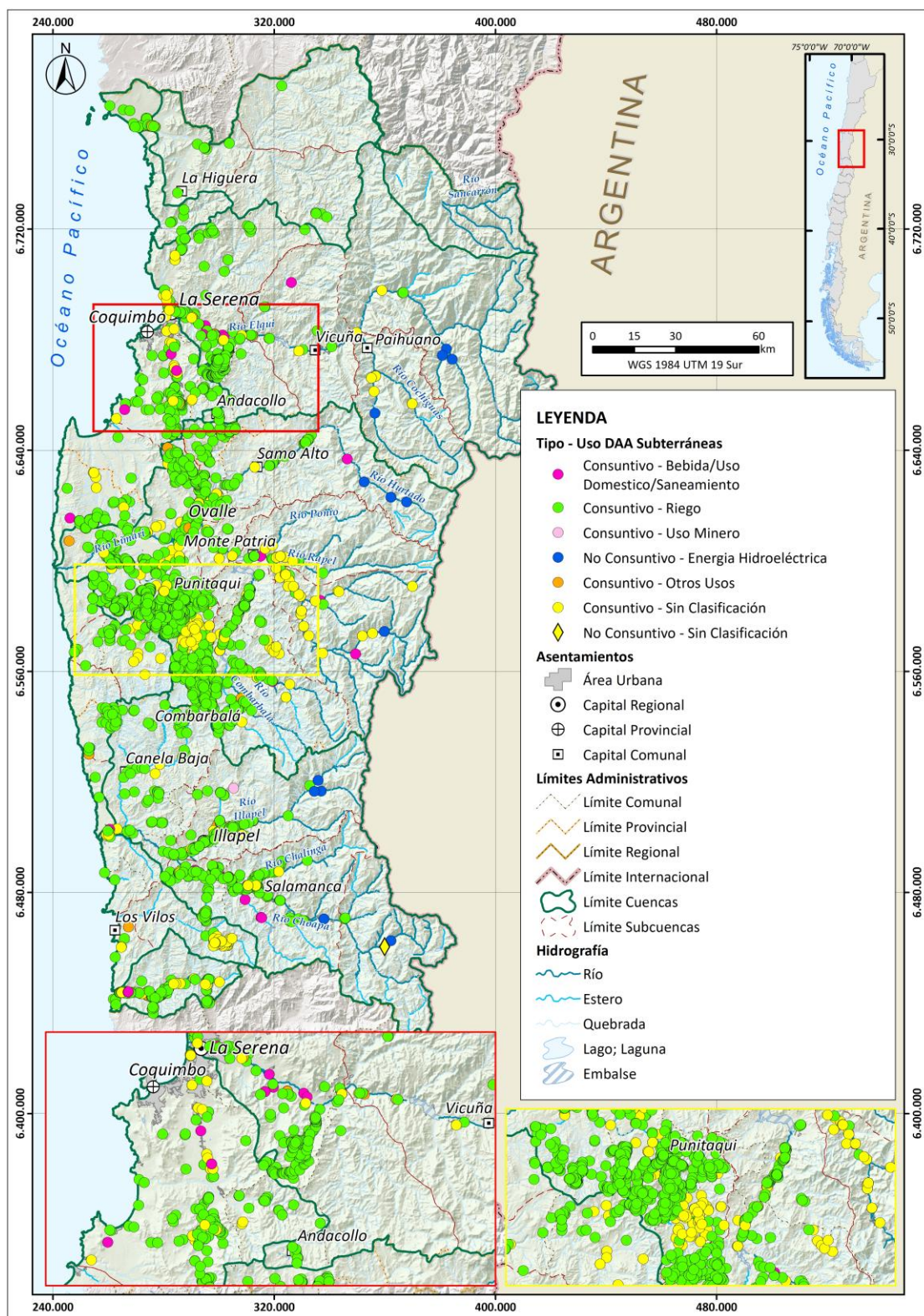
En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Coquimbo existen 6.578 DAA subterráneos registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 834.078 Mm³/año constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-5. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 05.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua subterráneas, en un periodo de análisis de 11 años (2012-2023). Para esto se revisan las restricciones para el uso de DAA definidas por Dirección General de Aguas para fuentes

superficiales, entre las que se encuentran; i) Áreas de restricción de aguas subterráneas; y ii) Zonas de Prohibición de aguas subterráneas.

En la Figura 2.3-6 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 05.03.



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2023).

Figura 2.3-5 Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Coquimbo, por tipología



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023).

Figura 2.3-6 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Coquimbo

iii. Oferta en la fuente

La oferta hídrica actual en lo que respecta a aguas subterráneas se obtuvo de distintos estudios realizados en las cuencas que componen la región de Coquimbo. A partir de estos, en la Tabla 2.3-3 se presentan las recargas de los acuíferos para cada una de las cuencas. Es importante mencionar que no se disponen de referencias para todas las cuencas, siendo para el caso de esta región las más pequeñas. Esta brecha de información es comentada en el acápite 3.1.2.

Tabla 2.3-3 Oferta hídrica actual de agua subterránea en región de Coquimbo

Cód Cuenca	Cuenca	Recarga (l/s)	Fuente
040	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	-	-
041	Río de Los Choros	134	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Río Los Choros (DGA, 2022)
042	Cuencas Costeras e Islas entre Quebrada de Los Choros y Río Elqui	-	-
043	Río Elqui	1.726	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Elqui (DGA, 2020)
044	Cuencas Costeras entre Río Elqui y Río Limarí	90	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuencas Costeras entre Elqui y Limarí (DGA, 2022)
045	Río Limarí	616	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Limarí (DGA, 2020)
046	Cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	-	-
047	Río Choapa	392	Plan Estratégico de Gestión Hídrica de en la Cuenca de Choapa (DGA, 2020)
048	Cuencas Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	-	-
049	Río Quilimarí	116	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuenca de Ligua, Petorca y Quilimarí (DGA, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de lo presentado anteriormente, para el caso de la oferta hídrica proyectada, el uso de las fuentes mencionadas ya no resulta válido debido a los supuestos particulares que se usaron en cada uno de esos estudios para estimar la recarga subterránea en el periodo futuro. En este sentido, se consideró que la recarga subterránea varía de manera proporcional a la variación de la precipitación. Por lo tanto, para estimar la recarga acuífera futura, se aplicó la variación de precipitación del GCM

considerado (IPSL-CM5A-LR) como referencia del clima futuro de la región a las recargas presentadas en la Tabla 2.3-3. De este modo, en la Tabla 2.3-4 se presentan las recargas proyectadas para cada una de las cuencas. El supuesto utilizado es parte de las brechas de información en el acápite 4.2.1ii.

Tabla 2.3-4 Oferta hídrica y proyectada actual de agua subterránea en región de Coquimbo

Código BNA	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
040	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	-	-20,4	-
041	Río de Los Choros	134	-15,9	113
042	Cuencas Costeras e Islas entre Quebrada de Los Choros y Río Elqui	-	-19,5	-
043	Río Elqui	1.726	-13,3	1.496
044	Cuencas Costeras entre Río Elqui y Río Limarí	90	-17,3	75
045	Río Limarí	616	-14	530
046	Cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	-	-15,8	-
047	Río Choapa	392	-12,1	345
048	Cuencas Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	-	-12,3	-
049	Río Quilimarí	116	-11,5	103

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2022).

Es posible observar que, ante la baja de precipitación proyectada por el GCM seleccionado como escenario desfavorable, se prevé un descenso de la recarga equivalente. Además, considerar que la recarga es una variable que se evalúa de manera constante para un periodo, por lo que se utiliza el valor promedio de los periodos histórico y futuro. Finalmente, es importante mencionar que no existen fuentes disponibles para todas las cuencas, de modo de estimar la recarga, lo que se menciona también en el acápite 4.2.1ii. En el Anexo 05.03 se presenta un análisis más extenso de la situación de la región, incluyendo curvas estacionales.

2.3.2 Eventos extremos

En lo que respecta a eventos extremos, a partir del uso del GCM representativo seleccionado como escenario desfavorable, se realizó un análisis de variaciones en los eventos extremos de gran magnitud (precipitaciones máximas en 24 horas) y de baja magnitud (años con sequías). A partir de los resultados obtenidos, se observa que se prevé un aumento en los eventos de gran magnitud de hasta un 28% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, en las cuencas de mayor tamaño se

proyecta un aumento en los años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 05.03.02).

Tabla 2.3-5 Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años

Código BNA	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	54,5	69,9	28,4
041	Rio los Choros	53,0	64,8	22,4
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	55,3	70,3	27,1
043	Rio Elqui	57,9	69,4	19,8
044	Costeras entre Elqui y Limarí	71,6	81,9	14,4
045	Rio Limarí	95,0	97,0	2,1
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	86,7	90,6	4,4
047	Rio Choapa	83,5	87,8	5,2
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	77,2	86,6	12,3
049	Rio Quilimarí	80,6	97,6	21,1

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en consideración que los eventos extremos no se deben únicamente al efecto de la intensidad de precipitación, sino que son producto de la sinergia de distintos fenómenos climáticos y geográficos. En este sentido, aspectos como la duración y distribución temporal de la tormenta, fisiografía, humedad del suelo y superficie pluvial pueden llegar a afectar la intensidad de un evento extremo. Al respecto, uno de los aspectos que pueden llegar a tener un mayor impacto es el área pluvial, correspondiente a la superficie que principalmente genera la escorrentía efectiva que deriva en la crecida. Esta superficie pluvial está determinada por el cruce entre la cuenca aporte total a un punto y la posición de la línea de nieve o isoterma 0°C. Por lo tanto, a partir de los eventos observados en el último tiempo, resulta importante tener en consideración que variaciones de la isoterma 0°C pueden provocar un efecto sinérgico que aumente la intensidad de la crecida antes eventos de precipitación, por lo que resulta necesario tomar este aspecto en cuenta. Este tipo de análisis debiera realizarse a escala de cuenca para lograr una correcta estimación, como lo fue el estudio realizado por (Mardones y Garreaud, 2020) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C. En particular, la región de Coquimbo se encuentra aproximadamente entre las latitudes 29° S y 32° S, por lo que, según el antecedente mencionado, la línea de nieve proyecta un aumento de entre 400 y 500 metros aproximadamente.

En relación a los eventos extremos históricos, en base a Eridanus (2018), SENAPRED (2023) y la data base internacional de desastres (2024) se presenta la Tabla 2.3-6 con los eventos

extremos de origen natural históricos ocurridos entre los años 1912 y 2017 dentro de la región.

Tabla 2.3-6 Eventos extremos históricos en la región de Coquimbo, periodo 1912-2017

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	126	30
Aluvión	4	0

Fuente: Elaboración propia en base a Eridanus (2018).

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, se observan ocho (8) sistemas frontales (siete el año 2017 y uno el año 2018) y quince (15) sistemas de baja presión activa, los cuales han provocado daños menores a más de 20.000 viviendas y alrededor de 240.000 afectados en total. Por otra parte, se presenta también tres (3) eventos de remoción en masa los años 2017 (1) y 2023 (2) los cuales no presentan daños.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan cinco (5) inundaciones ocurridas entre los años 2017 y 2018 afectando a la cuenca de Río Elqui (código BNA 043), las cuencas Costeras entre Elqui y Limarí (código BNA 044) y la cuenca del Río Limarí (código BNA 045). La Tabla 2.3-7 presenta las cuencas afectadas por inundaciones y aluviones.

Tabla 2.3-7 Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Coquimbo, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros		
041	Río los Choros		
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui		
043	Río Elqui	X	
044	Costeras entre Elqui y Limarí	X	
045	Río Limarí	X	
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa		
047	Río Choapa		
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí		
049	Río Quilimarí		

Nota: Cuencas afectadas en rojo.

Fuente: Elaboración propia en base a SENAPRED (2023) y EM-DAT (2024).

2.3.3 Calidad de aguas

La calidad de las aguas en las diferentes cuencas de la región se ha evaluado principalmente a partir de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) cuando están disponibles.

- La calidad del agua en la cuenca del Río Elqui (código BNA 043) varía significativamente a lo largo de sus diferentes secciones debido a factores geológicos y actividades antropogénicas, principalmente la minería. La parte alta de la cuenca se caracteriza por poseer agua de buena calidad, aunque en algunos puntos hay presencia de sulfatos (SO_4^{2-}), así como concentraciones altas de arsénico (As) y cobre (Cu), con origen mixto (natural y antropogénico). El pH es ácido en la cabecera de la cuenca debido a la presencia de minerales sulfurados y actividades mineras. La mezcla con aguas termales afecta la conductividad eléctrica (CE), indicando un ambiente ácido. En la parte media de la cuenca, varios puntos de monitoreo muestran insuficiencia en calidad por altos niveles de metales como arsénico (As), hierro (Fe) y manganeso (Mn), atribuibles a la minería y depósitos de relaves, especialmente en las quebradas Marquesa y El Arrayán. La parte baja presenta elevadas concentraciones de hierro (Fe), sulfatos (SO_4^{2-}) y sodio (Na^+), heredados del SHAC "Elqui Medio". La presencia de E. coli sugiere contaminación microbiológica. La combinación de factores naturales y antropogénicos produce agua de buena calidad en la parte alta, mientras que la calidad disminuye en la parte media y baja debido a la contaminación por metales pesados y sulfatos (DGA, 2020).
- La calidad del agua superficial de la cuenca Costeras entre Elqui y Limarí (Código BNA 044) es de mala calidad, según los registros de la estación denominada Estero Culebrón, que ha registrado información desde 1984, en donde varios parámetros superaron constantemente la Norma de Riego, incluidos boro (B), cloruro (Cl^-), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y sulfato (SO_4^{2-}). En la Norma de Agua Potable, los límites superados incluyen hierro (Fe), manganeso (Mn) y arsénico (As). Por otro lado, parámetros como aluminio (Al), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), níquel (Ni), plata (Ag) y zinc (Zn) no sobrepasaron ninguna de las normas. En términos de calidad ambiental, el Indicador ODS 6.3.2 mostró que la calidad del agua en los últimos años monitoreados es mala, con problemas significativos de contaminación, cuyas principales fuentes de contaminación incluyen el uso de plaguicidas y pesticidas, deforestación, disposición ilegal de residuos y descargas ilegales (DGA, 2022).
- La calidad de las aguas en la cuenca del Río Limarí (Código BNA: 045) presenta variaciones significativas, con varios puntos superando los límites de las normas chilenas NCh409/05 y NCh1333/78. En las aguas superficiales, se registraron concentraciones elevadas de arsénico (As) en "Río Grande en Las Ramadas" y altos niveles de cloruros (Cl^-) y sulfatos (SO_4^{2-}) en "Estero Punitaqui" y "Río Limarí en Panamericana". Los parámetros físico-químicos como pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) también

mostraron variaciones, con algunas estaciones indicando posibles efectos adversos en los cultivos. La presencia de *E. coli* sugiere contaminación microbiológica debido a la insuficiencia de alcantarillado en la cuenca. En las aguas subterráneas, las composiciones varían desde HCO_3^- - Ca^{2+} en la parte media a HCO_3^- -(Na^+ - Mg^{2+}) con alta carga de Cl^- en la parte baja, reflejando la interacción entre aguas superficiales y subterráneas. Los metales totales generalmente cumplen la normativa, aunque se registraron contenidos de hierro (Fe) y manganeso (Mn) por encima de los límites en varias áreas, especialmente en SHAC como "Punitaqui" y "Río Limarí". La calidad disminuye de la parte alta a la baja de la cuenca, influenciada por la aridez, la evaporación y la contaminación antrópica por actividades mineras (DGA, 2020).

- La calidad de las aguas en la cuenca del Río Choapa (047) muestra variaciones importantes, con algunas estaciones superando los límites establecidos por las normas chilenas NCh409/05 y NCh1333/78. En las aguas superficiales, se detectaron concentraciones elevadas de arsénico (As) en "Río Chalinga en la Pampilla" y "Río Choapa en Cuncumén", y de cobre en "Río Cuncumén antes Bocatoma de Canales". Las estaciones "Estero Auco antes del Río Illapel" y "Río Illapel en El Peral" presentaron valores elevados de sulfatos (SO_4^{2-}) y conductividad eléctrica (CE), respectivamente. Los niveles de pH eran levemente básicos en "Río Choapa en Puente Negro" y "Río Illapel en El Peral". La presencia de *E. coli* y coliformes totales indica contaminación microbiológica. En las aguas subterráneas, se registraron altas concentraciones de sulfatos (SO_4^{2-}) en el pozo del SHAC "Illapel" y de hierro (Fe) y manganeso (Mn) en varios puntos de la cuenca. La actividad minera y la lixiviación natural de minerales contribuyen significativamente a la contaminación, destacándose la influencia de la mina Los Pelambres y otros proyectos mineros en la cuenca (DGA, 2020).
- En la cuenca del río Quilimarí (Código BNA: 049) se dispone de 4 estaciones de monitoreo de calidad de agua, tres subterráneas y una superficial. Sin embargo, solo una estación tiene datos disponibles, y dicha estación, "Río Quilimarí en Los Cóndores" (04901001-K), fue suspendida en 2002. Las estaciones subterráneas en Quilimarí, Los Cóndores y Guanguali operan desde 2016, pero solo una de estas estaciones tiene datos registrados. La estación "Río Quilimarí en Los Cóndores" tiene 14 días muestreados en total. Los datos históricos indican que el agua es de tipo bicarbonatada y muestra una tendencia a la disminución de la conductividad eléctrica con un valor promedio de $741.54 \mu\text{S}/\text{cm}$, basado en muestras tomadas entre 1968 y 1979. Debido a la falta de datos recientes, no es posible evaluar las condiciones actuales de la calidad del agua en la cuenca del río Quilimarí. La suspensión de la única estación con datos disponibles subraya una brecha de información relacionada al monitoreo y la evaluación de la calidad del agua en la cuenca (DGA, 2020).

- Para las cuencas de Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada Los Choros (Código BNA: 040), Río Los Choros (Código BNA: 041), Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (Código BNA: 042), Costeras entre Río Limarí y Río Choapa (Código BNA: 046), Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí (Código BNA: 048), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua, lo que destaca una significativa brecha de información en estos casos. Además, se ha identificado una brecha estratégica en la cantidad de datos disponibles para analizar la calidad de las aguas de las cuencas de la región de Coquimbo. Por ejemplo, al descargar información de calidad de aguas de los últimos cuatro años, solo se registró un dato por cuenca. En particular, la cuenca "Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros" (Código BNA: 040) no cuenta con información alguna, reflejando una falta de datos oficiales actualizados.

Con respecto a la evaluación de las brechas correspondientes a la calidad de aguas y monitoreo, se observa que menos del 50% de las subcuencas están siendo monitoreadas según la normativa vigente, lo que indica una alta criticidad en términos de cobertura de monitoreo. Esta situación se repite en el monitoreo de acuíferos, aunque se observa que la red es más completa que en el caso de aguas superficiales. En relación a los parámetros medidos, el monitoreo se realiza con una frecuencia cada dos años, lo que indica una alta criticidad en términos de la frecuencia de monitoreo de la calidad del agua.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

3.1 INFRAESTRUCTURA HIDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES

En este acápite se da cuenta de las obras de infraestructura, relativas al recurso hídrico relevantes para el propósito de este estudio. Para esto, primero se realizó la identificación de infraestructura existente al año 2023 de acuerdo a los catastros y base de datos públicos existentes; luego se analiza el estado de la infraestructura existente desde el punto de vista de las principales demandas definidas en el acápite 2.2, incluyendo las nuevas fuentes disponibles para su abastecimiento. El detalle de los catastros utilizados se presenta en el anexo metodológico.

3.1.1 Infraestructura hídrica existente al año 2023

A continuación, se presenta una breve categorización de la infraestructura existente y su capacidad instalada total. Para esto, la infraestructura hídrica se ha clasificado en: obras de acumulación, centrales para la generación eléctrica, infraestructura de distribución, obras de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas y pozos. Además, se incluye un apartado con respecto a infraestructura para el uso de agua desde fuentes no convencionales e infraestructura de defensa fluvial y aluvional.

La identificación de cada tipo de obra y su correspondiente información de capacidades instaladas se presenta de forma georreferenciada en la geodatabase SIG para la región en el Anexo C del Informe Nacional. No obstante, un resumen de dicho catastro se presenta en la Figura 3.1-6.

3.1.1.1 Obras de acumulación

Se identifican catorce (14) embalses en la región de Coquimbo, con una capacidad de embalsamiento aproximada de 24.550 Hm³ para obras de acumulación mayores y medianas (DGA, 2016). Sin embargo, de acuerdo a los datos recopilados de la Universidad de la Serena (ULS) la región cuenta con ocho (8) obras de almacenamiento mayor con una capacidad total de 1.305 millones de metros cúbicos, representando el 10% de la capacidad de almacenamiento en Chile (BIG DATA ULS, 2023). También se han identificado un (1) nuevo embalse (Valle Hermoso) el cual tiene una capacidad de 20

millones de metros cúbicos vigente desde año 2020, y tramitada el 2022 en el Senado (Diario el Día , 2023).

Cabe señalar que es crucial considerar el escenario de escasez y cambio climático de la última década, como también la falta de lluvias que ha marcado a la región, llevándola al nivel más bajo de capacidad de volumen de agua embalsado en la historia.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

Se registran tres (3) centrales hidroeléctricas con una potencia total instalada de 258 MW; y tres (3) hidroeléctricas de con una potencia neta instalada de 28 MW (CNE, 2018; CEN, 2023). Cabe señalar que dos (2) de las hidroeléctricas de pasada (La Paloma y Puclaro) se consideran multipropósito, es decir, también se utilizan para usos agrícolas.

Por otra parte, se identifican ocho (8) termoeléctricas en la región de Coquimbo con una potencia instalada total de 355 MW, estas se concentran principalmente en las comunas de Los Vilos y Coquimbo (CEN, 2023).

3.1.1.3 Infraestructura de distribución y sistemas de riego

Se identificaron 1.277 bocatomas y 4.526,44 kilómetros lineales de extensión en canales, siendo más del 50% de su distribución concentrada en la cuenca del río Limarí. No se dispone de información actualizada sobre el estado de estas estructuras, lo que representa una brecha de información. Mayor detalle respecto a la infraestructura de distribución se encuentra en el Anexo 05.01.

En relación a los sistemas de riego presentes en la región, en el último Censo Agropecuario (INE, 2021) se observa que el más utilizado corresponde al micro riego mediante goteo o cinta, seguido del riego tradicional a través de surco y tendido.

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

i. Zonas urbanas

En la región de Coquimbo se identifican cuatro concesiones de agua potable con veinticinco (25) territorios operacionales. Además, se cuenta con veintitrés (23) plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de las cuales tres (3) poseen punto de descarga al mar, mientras que veinte (20) poseen puntos de descarga continental (SiSS, 2023).

A continuación, se presenta la Tabla 3.1-1 donde se observa el número de territorios operacionales por cuenca, su producción al año 2022 y el porcentaje de aumento de producción al año 2055, según las proyecciones de demanda desarrolladas en el acápite 2.2.1

Tabla 3.1-1 Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca

Cód. Cuenca	Cuencas	N° de Territorios Operacionales	Producción 2022 (m³/año)	Aumento al 2055 (%)
40	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	0	0	0
41	Río los Choros	0	0	0
42	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	0	0	0
43	Río Elqui	6	33.907.308	18%
44	Costeras entre Elqui y Limarí	5	12.882.504	17%
45	Río Limarí	8	17.408.853	25%
46	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	0	0	0
47	Río Choapa	4	4.036.510	11%
48	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	1	273.729	10%
49	Río Quilimarí	1	882.686	24%

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se presenta a continuación la Tabla 3.1-2 donde se observan los planes de desarrollo vigentes por parte de las concesiones sanitarias presentes en la región, con su respectivo alcance territorial.

Tabla 3.1-2 Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Coquimbo

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Aguas del Valle	Choapa	Canela Alta
		Canela Baja
		Illapel
		Los Vilos
		Salamanca
	Limarí	Chañaral Alto
		Combarbalá
		El Palqui
		Monte Patria
		Ovalle y Huamalata
		Punitaqui
		Sotaqui
	Elqui	Andacollo, Tongoy y Guanaqueros
		Coquimbo y La Serena
		Paihuano
		Peralillo
		Vicuña
Aguas La Serena	La Serena	La Serena
ESSETO	Totalalillo	Totalalillo

Fuente: Elaboración propia en base a Aguas del Valle (2018) y Aguas La Serena (2021)

De acuerdo a lo señalado en el Informe de Gestión de Servicios Sanitarios 2022 (SISS, 2023) uno de los objetivos principales en la gestión de sus concesiones es mantener “un abanico de alternativas para hacer frente a posibles agravamientos de las condiciones, producto del cambio climático”, asegurando el “consumo urbano multipropósito en condiciones de continuidad conforme lo determine la voluntad del usuario final” (Celedón, 2023).

Bajo este contexto, y según los datos entregados en el Informe de Coberturas 2022 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023), las cifras de cobertura de agua potable y alcantarillado del sector sanitario en la región de Coquimbo, en las áreas concesionadas, alcanza un 92,1%.

En este sentido, considerando el análisis realizado en el acápite 2.2.1, Aguas del Valle en su memoria anual (2022) presenta iniciativas de obras para enfrentar la sequía, entre ellas se menciona la incorporación de nuevas fuentes en La Serena y Coquimbo a través de pozos, programas de gestión transversal y la entrada a tramitación una nueva planta de desalación.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 22,72% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región de Coquimbo, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 70.105 viviendas y 142.470 habitantes, con una relación aproximada de dos habitantes por vivienda rural (ver Figura 3.1-1).

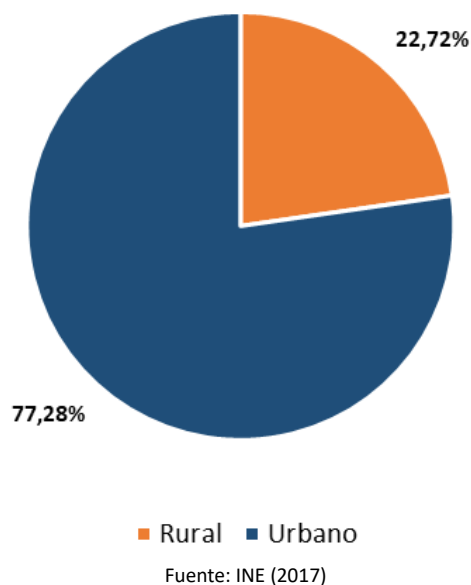
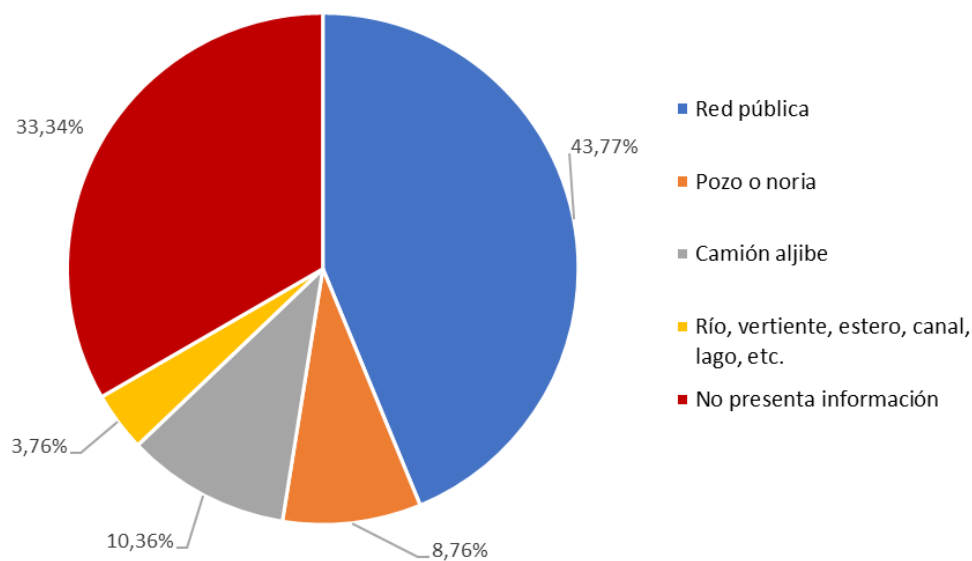


Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de Coquimbo 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 33,34% no presenta información en relación a las fuentes de abastecimiento en base a los datos del censo de población (INE, 2017). Bajo este contexto, se presenta un breve análisis respecto al estado del agua potable y saneamiento en la región de Coquimbo.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 66,7% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 43,77% (30.687) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁷ (ver Figura 3.1-2).



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

Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

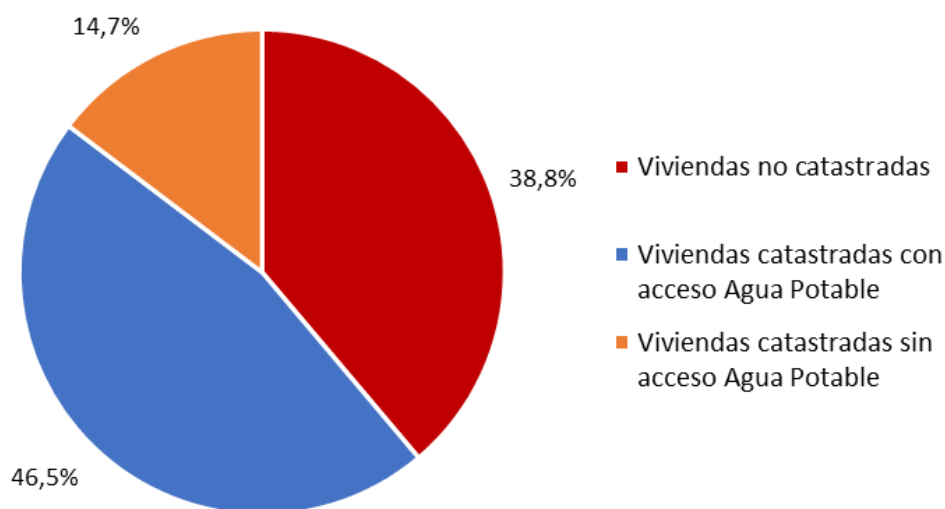
Por otra parte, el Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR) creado para dar seguimiento y cumplimiento de los objetivos propuestos por la Política Nacional de Desarrollo Rural (PNRD) (COMICIVYT, 2020), entrega información del número de viviendas comunal por región con conexión a la red de agua potable.

El indicador BS12 relacionado al porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable, considera doce (12) de las quince (15) comunas de la región, las cuales concentran el 61,2% (42.876 viviendas) del total de la población rural de la región.

⁷ Incluye hogares abastecidos por Servicios Sanitarios Rurales (SSR) o acogidos al Artículo 52 bis del Decreto Fuerza Ley N°382/1988 del Ministerio de Obras Públicas.

Bajo los datos otorgados por este indicador, un 46,5% de las viviendas rurales de la región presenta conexión a la red de agua potable, mientras que un 14,7% (10.304 viviendas) no cuentan con acceso a la red pública de agua potable (ver Figura 3.1-3)

A modo de resumen, se identifica que un 61,2% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 14,7% de las viviendas informan que no presentan acceso a la red de agua potable. Por último, se concluye que el indicador BS12 presenta una brecha de información del 38,8% del total de viviendas rurales de la región de Coquimbo.



Fuente: Elaboración propia en base a Censo poblacional (INE, 2017) y SICVIR (INE, 2021)

Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Coquimbo

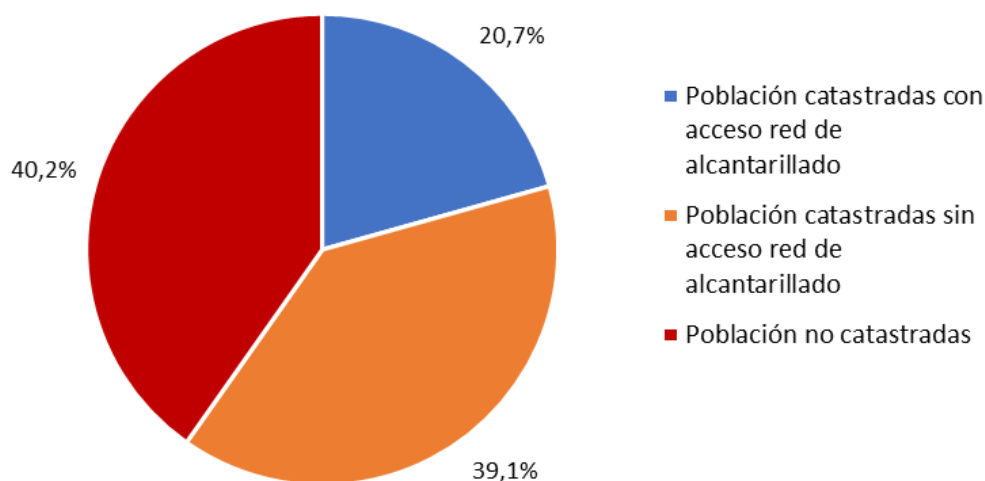
Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con veintiún (21) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región de Coquimbo, los cuales abastecen a las quince (15) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional (142.470 habitantes), existe un número estimado de 161.124 beneficiarios, que sobrepasa en un 13,09% al total de población rural. Esto puede significar a modo de especulación la existencia de población flotante, producto de actividades laborales o segundas viviendas que genera una mayor demanda de las aguas potable rurales

Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS, 2022) igualmente presenta un listado de SSR dentro de la región de Coquimbo, con un total de cincuenta y cuatro (54) sistemas distribuidos en las quince (15) comunas de la región. Estos sistemas de agua potable rural abastecen aproximadamente al 66,4% de la población rural regional

(94.596 beneficiarios), dejando una brecha del 33,6% (47.874 habitantes) de la población rural sin acceso a agua potable.

b) Saneamiento

De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (INE, 2021) el cual considera doce (12) de las quince (15) comunas de la región, concentrando el 59,8% del total de la población rural de la región, se observa que el 20,66% de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado (ver Figura 3.1-4)



Fuente: Elaboración propia en base a Censo poblacional (INE, 2017) y SICVIR (INE, 2021)).

Figura 3.1-4 Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región de Coquimbo según indicador BS13

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la SiSS (2022), se menciona que del total de beneficiarios SSR de la región, un 9% presenta solo servicio de alcantarillado, mientras que un 53% de la población rural presenta servicio de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas (ver Figura 3.1-5)

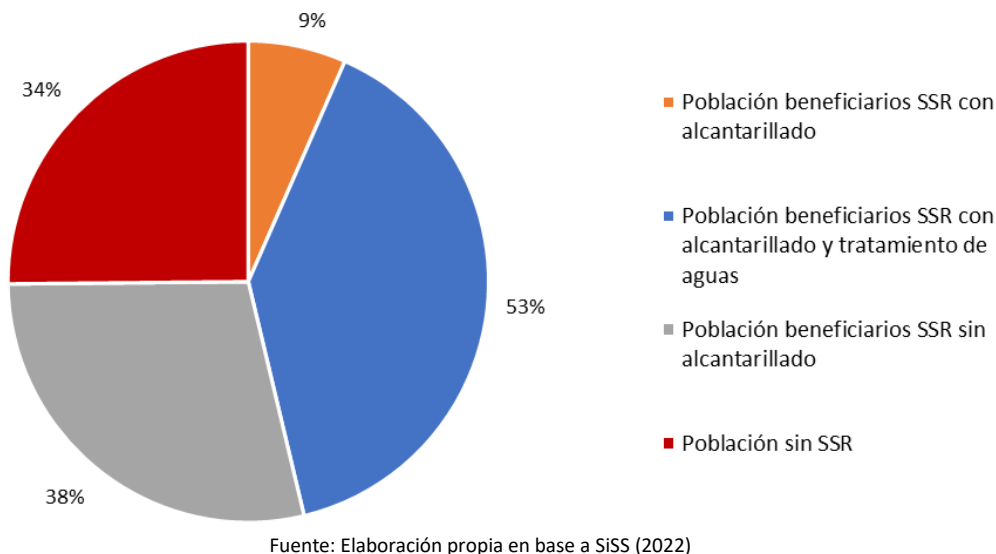


Figura 3.1-5 Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022

Los detalles del análisis se pueden observar en profundidad en el Anexo 05.02.

3.1.1.5 Pozos

Se identificó un total de 3.304 pozos de extracción en la región de Coquimbo, de los cuales un 75% se identifica para uso de riego, y un 18% no presenta clasificación de uso DGA (2023).

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

En base a los antecedentes revisados no se identifica la existencia de infraestructura para la extracción de agua desde acuíferos profundos dentro de la región de Coquimbo.

ii. Recarga artificial de acuíferos

Se identificó un (1) proyecto de recarga artificial de acuíferos llamado GIRAgua, desarrollado por el Gobierno Regional de Coquimbo, el Gobierno de los Países Bajos y la Universidad Católica del Norte. Consiste en la recarga artificial en acuíferos del Elqui, debido a la necesidad de disminuir la brecha hídrica regional. Entre los años 2020 y 2021, se realizó la primera fase del proyecto la cual contempló el diseño de un sistema piloto de recarga artificial para el acuífero de Pan de Azúcar y Elqui Bajo. Actualmente el proyecto se encuentra en la segunda fase, donde se estará realizando una puesta en marcha del piloto de recarga en Pan de Azúcar, para la evaluación de la efectividad del piloto mediante pruebas de campo, tales como la cantidad de infiltración de agua, calidad de aguas y dinámica del acuífero (INIA, 2023).

iii. Desalinización

Dentro de la región de Coquimbo, actualmente operan dos (2) plantas desaladoras para abastecimiento de agua potable en la comuna de Ovalle, denominadas Talcaruca y El Sauce, Ambas plantas fueron financiadas por SUBPESCA y poseen una capacidad de 8.000 litros/día cada una. Existe además una planta proyectada cuyos fondos han sido recientemente otorgados por SUBPESCA, denominada Totoralillo Centro, abasteciendo a dicha comunidad (SUBPESCA, 2020).

Dentro de la región existen iniciativas entorno a la desalación como parte de las fuentes de abastecimiento futuro para la región, principalmente en el área de saneamiento por parte de la empresa Aguas del Valle S.A, sin embargo, los proyectos presentados en el año 2022 no han calificado en sus estudios de impacto ambiental.

De acuerdo con la Asociación Chilena de Desalinización (ACADES, 2024), en Coquimbo se han planificado por privados los siguientes nuevos proyectos:

Tabla 3.1-3 Proyectos de Desalinización en la Región de Coquimbo

Nombre del proyecto	Propietario	Sector	Capacidad
Proyecto Azul	Oceanus	multipropósito	1200 L/s
Huentelauquen	Desala	multipropósito	1000 L/s
Fase Inicial Ampliación Los Pelambres	Minera Los Pelambres	minería	400 L/s

Fuente: Elaboración propia en base a (ACADES, 2024)

Es importante destacar que los primeros dos proyectos se encuentran ubicados en la cuenca del Elqui, mientras que los últimos dos se sitúan en la cuenca del Choapa. Hasta el momento, no se han visualizado proyectos para la cuenca del Limarí en la región de Coquimbo.

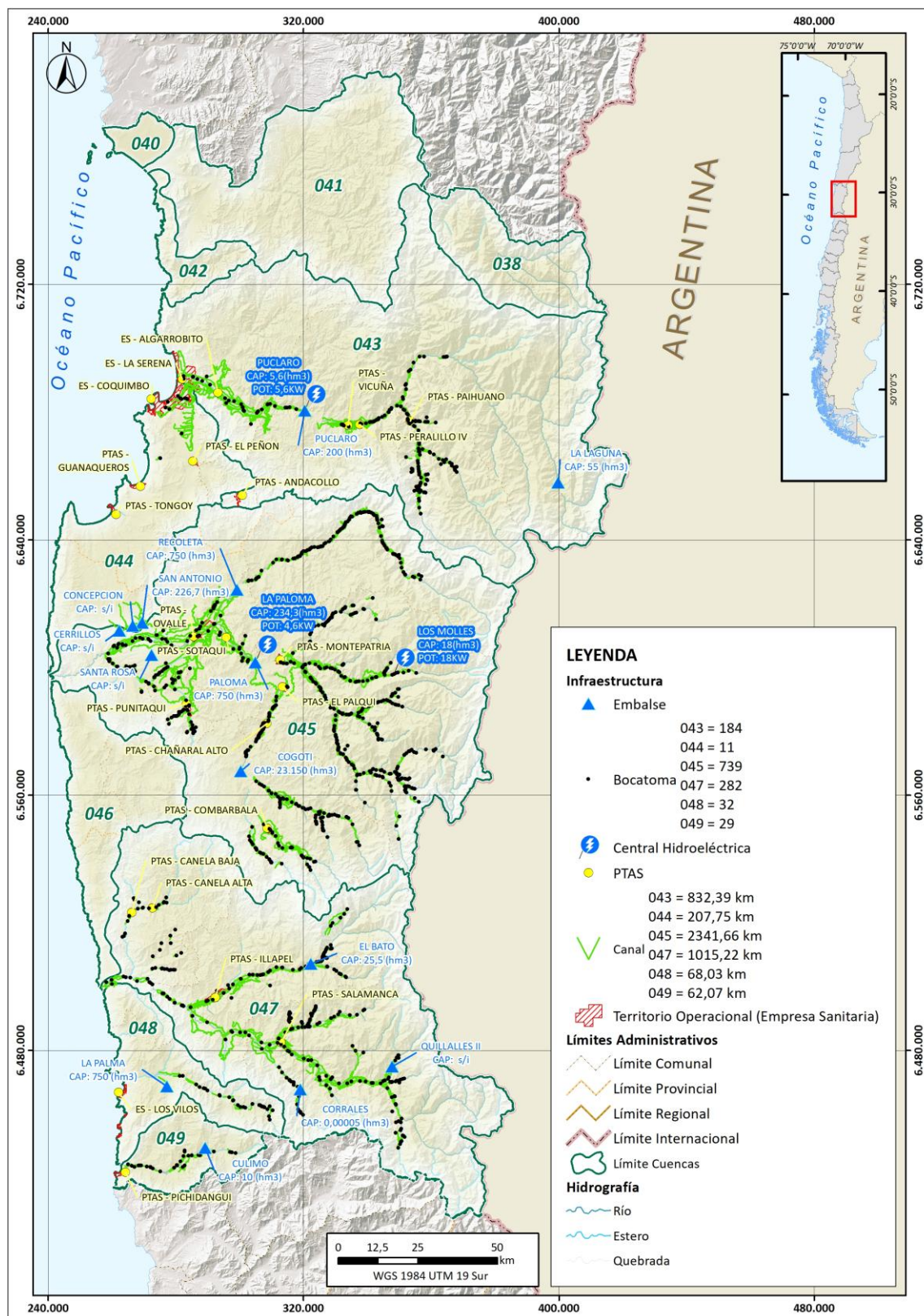
En este sentido, se hace imperante la necesidad de capacitación y el desarrollo de medidas como la utilización de nuevas fuentes y la reutilización de aguas en los procesos mineros para gestionar el uso del recurso hídrico de manera eficiente.

iv. Cosecha de aguas lluvia

En la región de Coquimbo se identificó un proyecto de colección de aguas lluvia en la zona de Combarbalá, Provincia de Limarí, donde se colecta neblina y lluvia en techos llegando a máximos de 15 l/día en 36 m² de techo, pudiendo solventar 8% de las necesidades de agua de un hogar (DGA, 2020).

v. Uso de aguas servidas tratadas

Según los antecedentes revisados dentro de la región de Coquimbo no se tienen registros que den cuenta de infraestructura para la reutilización de aguas servidas.



Fuente: Elaboración propia en base a CNR (2020) y DGA (2023).

Figura 3.1-6 Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Coquimbo

3.1.1.7 Infraestructura para a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación

En la región de Coquimbo se han identificado treinta y tres (33) obras de infraestructura de defensa fluvial en la cuenca de Choapa y nueve (9) en la cuenca de Elqui. En ambos casos se trata de defensa en base a gaviones para disminuir el impacto y riesgo de riadas o avalanchas sobre centros poblados o infraestructura.

Dentro de la región se han identificado obras relacionadas con crecidas y contaminación de sistemas hídricos, las cuales están orientadas en mitigar efectos de fenómenos naturales y actividad humana.

En el caso de la región de Coquimbo, no hay planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región. En la Tabla 3.1-4 se presentan los tramos colectores presentes en la región.

Tabla 3.1-4 Obras de tramo colector presentes en la región de Coquimbo

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Sin información, Alessandri – Linares, Vichuquén, Ruta 43, Reg. Arica, Juan Cisternas – Quebrada Peñuelas, Larraín Alcalde, Gabriela Mistral, Cuatro Esquinas, Canal Pampa Bajo, Perales, Pasaje Bulnes, Pampa Baja, Las Higueras, Huanhuali 2, Raúl Bitrán, El Santo, Almirante Allard, Huanhuali, Mall Plaza La Serena y Álvaro Casanova	Proyectado	Costeras entre Elqui y Limarí
Huanhuali 2, Canal Pampa Bajo, Raul Bitran, Sin información, J. M. Caro, 18 de septiembre, Los Robles, Avenida Panorámica, La Florida, Juan Cisternas, Parque Coll, Colo-Colo, Pacifico, Brillador, La Conquista, De la Peña, Viña del Mar, Quebrada Poniente, Ecuador, El Progreso, Ayacucho 2, Costa Rica, Juan Gaspar Marín, Monjitas Oriente, 3 Norte, Dren 2 Norte, Canal Jaramillo, Quebrada 2 Norte, Quebrada 1 Norte, Canales El Golf, 1 Norte y 5 Norte		Rio Elqui

Fuente: Departamento de Territorio de la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN), 2024

No hay obras de control aluvional en la región.

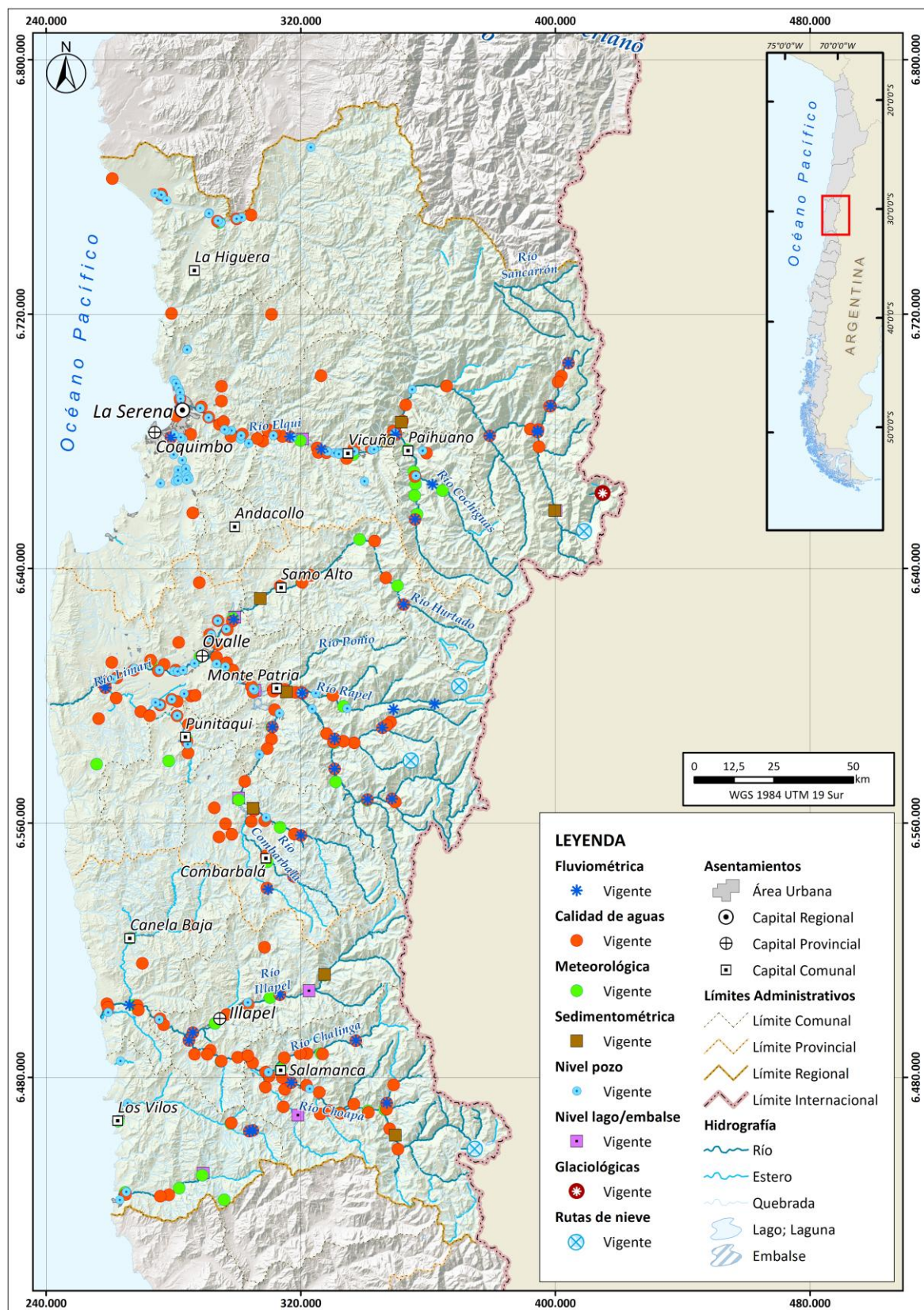
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región de Coquimbo se encuentran 449 estaciones de monitoreo vigentes que constituyen la red hidrométrica de la región. En la Tabla 3.1-5 se muestra en detalle el tipo de estación presente en la región y su estado, en el Anexo 05.01 se encuentra la distribución de la red por cuenca. En la Figura 3.1-7 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. Se observa que la infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas de Río Limarí y Río Elqui.

Tabla 3.1-5 Estaciones de monitoreo de la región de Coquimbo

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	197	0
Fluviométrica	48	0
Meteorológica	67	0
Nivel de pozo	116	0
Sedimentométrica	8	0
Nivel de lago y embalses	8	0
Glaciológica	1	0
Rutas de nieve	4	0
Total	449	0

Fuente: Elaboración propia en base a (DGA, 2022)



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

Figura 3.1-7 Red hidrométrica de la región de Coquimbo

3.1.2 Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente

A continuación, se exponen las propuestas identificadas en diversos estudios y planes para la región de Coquimbo entre los años 2010 y 2022 detalladas en el Anexo 05.04.

3.1.2.1 Infraestructura hídrica y nuevas fuentes sin ejecutar propuesta entre 2010-2022

A partir de antecedentes revisados de diversos planes de gestión hídrica, con base principal en el estudio “Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050” (MOP, 2019), se han catastrado las iniciativas propuestas dentro del periodo mencionado. Por otro lado, considerando que existían iniciativas que resuelven la misma brecha, se decidió agrupar aquellas con los mismos objetivos, de manera de sintetizar los requerimientos de las acciones estratégicas.

Las iniciativas catastradas se clasificaron según tres tipologías definidas y cada una de las tipologías tiene una estrategia de acción. Las iniciativas catastradas según la clasificación planteada se presentan en la Tabla 3.1-6.

Tabla 3.1-6 Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	12
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	9
	Defensa fluvial y aluvional	1
	Desalinización	2
	Infraestructura de riego	2
	Infraestructura de distribución de agua	12
	Obras de acumulación de agua	10
	Reúso de aguas residuales	2
	Redes de aguas lluvias	2
	Captación de aguas	3
	Trasvase de aguas	1
	Drenaje de aguas	0
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	3
	Conservación de riberas	1
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	3
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	0
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	1
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	2
	Conservación y restauración de riberas y cauces	3

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	1
	Estudios obras de acumulación de agua	8
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	3
	Conservación obras de riego	3
	Estudio sistemas de riego	0
	Estudios contaminación de aguas	0
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	1
	Estudio obras de distribución de aguas	2
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	3
	Estudio de reúso de aguas	2
	Diagnóstico de OUA y DAA	1
	Estudios para abastecimiento de agua potable	1
Medidas de gestión	Creación de capital humano	10
	Análisis situación legal DAA	10
	Fortalecimiento y formalización de OUA	5
	Reservas de agua	1
	Manejo de quebradas	0
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	3
	Manejo de normas ambientales e hídricas	1
	Planes y políticas	3

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las iniciativas catastradas también se encuentra el proyecto de “Desaladora Coquimbo” el cual será licitado por la Dirección General de Concesiones. Este proyecto permitirá respaldar el consumo humano de agua potable para la conurbación La Serena – Coquimbo. Si bien esta iniciativa no se ha ejecutado, la licitación ya ha sido publicada este año (MOP, 2024)

A partir de la revisión de los antecedentes, se definen las características básicas que debe incluir una iniciativa al ser propuesta como medida pública para aquellas no agrupadas. Las iniciativas según tipologías y las características básicas se presentan en la Tabla 3.1-7.

Tabla 3.1-7 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	52	46	39	34
Infraestructura hídrica no estructural	38	28	24	29
Medidas de gestión	35	30	33	23

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-8 se presentan las iniciativas que contienen información acerca del estado de su ejecución.

Tabla 3.1-8 Iniciativas con estado de ejecución

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
Infraestructura hídrica estructural	Infraestructura de distribución de agua	1	Prefactibilidad
	Infraestructura de riego	1	Perfil
	Obras de acumulación de agua	4	Prefactibilidad (1), Factibilidad (1), Perfil (1), Evaluación técnica y socioeconómica (1)
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	1	Perfil
	Defensa fluvial y aluvional	1	Perfil
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	1	Perfil

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-9 se presentan los planes de desarrollo de empresas sanitarias presentes en la región por implementar.

Tabla 3.1-9 Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Coquimbo

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Aguas del Valle S.A.	2017	Zonal Choapa	Mejoramientos en la de red de distribución de AP, ampliación PTAS, diseño y ampliación de PEAP, refuerzo de colectores, captaciones, obra de almacenamiento y potabilización y obras de disposición de residuos
		Zonal Elqui	Ampliación PEAP, captaciones, ampliación PEAS, mejoramientos en la red de distribución de AP, refuerzo de colectores, construcción planta desaladora, obras de almacenamiento y potabilización, obras de distribución, obra de disposición de residuos y nueva PEAS
		Zonal Limarí	Ampliación PTAP, mejoras en la red de distribución de AP, obra de almacenamiento y potabilización, obras de distribución, ampliación PTAS, captaciones, mejoramiento PTAS, Ampliación PEAP y refuerzo de colectores
Alser S.A.	2021	La Serena	Reposición equipos PEAS

Fuente: Elaboración en base a (SISS, 2024).

No hay planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región.

3.1.2.2 Iniciativas ejecutadas en el periodo 2015-2023

A partir de los antecedentes de la Inversión histórica del MOP entre los años 1986-2023, en la Tabla 3.1-10 se presentan las iniciativas ejecutadas a partir de las estrategias de acción y montos asociados a cada proyecto. El listado completo de estas iniciativas se presenta en el Anexo 05.04.

Tabla 3.1-10 Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	Producción-distribución de agua potable y	APR concentrado	116	25.472.435	34.211.359
		APR semi concentrado	64	15.126.347	17.128.538

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
	tratamiento aguas servidas	Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	69	39.404.319	45.652.521
		Conservación, mantención y ampliación de SSR existentes	4	701.788	701.788
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	17	2.556.785	3.189.237
		Evacuación y drenaje de aguas lluvias	8	3.062.535	3.908.625
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	48	20.921.828	24.575.600
		Explotación de obras de riego	42	16.199.876	18.381.186
	Infraestructura de acumulación de agua	Grandes obras de riego	50	74.072.345	100.105.202
	Red hidrométrica	Mejoramiento	2	76.467	110.212
Infraestructura hídrica no estructural	Conservación y restauración de riberas y cauces	Manejo de cauces	10	1.558.946	2.029.519
		Conservación de riberas (defensas fluviales)	26	12.609.444	16.454.601
Medidas de gestión	Planes y políticas	Estudios	2	221.665	299.714

Fuente: Elaboración en base a MOP (2023).

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

De acuerdo al análisis realizado por Bolados et al. (2023), se establece que la brecha hídrica se considerará en un sentido amplio como una brecha estratégica o una brecha de gestión, cuya distancia con respecto a una meta establecida puede ser cuantificada, ya sea mediante un volumen de agua (brecha hídrica en sentido cuantitativo) o mediante algún indicador definido por los planificadores del territorio.

Para efectos del presente estudio, se estimará una brecha hídrica vinculada al balance hídrico, brechas hídricas estratégicas y brechas de infraestructura.

4.1 BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO

Se estimó la brecha hídrica a nivel de cuenca (BNA) para cada una de las presentes en la región. Para esto, se consideró como oferta hídrica la curva de frecuencia calculada a partir de los caudales medios anuales, obtenidos del Balance Hídrico Nacional (BHN) en el periodo 1985-2015. Por otro lado, la demanda hídrica se determinó al agregar las demandas consuntivas de los diferentes usos en cada cuenca, siendo estas: agua potable urbana, agua potable rural, agrícola, pecuario, minera, industrial y generación eléctrica, incorporando además la demanda proyectada. Adicionalmente, se incluye la recarga subterránea, proveniente de estudios específicos en la cuenca, por lo que no todas las cuencas disponen de esta información. Finalmente, para las proyecciones de oferta, se consideraron los caudales del BHN del GCM representativo de la región, mientras que, para la recarga subterránea, con el objetivo de lograr una coherencia en el criterio utilizado, se consideró el porcentaje de cambio de precipitación del GCM representativo como la variación en la recarga futura. En el Anexo 05.05 se presentan los gráficos con las brechas para cada cuenca. La metodología utilizada para la clasificación se presenta en el Anexo B del Informe Nacional.

En particular, **la brecha hídrica asociada al balance hídrico considera como oferta hídrica disponible para satisfacción de la demanda aquella que posee una probabilidad de excedencia del 85%, mientras que la demanda potencial corresponde a la sumatoria de demandas de agua asociada a los diferentes tipos de consumo y actividades productivas consuntivas.** Considerando el carácter estratégico del Plan y las tendencias observadas y proyectadas respecto al aumento sostenido de la demanda y los efectos del cambio climático en la oferta, se establece la componente de balance de la brecha hídrica para el **año 2055**.

Cabe señalar que las brechas asociadas al balance hídrico y las brechas hídricas estratégicas son factores complementarios para el análisis de brechas de infraestructura y para la selección de medidas a implementar. Es decir, las brechas de infraestructura se identificarán considerando la existencia de brechas asociadas a la disponibilidad física de agua (brechas de balance hídrico), además de la necesidad de ejecutar estudios, programas u otras medidas de gestión para que la infraestructura seleccionada pueda ser implementada correctamente (brechas hídricas estratégicas). Para definir la brecha hídrica asociada al balance, este estudio consideró dos criterios:

- **Criterio 1:** Se evalúa si la demanda total de la cuenca supera la oferta superficial⁸ en la misma considerando diferentes probabilidades de excedencia. Se considera una **cuenca crítica** aquella donde la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%; una **cuenca en estrés** se determina cuando la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%; y una **cuenca con recursos** es en la cual la demanda no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%.
- **Criterio 2:** Se evalúa si en la actualidad existen restricciones para el uso de agua en la cuenca (declaraciones de agotamiento o decretos de escasez para la componente superficial, y, áreas de restricción o zonas de prohibición para la componente subterránea). Este criterio se aplica solo a la situación actual.

Clasificación final: En el caso de existir dos (2) tipos de restricción (superficial y subterráneo) en la cuenca, esta se define inmediatamente como **cuenca crítica**. En el caso de existir un (1) tipo de restricción (superficial o subterráneo) en la cuenca, la clasificación definida en el *Criterio 1* se promueve en un nivel de criticidad, por ejemplo:

Criterio 1 = cuenca con recursos
Criterio 2 = decreto de escasez vigente
Clasificación final = cuenca en estrés

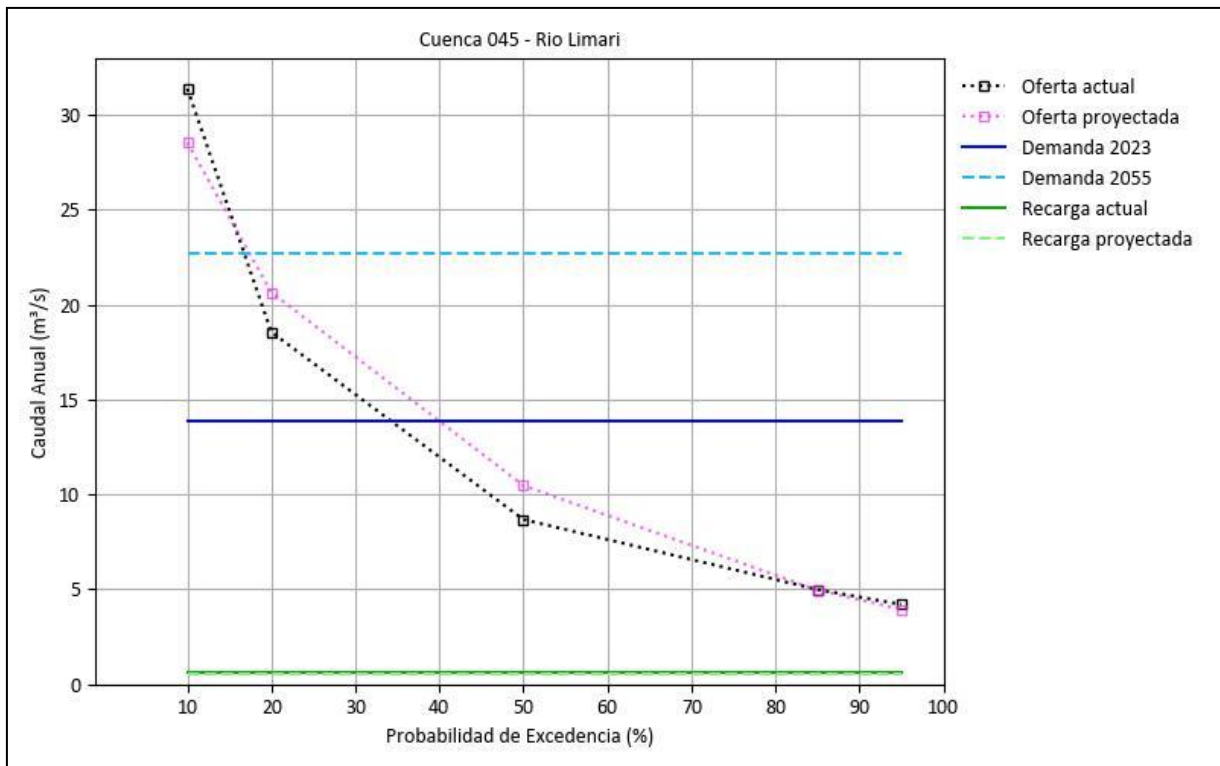
Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-2 se observan 3 cuencas consideradas **cuencas críticas**, es decir, donde la demanda total supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%, lo que se puede observar en la Figura 4.1-1 para la cuenca del río Limarí (BNA 045).

Por otra parte, en la misma figura se muestra que hasta 7 cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de

⁸ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)

excedencia del 85%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles**. No obstante, se debe considerar que cinco (5) de estas cuencas⁹ actualmente poseen restricciones tanto para el uso de aguas superficiales como para aguas subterráneas, por lo que finalmente se reclasifican a **cuencas críticas** (ver Tabla 4.1-1).

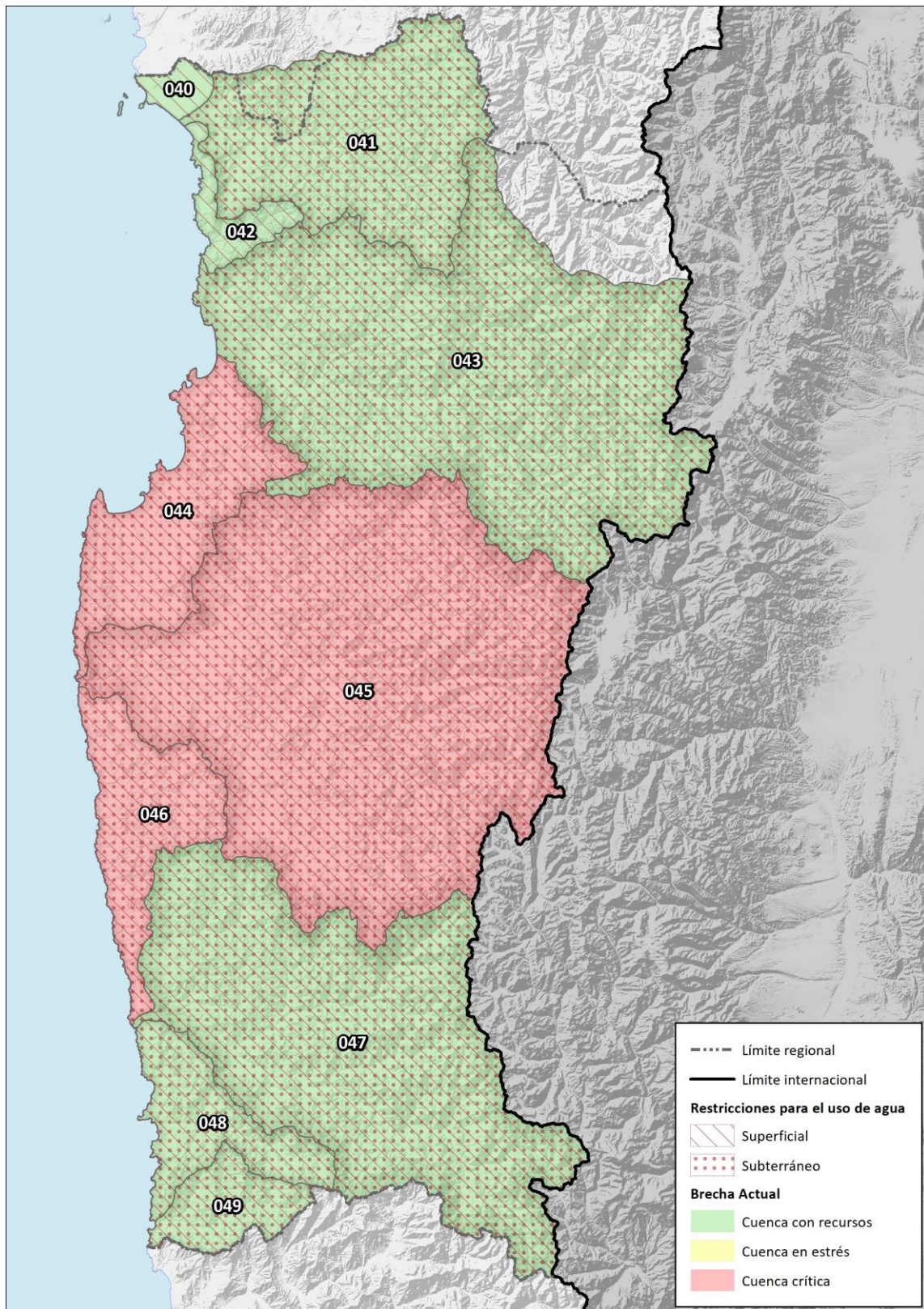
Finalmente, las dos (2) cuencas restantes, Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros (código BNA 040) y Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui (código BNA 042), si bien fueron clasificadas como **cuencas con recursos** dado que su demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%, actualmente poseen restricciones para aguas superficiales (ver Figura 4.1-2), por lo que finalmente se reclasifican a **cuencas en estrés** (ver Tabla 4.1-1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 045

⁹ BNA 041 Río los Choros; BNA 043 Río Elqui; BNA 047 Río Choapa; 048 Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí; BNA 049 Río Quilimarí



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-2 Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Coquimbo

Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de Coquimbo

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	En estrés	Con recursos	Con recursos	Con recursos
041	Río los Choros	Crítica	Con recursos	Con recursos	Con recursos
042	Costeras entre R. Los Choros y R. Elqui	En estrés	Con recursos	Con recursos	Con recursos
043	Río Elqui	Crítica	Con recursos	Con recursos	Con recursos
044	Costeras entre Elqui y Limarí	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
045	Río Limarí	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
046	Costeras entre R. Limarí y R. Choapa	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
047	Río Choapa	Crítica	Con recursos	Con recursos	Con recursos
048	Costeras entre R. Choapa y R. Quilimarí	Crítica	Con recursos	Con recursos	Con recursos
049	Río Quilimarí	Crítica	Con recursos	Con recursos	Con recursos

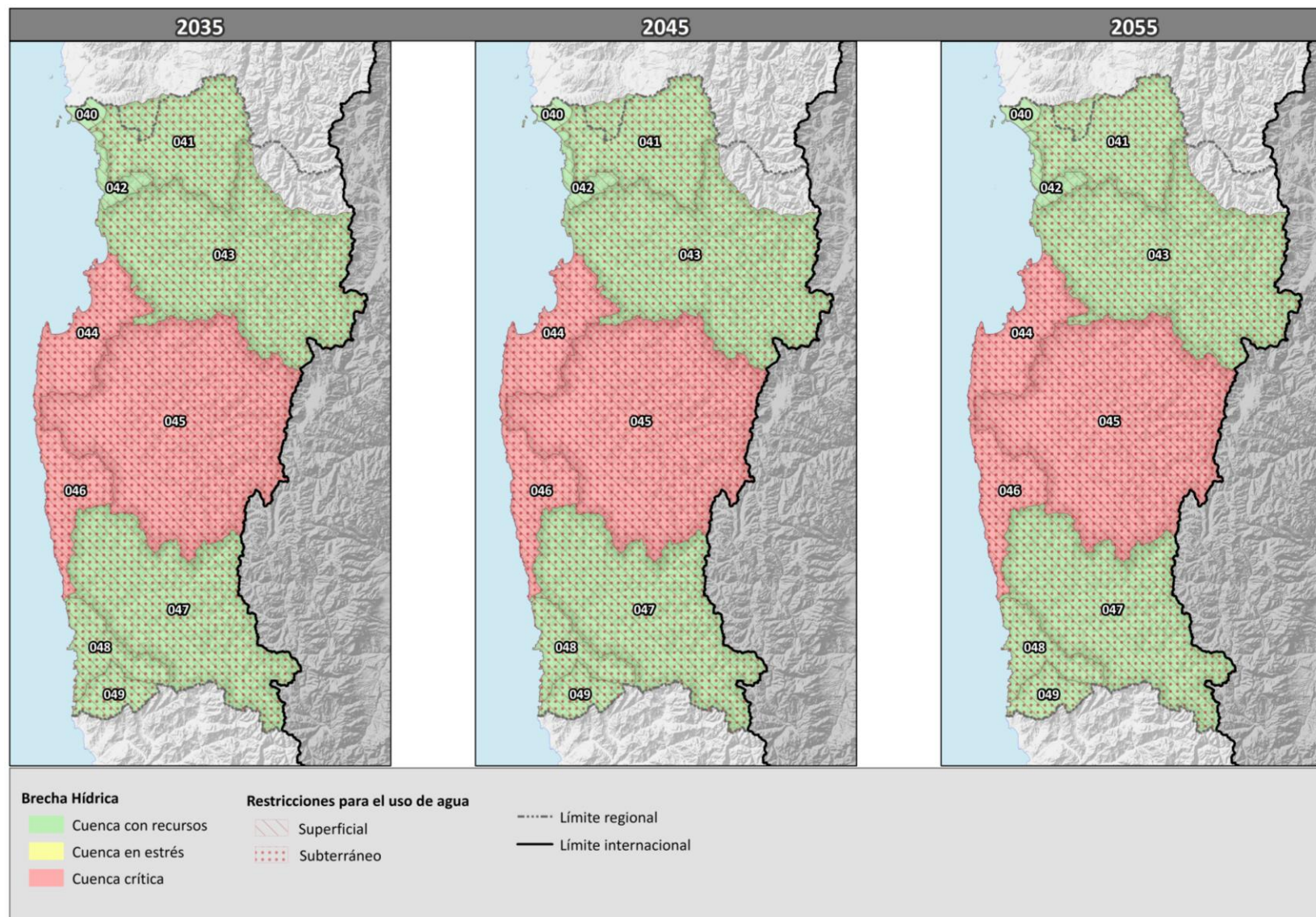
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que todas las cuencas se encuentran en una situación de estrés o crítica al año 2025, pero donde la mayoría mejora en las ventanas futuras. Este mejoramiento se debe a que, según el balance hídrico de la cuenca, el estado de las cuencas es con recursos, pero que si se consideran las restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales están en todas las cuencas de la región), la situación es crítica. Estas restricciones no son proyectables a las ventanas lejanas, por lo que se pasa de una situación crítica a con recursos en diversas cuencas, lo que se puede ver en la Figura 4.1-3.

Sin embargo, a pesar de lo anterior es importante mencionar que gran parte de los recursos hídricos utilizados en las cuencas corresponden a recursos subterráneos, los que permiten acortar la brecha hídrica de interpretar solo el cruce de oferta y demanda. En este sentido, existe una brecha de información en varias de estas cuencas, donde no existe un estudio específico que defina la magnitud de las recargas en ellas. Además, es importante destacar que muchas de estas cuencas han experimentado diversas sequías intensas desde el año 2014, lo que puede no verse reflejado en un análisis de caudales que considera el periodo 1985-2015.

En vista de lo presentado anteriormente, es posible decir que hay cuencas que presentan brechas de información para el completo entendimiento de la situación hídrica. Mientras que, del resto de cuencas, se visualiza una situación más crítica en lo que respecta a recursos hídricos en las cuencas del Río Limarí (Código BNA 045) y Costeras entre Elqui y Limarí (Código BNA 044). Esta selección se realizó considerando aquellas cuencas que cuentan con alguna estimación de la recarga subterránea, la situación hídrica futura sea crítica y que posean magnitudes de oferta y demanda de agua representativas, tal que su situación sea importante

a nivel regional. Los resultados muestran que la zona del río Limarí es la más crítica de la región si se considera el periodo 1985-2015 como referencia, mientras que, dada la mega sequía que ha experimentado esta zona, es posible que otras cuencas pasarían a un nivel de estrés si se considerarán los últimos años, lo que representaría una brecha de información.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-3 Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Coquimbo

4.2 BRECHAS ESTRATÉGICAS

De acuerdo a lo definido en la metodología para el presente estudio (Anexo B del Informe Nacional) se incluirán las siguientes brechas estratégicas:

- Brechas de información: brechas existentes que limiten la caracterización de la cuenca en los siguientes aspectos: ambiental, climáticos, hidrológicos, hidrogeológicos, calidad de aguas, infraestructura, nuevas fuentes existentes, coordinación y gestión hídrica.
- Brechas para la seguridad hídrica: corresponden a los desafíos de seguridad hídrica regional relacionados directa o indirectamente a la disponibilidad de agua, que dificulta el cumplimiento de los objetivos de seguridad hídrica. Las brechas estarán diferenciadas de acuerdo a las dimensiones de seguridad hídrica:
 - i) seguridad hídrica para el consumo humano, la salud y subsistencia,
 - ii) seguridad hídrica para el desarrollo económico,
 - iii) seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas, y
 - iv) seguridad hídrica que promueva la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación.

4.2.1 Brechas de Información

A continuación, se presentan algunas de las brechas de información identificadas durante el diagnóstico. Estas pueden estar vinculadas a información hídrica para la caracterización física de la región, las estimaciones de oferta-demanda o la caracterización de infraestructura.

i. Para caracterización de infraestructura

- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 33% y 38% de las viviendas rurales regional.
- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de alrededor de un 33% de la población rural regional.
- No se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre un 34% y 40% de la población rural regional.
- No existen estudios o planes de reúso de aguas servidas.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable y alcantarillado en las áreas rurales de la región, ya que los indicadores presentan sesgo de información al dejar a comunas fuera de análisis.
- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS

presenta información de saneamiento, pero los catastros se encuentran restringidos a aquellos SSR que poseen tarificación.

- No existen catastros de SSR actualizados y generalizados para la región, que contengan la información necesaria para identificar concretamente el porcentaje de población rural con acceso a agua potable y alcantarillado
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos
- Déficit de red hidrométrica operativa y consolidada
- Carencia de conocimientos y métodos de implementación de soluciones basadas en ecosistemas para adaptarse al cambio climático (Santis, 2016).
- Se identifica una serie de brechas de información entorno al funcionamiento y gestión de las obras de acumulación de aguas, lo que repercute en el mal funcionamiento y distribución del recurso hídrico.
- No se cuenta con información actualizada sobre el estado de los canales de riego, lo cual podría llevar a una subestimación de la demanda hídrica.
- No se dispone de información detallada respecto al volumen embalsado de todos los embalses de la región. Esta falta de datos dificulta la evaluación precisa de la capacidad de almacenamiento hídrico disponible, así como la planificación efectiva para el manejo del recurso hídrico y la prevención de posibles crisis hídricas.
- No se cuenta con información sobre calidad de aguas en las cuencas costeras e islas entre la Tercera Región y Q. Los Choros (Código BNA: 040), Río Los Choros (Código BNA: 041), costeras entre R. Los Choros y Río Elqui (Código BNA: 042), Costeras entre Río Limarí y Río Choapa (Código BNA: 046) y costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí (Código BNA: 048).

ii. Para caracterización de oferta-demanda

- Desconocimiento de los titulares de DAA.
- Déficit de estaciones y metodologías de muestreo de calidad de aguas.
- Bajo nivel de integración de datos e información proveniente del sector público y privado.
- Carencia de protocolo de validación de información proveniente de distintas fuentes, ya sea público o privado
- Se identifica déficit de estudios hidrogeológicos actualizados y de modelación de las cuencas de la región lo que permite conocer la disponibilidad hídrica, mejorar su distribución y uso considerando los niveles actuales de la cantidad del recurso en una situación de cambio climático y déficit hídrico.
- Falta de estudios con estimaciones de recarga
- GCM seleccionado como escenario desfavorable no permite realizar todos los análisis. Además, existen limitaciones en estos GCM, aclarados en el mismo estudio que los realizó.

- Se reconoce una carencia de datos sobre los consumos reales de agua por parte de los principales sectores productivos en la región. Esta falta de información no solo dificulta la estimación de la demanda actual de agua, sino también dificulta la capacidad de proyectar de manera adecuada las necesidades futuras.

4.2.2 Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia

En esta dimensión, el análisis se centró en garantizar el acceso equitativo y suficiente al agua potable y a servicios de saneamiento para las personas, con un enfoque en las necesidades básicas de consumo humano. Las brechas identificadas se relacionaron con la cobertura insuficiente de estos servicios, la falta de infraestructura y las dificultades para asegurar un suministro adecuado.

La evaluación de brechas estratégicas se inició con la definición de objetivos específicos regionales basados en una revisión exhaustiva de antecedentes locales y nacionales sobre la gestión hídrica y sus desafíos. Luego, a partir de dichos objetivos se identificaron brechas estratégicas específicas, las que son complementadas con información hídrica, ambiental y socio-económica, asegurando una integración de los desafíos regionales con los contextos de mayor escala.

Para analizar las brechas identificadas, se desarrollaron indicadores específicos. Estos indicadores fueron seleccionados con base en los objetivos y necesidades particulares de la región, y sus rangos fueron establecidos en función de la información disponible en la justificación regional. Finalmente, se establecieron niveles de criticidad para cada indicador, utilizando una escala donde *alta criticidad* se asignó con un valor de 4, *criticidad media* con 2, y *baja criticidad* con 1. Esta clasificación permitió evaluar las cuencas hidrográficas según su vulnerabilidad y necesidades de intervención, conforme a cada dimensión de seguridad hídrica evaluada.

En la Tabla 4.2-1 y la Tabla 4.2-2 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas.

Tabla 4.2-1 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Coquimbo

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río Los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
Se demuestran periodos de sobreexplotación de recursos hídricos rurales de un 13,09%. Paradójicamente, se estima además que entre el 14,7% y el 23% de la población rural no accede al agua potable, contando con una brecha de información de entre un 33,3% y un 38,8% del total de viviendas rurales de la región (ver acápite 3.1.1.4i)	Población de localidades rurales desconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales.	Porcentaje de cobertura de la red de agua potable rural respecto del total de viviendas de la cuenca.	Cobertura menor a o igual a 70% Cobertura mayor a 70% y menor a 85% Cobertura mayor o igual a 85	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Se estima que entre un 38,5% y 39,1% de la población rural no posee acceso a alcantarillado. Además, se presenta una brecha de información de entre el 34% y el 40,2% (ver acápite 3.1.1.4 ii)	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados	Falta de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Falta de medidas efectivas para resolver los problemas operacionales identificados en los SSR y mantener la operación del servicio ante demandas crecientes.	Porcentaje de cobertura de la población saneada por alcantarillado rural o urbano respecto al total de la población de la comuna.	Cobertura menor a o igual a 30% Cobertura mayor a 30% y menor a 50% Cobertura mayor o igual a 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
La proyección de la población rural de áreas con APR presenta un incremento en la población rural de un 22% para las cuencas Costeras e Islas entre Tercera región y Quebrada Los Choros (código BNA 040) para el año 2055 respecto de la población actual, le siguen las cuencas Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (código BNA 042) con un 17% y las cuencas del Río Limarí (código BNA 045) y Río Choapa (código BNA 047) con un 16%. El resto de las cuencas presentan una proyección entre el 12% y el 13% para el año 2055 respecto a la población actual. La proyección de población para las áreas sin presencia de APR, presenta un aumento del 22% al 2055 en las cuencas Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (código BNA 042), Río Elqui (código BNA 043), cuencas Costeras entre Elqui y Limarí (código BNA 044), Río Limarí (código BNA 045), cuencas Costeras entre Río Limarí y Río Choapa (código BNA 046) y Río Choapa (código BNA 047). (ver Acápite 2.2.2)	Aumento de la demanda de agua potable en áreas sin planificación y sin disponibilidad suficiente.	Falta de estrategias para enfrentar la disminución sostenida de la fuente primaria de agua, proveniente de las aguas superficiales y subterráneas, y para asegurar la demanda actual y futura del recurso hídrico.	Tasa de migración en las comunas de la región (x1000)	Migración neta mayor o igual a 10, Migración neta menor a 10 y mayor a 0, Migración neta menor o igual a 0	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
El mayor número de clientes de APU corresponde a clientes residenciales (96,24%), los que presentaron un incremento promedio de 0,01% en los últimos 10 años, mientras que para el periodo 2021-2022 la tasa de crecimiento promedio fue de 0,02% En base al comportamiento de la última década y las proyecciones de población del censo de población y vivienda, se observa un aumento de clientes y consumo de agua potable urbana en la región. Bajo la condición de sequía extrema que se vive en Coquimbo, es una situación que genera gran incertidumbre en cuanto a la garantía de la cobertura del recurso hídrico, más aún cuando en la actualidad ya existen 4 áreas urbanas abastecidas por camiones aljibe.	Aumento de la demanda de agua potable urbana asociada a un incremento de la población		Tasa de crecimiento Demanda Urbana promedio por cuenca ((Dda35 - Dda25)/Dda25) (acápite 2.2.1)	Alta Criticidad = Tasa de crecimiento mayor a 8% Alta Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 8% y mayor a 4% Baja Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	N/A	4	4	4	N/A	2	2	2

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 29% a nivel regional; las pérdidas más altas se registraron en la localidad de Guanaqueros, Sotaqui y Peralillo de Vicuña (más de un 40% de pérdidas), mientras que solo las localidades de La Serena, Canela Alta, Totalillo, Pichidangui y Combarbalá se mantuvieron bajo un 20% de pérdidas. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)	Falta de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales.	Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Perdidas mayor o igual a 40% Pérdidas menor a 40 y mayor a 20% Pérdidas menor o igual a 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	N/A	2	2	2	N/A	2	2	1
Dentro de la región de Coquimbo, actualmente operan dos (2) plantas desaladoras para abastecimiento de agua potable en la comuna de Ovalle, denominadas Talcaruca y El Sauce, Ambas plantas fueron financiadas por SUBPESCA y poseen una capacidad de 8,000 litros/día cada una. Existe además una planta proyectada cuyos fondos han sido recientemente otorgados por SUBPESCA, denominada Totalillo Centro, abasteciendo a dicha comunidad (DGA, 2022b). Actualmente se cuenta con el anuncio de una planta desaladora multipropósito a cargo del MOP en el sector El Panul, Coquimbo, no obstante, se encuentra en periodo de licitación. (ver acápite 3.1.1.6 iii) Según los antecedentes revisados dentro de la región de Coquimbo no se tienen registros que den cuenta de infraestructura para la reutilización de aguas servidas. Las aguas residuales de la red de Agua Potable Urbana y Agua Potable Rural, vuelven a los cursos de agua y en algunos casos a través de emisarios al mar. El reúso de estas aguas con el debido tratamiento puede incluso utilizarse para el abastecimiento de agua potable indirecto. (ver acápite 3.1.1.6 v)	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Falta de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas en áreas urbanas y rurales, lo que impide la reducción de la vulnerabilidad de las personas ante riesgos socio-naturales. Insuficiencia en la identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos, lo que dificulta el manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua.	Uso de fuentes no convencionales de agua en consumo humano	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales para consumo humano Se planifica la implementación de proyectos públicos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica

Esta dimensión abordó la relación entre el uso del recurso hídrico y las actividades productivas clave en la región. El enfoque principal fue identificar las brechas en la eficiencia hídrica en estos sectores. Las brechas se centraron en la necesidad de mejorar el uso eficiente del agua en los procesos productivos y en asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades económicas.

La evaluación de brechas estratégicas se inició con la definición de objetivos específicos regionales basados en una revisión exhaustiva de antecedentes locales y nacionales sobre la gestión hídrica y sus desafíos. Luego, a partir de dichos objetivos se identificaron brechas estratégicas específicas, las que son complementadas con información hídrica, ambiental y socio-económica, asegurando una integración de los desafíos regionales con los contextos de mayor escala.

Para analizar las brechas identificadas, se desarrollaron indicadores específicos. Estos indicadores fueron seleccionados con base en los objetivos y necesidades particulares de la región, y sus rangos fueron establecidos en función de la información disponible en la justificación regional. Finalmente, se establecieron niveles de criticidad para cada indicador, utilizando una escala donde *alta criticidad* se asignó con un valor de 4, *criticidad media* con 2, y baja criticidad con 1. Esta clasificación permitió evaluar las cuencas hidrográficas según su vulnerabilidad y necesidades de intervención, conforme a cada dimensión de seguridad hídrica evaluada.

En la Tabla 4.2-3 y la Tabla 4.2-4 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas.

Tabla 4.2-3 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Coquimbo

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
En la región de Coquimbo, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 69%. Esta eficiencia varía entre un 79% y un 58%, siendo la cuenca del río Elqui la que presenta el valor más alto, y la cuenca del río Choapa el valor más bajo. Esta disparidad en la eficiencia de aplicación de riego, entre cuencas, sugiere la necesidad de promover mejoras en la gestión del agua, con el fin de aumentar la productividad de los cultivos y mitigar los impactos del cambio climático (mayor detalle en el Anexo 05.02).	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas	Insuficiencia en el fomento de prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua y en el desarrollo de tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 60% 60% < Eficiencia de riego < 70% Eficiencia de riego ≥ 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	1	1	2	2	4	2	1
En la región de Coquimbo se identifican 4.526 km de canales, distribuidos principalmente entre las cuencas del río Limarí, que abarca el 52% del total, la cuenca del río Choapa, que representa el 23% y la cuenca del río Elqui, con el 20%. En otras cuencas de la región, la presencia de canales es menor o inexistente. Es fundamental mantener estos canales para minimizar las pérdidas de agua por filtración y evaporación, lo que a su vez mejora la eficiencia en la distribución del recurso hídrico (mayor detalle en Anexo 05.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego		Longitud total de canales de riego	Concentra más del 50% de los canales de la región. Concentra entre el 15 y el 50% de los canales de la región. Concentra menos del 15% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	1	4	1	2	1	1
Según la tendencia histórica, se estima que la demanda hídrica agrícola en la región de Coquimbo aumentará en un 24% para el año 2055. Se destaca que los frutales son los mayores consumidores de agua tanto en las proyecciones iniciales (2025) como en las finales (2055), con una demanda de 588.244 millones de metros cúbicos por año en 2025 y una tendencia al alza hasta alcanzar los 841.800 millones de metros cúbicos por año en 2055, lo que equivale a un aumento del 43% en la demanda hídrica. Esto confirma que los frutales se posicionan como el cultivo con la mayor necesidad de agua. Considerando estas proyecciones, resulta necesario promover la investigación y el desarrollo de cultivos más resistentes a la sequía y menos dependientes del riego (mayor detalle en acápite 2.2.3 del estudio).	Aumento de la demanda de agua para riego debido a superficies de cultivo con uso intensivo de agua	Insuficiencia en el fomento de prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua y en el desarrollo de tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2025-2055)	Aumento de la demanda agrícola ≥ 100% 45% < Aumento de la demanda agrícola < 100% Aumento de la demanda agrícola ≤ 45%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	2	1	1	4	4	4	4	1	1
En la región de Coquimbo, actualmente se encuentran identificadas Juntas de Vigilancia (JV), Comunidades de Aguas (CA) y Asociaciones de Canalistas (AC). No se ha identificado la presencia de Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS). Estas Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs) están ubicadas en las cuencas Río Elqui, Río Limarí, Río Choapa, Costeras entre Elqui y Limarí, Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí y Río Quilimarí. En cuanto a las demás cuencas, no se han detectado OUAs.	Descoordinación entre las instituciones con atribuciones en la gestión del agua de la cuenca (Juntas de vigilancia, organizaciones de usuarios, organismos del Estado, etc.).	-	Presencia de OUAs	No hay presencia de OUAs o solo CA/AC Presencia de CAS o JV Presencia de JV y CAS	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	4	2	4	2	4	4

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2-4 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
En la región de Coquimbo, la minería es la actividad económica predominante. Se estima que para el año 2055, la demanda de agua en este sector aumentará en un 23% respecto a los niveles del año 2025. Ante este panorama, resulta imprescindible implementar tecnologías innovadoras y eficientes para una gestión sostenible del recurso hídrico (mayor detalle en acápite 2.2.5 del estudio).	Déficit de modernización de tecnologías y optimización del uso a través de equipos y procesos para la eficiencia hídrica en la producción minera e industrial	Insuficiencia en el fomento de prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua y en el desarrollo de tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua.	Variación porcentual de la demanda hídrica del principal sector productivo (mayor aporte de PIB Regional) (Sector minero, periodo 2023-2055)	Aumento de la demanda minera ≥ 25% 15 < Aumento de la demanda minera < 25% Aumento de la demanda minera ≤ 15%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	2	1	4	4	1	1
En la región de Coquimbo, se identifican ocho grandes embalses: Puclaro y La Laguna en la cuenca del río Elqui, Recoleta, La Paloma y Cogoti en la cuenca del río Limarí, y El Bato, Corrales y Culimo en la cuenca del río Choapa. En conjunto, estos embalses tienen una capacidad total de almacenamiento de 1.305 millones de metros cúbicos. Hasta febrero de 2023, los niveles de almacenamiento variaban, alcanzando un 21% en la cuenca del río Elqui, un 20% en la del río Choapa y solo un 11% en la del río Limarí. Estos datos resaltan la importancia de diversificar las fuentes de agua y planificar la gestión del recurso hídrico a largo plazo (mayor detalle en el acápite 3.1.1.1 del estudio).	disminución de aportes superficiales a grandes obras de acumulación (embalses)	Insuficiente gestión integrada de cuencas hidrográficas que garantice el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en zonas de escasez.	Nivel de almacenamiento	No se identifican embalses o nivel de almacenamiento ≤ 40% 40 % < Nivel de almacenamiento < 60% Nivel de almacenamiento ≥ 60%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
En la región de Coquimbo se identifica la presencia de obras multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales y también proyectos futuros. Estos corresponden a recarga de acuífero, desaladoras y aguas lluvias y se localizan en cuatro cuencas de la región. En el resto de las cuencas no se identifican obras en funcionamiento o proyectos futuros (mayor detalle en acápite 3.1.1.6 del estudio).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el desarrollo de actividades productivas a escalas relevantes	Ausencia de infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente frente al cambio climático, afectando la capacidad de asegurar la disponibilidad de agua en áreas vulnerables.	Presencia de obras multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales. Se planifica la implementación de proyectos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales. Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	1	1	4	2	4	4

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas

En esta dimensión, la atención se enfocó en el equilibrio entre el uso del agua y la protección de los ecosistemas naturales, especialmente en áreas de alta biodiversidad y valor ambiental. Las brechas se identificaron en relación con la conservación de los caudales ecológicos, la preservación de humedales. El objetivo fue garantizar que el uso del agua no comprometa la integridad de los ecosistemas acuáticos y terrestres en la región.

La evaluación de brechas estratégicas se inició con la definición de objetivos específicos regionales basados en una revisión exhaustiva de antecedentes locales y nacionales sobre la gestión hídrica y sus desafíos. Luego, a partir de dichos objetivos se identificaron brechas estratégicas específicas, las que son complementadas con información hídrica, ambiental y socio-económica, asegurando una integración de los desafíos regionales con los contextos de mayor escala.

Para analizar las brechas identificadas, se desarrollaron indicadores específicos. Estos indicadores fueron seleccionados con base en los objetivos y necesidades particulares de la región, y sus rangos fueron establecidos en función de la información disponible en la justificación regional. Finalmente, se establecieron niveles de criticidad para cada indicador, utilizando una escala donde *alta criticidad* se asignó con un valor de 4, *criticidad media* con 2, y baja criticidad con 1. Esta clasificación permitió evaluar las cuencas hidrográficas según su vulnerabilidad y necesidades de intervención, conforme a cada dimensión de seguridad hídrica evaluada.

En la Tabla 4.2-5 y Tabla 4.2-6 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y su clasificación para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha.

Tabla 4.2-5 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Coquimbo

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
En la Región de Coquimbo, los valles de Elqui, Limarí y Choapa son fundamentales para la producción agrícola. Sin embargo, el manejo deficiente de agroquímicos en estas áreas puede conducir a la contaminación del agua y del suelo, comprometiendo la salud ambiental y de las comunidades.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	Insuficiencia en la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, lo que limita la capacidad de mejorar la calidad de agua para consumo humano y riego.	Calidad de agua respecto a la presencia del parámetro boro, arsénico, cloruros, sulfatos u otros (acápite 2.3.3)	Alta criticidad: Presencia de al menos dos elementos en altas cantidades (Boro / Arsénico / Cloruros / Sulfatos) Media criticidad: Presencia de al menos un elemento en altas cantidades (Boro / Arsénico / Cloruros / Sulfatos). Baja criticidad: Sin presencia de elementos evaluado.	Alta =4 Media =2 Baja =1	s/i	s/i	s/i	4	4	4	s/i	2	s/i	s/i
El deterioro de la calidad de agua debido a las descargas de aguas servidas en el área urbana y rural es una situación que se agrava con la escasez hídrica de la región. La escasez de agua en la región de Coquimbo, exacerbada por la actividad minera y agrícola, afecta directamente la calidad del agua disponible en los principales centros urbanos como La Serena y Coquimbo.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Insuficiencia en la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, lo que limita la capacidad de mejorar la calidad de agua para consumo humano y riego.	Cobertura de alcantarillado	70% de cobertura o inferior=Alta criticidad. 70 al 90%=Media criticidad. Sobre el 90%=Baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	2	4	2	4	4
La Región de Coquimbo tiene una importante actividad minera, concentrada en cuencas como la del Río Elqui y el Valle de Choapa. Esta actividad genera una significativa demanda hídrica y un elevado riesgo de contaminación de las aguas. Con la información existente sobre los relaves mineros en desuso o abandonados en la región, se evaluará la brecha para determinar su potencial impacto en los recursos hídricos, especialmente ante la ocurrencia de eventos hidroclimáticos extremos.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones	Insuficiencia en la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, lo que limita la capacidad de mejorar la calidad de agua para consumo humano y riego.	Combinación entre Relaves en desuso en la Cuenca y Efluentes Industriales que generan alerta de contaminación de acuerdo a las fiscalizaciones	Mas de 10 relaves abandonados o efluentes reportados=Alta criticidad. Entre 5 a 10 relaves o efluentes reportados= Media criticidad. Menor a 5 relaves abandonados o efluentes reportados =Baja criticidad.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1
La Región de Coquimbo enfrenta una fuerte presión sobre sus ecosistemas acuáticos debido al cambio de uso de suelo y la expansión de actividades agrícolas e industriales. La variabilidad climática y los cambios en los flujos hidrológicos afectan negativamente la calidad del agua y la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos de la región, como en las cuencas del río Aconcagua y en las zonas costeras.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Falta de protección de la biodiversidad que equilibre la conservación de los ecosistemas acuáticos con la seguridad hídrica para consumo humano y producción sostenible.	Nivel de cambio de uso de suelo basado en observaciones y análisis cualitativo de los mapas disponibles.	Alta criticidad: Observación de un cambio significativo y extenso de suelo natural a usos antropogénicos (ej. grandes áreas de deforestación, urbanización masiva). Media criticidad: Observación de un cambio moderado de suelo natural a usos antropogénicos (ej. expansión agrícola, crecimiento urbano moderado). Baja criticidad: Observación de un cambio leve o nulo de suelo natural a usos antropogénicos (ej. áreas protegidas, conservación predominante).	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	1	4	1	2	1	2	1	1
La ausencia de normas secundarias de calidad ambiental en las aguas superficiales no permite que se restablezca la calidad de las aguas en cuerpos lacustres y humedales afectados por la eutrofización. Para una gestión sostenible, es fundamental avanzar en normativa específica en protección ambiental, especialmente en regiones como Coquimbo, donde la escasez de agua y la presión agrícola intensifican la degradación de los ecosistemas acuáticos.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas superficiales	Carencia de un conocimiento exhaustivo de las fuentes contaminantes que impide la mejora de la calidad de las aguas destinadas al riego mediante la implementación efectiva de medidas de mitigación. Falta de modelos de gobernanza colaborativa entre el sector público, privado y la ciudadanía que fortalezcan la seguridad hídrica en las cuencas.	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2-6 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Coquimbo (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
La región de Coquimbo enfrenta desafíos hídricos significativos debido a la aridez y la dependencia de los acuíferos. La ausencia de normas secundarias para la protección de las aguas subterráneas aumenta el riesgo de contaminación, afectando tanto a las actividades agrícolas como al abastecimiento de agua potable.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas (OCDE, 2016)	Carencia de un conocimiento exhaustivo de las fuentes contaminantes que impide la mejora de la calidad de las aguas destinadas al riego mediante la implementación efectiva de medidas de mitigación. Falta de modelos de gobernanza colaborativa entre el sector público, privado y la ciudadanía que fortalezcan la seguridad hídrica en las cuencas.	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2
En la Región de Coquimbo, el monitoreo de calidad de las aguas enfrenta desafíos relacionados con la falta de recursos y tecnología adecuada. Las limitaciones en infraestructura y capacidad técnica dificultan una vigilancia continua y efectiva de los cuerpos de agua.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Falta de estaciones de medición fluviométricas, meteorológicas y de calidad de agua a lo largo de las cuencas, lo que afecta la capacidad de asegurar mediciones consistentes y en tiempo real.	Número de parámetros monitoreados, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas (se seleccionan los últimos 6 años de periodo). Complementado con número de estaciones fluviométricas.	Alta criticidad: Menos de 20 parámetros monitoreados y sin estaciones fluviométricas Media criticidad: Más de 20 y menos de 40 parámetros monitoreados o con estaciones fluviométricas Baja criticidad: Más de 40 parámetros monitoreados	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	4	2	4	2	2	4
En la Región de Coquimbo, la capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad del agua se ha visto reducida por la insuficiencia del caudal ambiental necesario para mantener los humedales ribereños y otras áreas naturales que son cruciales para la regulación y purificación del agua.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos	Carencia de integración de componentes de servicios ecosistémicos en políticas sectoriales para sensibilizar sobre su valor y protección, afectando la protección, restauración, reparación y remediación de los ecosistemas. Insuficiencia en la incorporación de reglas y planes especiales en la planificación territorial para proteger bordes lacustres, fluviales, canales y humedales, lo que limita su uso como corredores urbanos para regular el clima y conservar la biodiversidad.	Indicador Compuesto de Calidad de Agua y Protección de Humedales	Alta Criticidad (4): Indicador Compuesto ≥ 3.5 Media Criticidad (2): $1.5 \leq$ Indicador Compuesto < 3.5 Baja Criticidad (1): Indicador Compuesto < 1.5	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	4	N/A	4	4	4	4	4	4	4
La región de Coquimbo alberga humedales importantes como el humedal de la desembocadura del río Elqui, que son cruciales para la regulación del agua, la retención de sedimentos y la conservación de la biodiversidad. La insuficiencia del caudal ambiental y la expansión urbana están llevando a una degradación significativa de estos ecosistemas, afectando su capacidad para proporcionar servicios ecológicos vitales.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	Carencia de integración de componentes de servicios ecosistémicos en políticas sectoriales para sensibilizar sobre su valor y protección, afectando la protección, restauración, reparación y remediación de los ecosistemas. Insuficiencia en la incorporación de reglas y planes especiales en la planificación territorial para proteger bordes lacustres, fluviales, canales y humedales, lo que limita su uso como corredores urbanos para regular el clima y conservar la biodiversidad.	Cobertura de Protección de humedales = Superficie de Humedales Protegidos / Superficie Total de Humedales en la Cuenca. Considera cualquier tipo de Humedal informado en shape oficial de Ministerio de Medio Ambiente.	Alta Criticidad (4): Protección $< 5\%$ Media Criticidad (2): Protección entre 5% y 25% Baja Criticidad (1): Protección $\geq 25\%$	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	1	N/A	2	4	4	4	4	2	4

N/A: Evaluación de la brecha no aplica a la cuenca. s/i: La cuenca no cuenta con suficiente información para evaluar el indicador.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Brechas para la seguridad hídrica que promueva la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación

En esta dimensión, el foco estuvo en la capacidad de las cuencas hidrográficas para enfrentar amenazas relacionadas con el cambio climático y eventos extremos, como sequías prolongadas, inundaciones o episodios de contaminación. Las brechas identificadas se relacionaron con la vulnerabilidad de las cuencas ante estos fenómenos y la necesidad de fortalecer las infraestructuras de almacenamiento y protección. El objetivo fue asegurar la resiliencia de las cuencas frente a eventos futuros y reducir el riesgo de desastres hídricos.

La evaluación de brechas estratégicas se inició con la definición de objetivos específicos regionales basados en una revisión exhaustiva de antecedentes locales y nacionales sobre la gestión hídrica y sus desafíos. Luego, a partir de dichos objetivos se identificaron brechas estratégicas específicas, las que son complementadas con información hídrica, ambiental y socio-económica, asegurando una integración de los desafíos regionales con los contextos de mayor escala.

Para analizar las brechas identificadas, se desarrollaron indicadores específicos. Estos indicadores fueron seleccionados con base en los objetivos y necesidades particulares de la región, y sus rangos fueron establecidos en función de la información disponible en la justificación regional. Finalmente, se establecieron niveles de criticidad para cada indicador, utilizando una escala donde *alta criticidad* se asignó con un valor de 4, *criticidad media* con 2, y baja criticidad con 1. Esta clasificación permitió evaluar las cuencas hidrográficas según su vulnerabilidad y necesidades de intervención, conforme a cada dimensión de seguridad hídrica evaluada.

En la Tabla 4.2-7 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas.

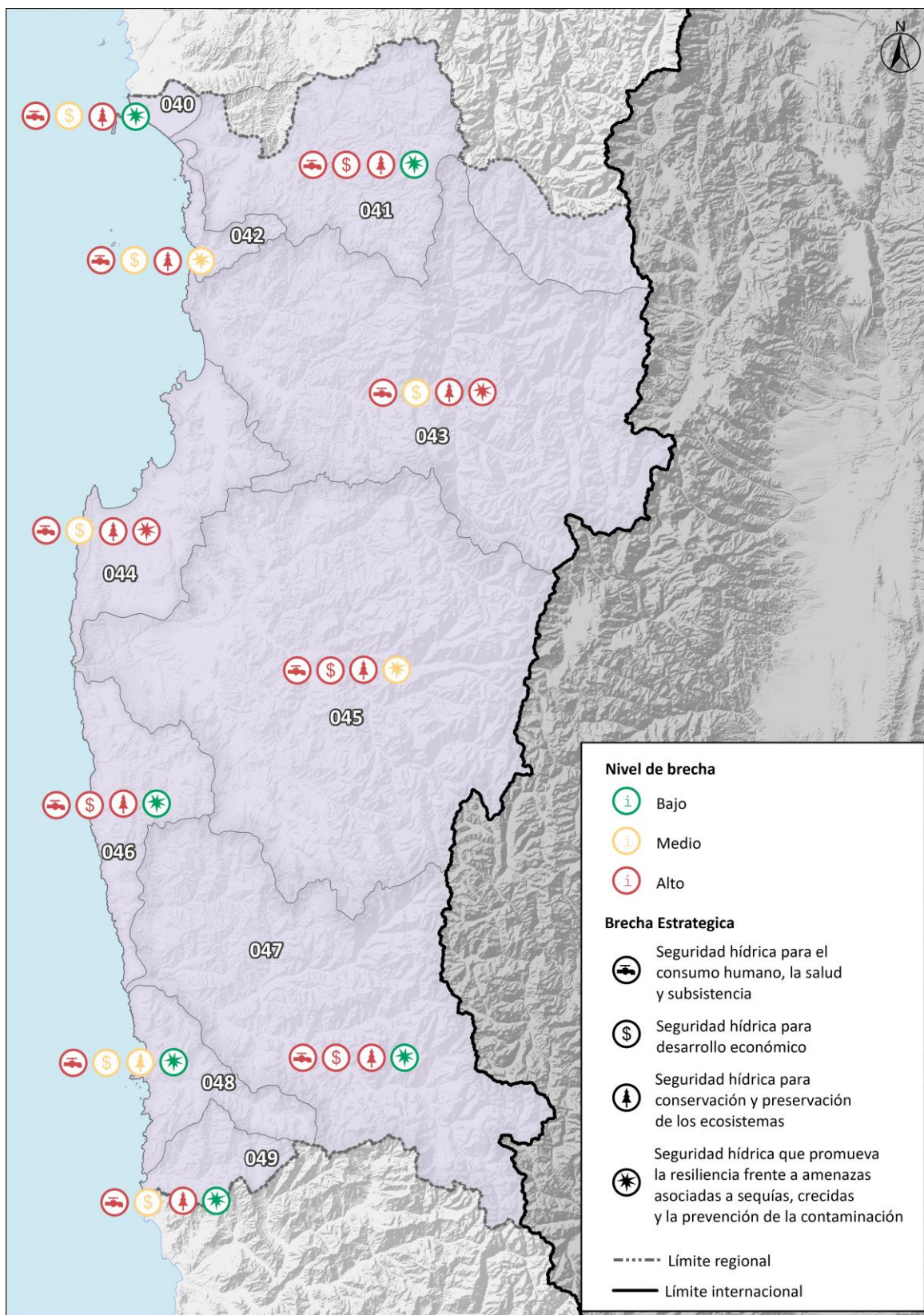
Tabla 4.2-7 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Coquimbo

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada de Los Choros	Río los Choros	Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui	Río Elqui	Costeras entre Elqui y Limarí	Río Limarí	Costeras entre Río Limarí y Río Choapa	Río Choapa	Costeras entre Río Choapa y Río Quilimarí	Río Quilimarí
Si bien se observan planes de riesgos de desastre, incendios, tsunami y remoción en masa. No se identifican dentro de la región planes maestros de aguas lluvias. Por otra parte, solo se presenta un "plan de invierno" de la empresa sanitaria Aguas del Valle, que consiste en la mantención de la red de alcantarillado para evitar la obstrucción y riesgo de rebases de agua servida (SISS, 2019).	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Falta de un sistema integral de infraestructura resiliente que incorpore políticas y servicios diseñados desde su inicio para mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápite 2.3.2). Se incluye la existencia de Planes Maestros de Aguas Lluvias	Variación porcentual sobre 30% o Cuenta con Planes Maestros de Aguas Lluvias Variación porcentual entre 10 y 30% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 10% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	4	1	1	1	2	2
Dentro de la región solo existen obras de infraestructura de defensa fluvial en base a gaviones para disminuir el impacto de riadas o avalanchas sobre centros poblados o infraestructura, aun así, se presencian inundaciones y pérdida de abastecimiento de agua rural en algunas localidades.	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Carencia de soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura verde que complemente las tradicionales (grises), afectando la capacidad para garantizar la seguridad territorial frente a fenómenos naturales como navales extremos, precipitaciones intensas y transporte de sedimentos.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca. Se incluye la ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp o Ocurrencia u Ocurrencia Histórica (Inundación o Aluvión) Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	2	4	4	4	1	1	1	1
Dentro de la región solo existen obras de infraestructura de defensa fluvial en base a gaviones para disminuir el impacto de riadas o avalanchas sobre centros poblados o infraestructura, aun así se presencian inundaciones y pérdida de abastecimiento de agua rural en algunas localidades.	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Deficiencia en la implementación de obras de arte necesarias para proteger las aducciones en áreas vulnerables a deslizamientos y quebradas, lo que compromete la mejora de la infraestructura existente y su mantenimiento óptimo y libre de obstrucciones.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	2	4	2	2	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Resumen de brechas estratégicas

En la Figura 4.2-1 se presenta un resumen de las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-1 Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Coquimbo

4.3 BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA

En este acápite se presenta las brechas relativas a las obras de infraestructura hídrica, para lo cual se exponen tres elementos estructurantes que permiten ensamblar y clasificar la información del diagnóstico e infraestructura, conocida como matriz para el contexto de decisión (OAI): primero se presentan las visiones y objetivos estratégicos de la región (O); luego, las acciones que existen para lograr dichos objetivos, presentados a través de los requerimientos actuales y proyectados de infraestructura por tipo de demanda (A); y finalmente, las incertidumbres que pudiesen afectar la implementación de dichas acciones, ya sean legales, institucionales, de planificación, ambientales o socioculturales (I). Finalmente, se describen las interacciones y relaciones entre dichos elementos

4.3.1 Desarrollo matriz OAI

4.3.1.1 Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos estratégicos regionales vinculados a las dimensiones estratégicas a nivel nacional:

- i. Dimensión para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia**
 - Garantizar el derecho humano al agua a través de la implementación de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en todas las comunidades, con un enfoque especial en aquellas situadas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Este objetivo se centrará en asegurar el acceso continuo y sostenible a suministros de agua potable y servicios de saneamiento adecuados, mejorando así la calidad de vida de la población y promoviendo la equidad social y la igualdad de oportunidades. Se pondrá especial énfasis en atender las necesidades de género y la diversidad de contextos territoriales, con el fin de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en la gestión y abastecimiento de agua. Asimismo, se abordará la disminución sostenida de la fuente primaria de agua, proveniente de las aguas superficiales y subterráneas con medidas que permitan asegurar la demanda actual y futura del recurso hídrico. Esto incluirá la mejora de la capacidad de las redes de distribución, la reducción del estrés hídrico domiciliario y la disminución del uso de camiones aljibe para el abastecimiento. También se trabajará en resolver los problemas operacionales identificados en los SSR, manteniendo la operación del servicio ante demandas crecientes.
 - Garantizar la reducción de la vulnerabilidad de las personas ante riesgos socio-naturales mediante el fomento del desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas en áreas urbanas y rurales, con el fin de mejorar el bienestar de la

población, proteger el medio ambiente y generar nuevas fuentes de agua en regiones con escasez hídrica. Este objetivo se centrará en disminuir las brechas sociales y promover la equidad en el acceso a servicios fundamentales como el agua y el saneamiento. Se priorizará la investigación y la identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos para un manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua, velando por su calidad.

- Fomentar una participación activa de la comunidad y del territorio, respaldada por instituciones sólidas y confiables, para definir y supervisar el cumplimiento de los estándares de servicios de infraestructura, garantizando el acceso universal a los mismos. Este objetivo incluye la expansión de la red de seguimiento y monitoreo para obtener información detallada que respalde la toma de decisiones en la gestión y fiscalización del recurso hídrico, asegurando su sostenibilidad y manteniendo los estándares de servicio de la infraestructura, especialmente en situaciones de desastre. Se abordarán los problemas operacionales y administrativos de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR), con especial atención a la precariedad en las fuentes de agua, mejorando la gestión y operación de estos servicios para asegurar su eficacia y sostenibilidad.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Diversificar la matriz hídrica para extender las alternativas multisectoriales de nuevas fuentes de agua, destacando sectores estratégicos como el minero, agroindustrial y de energía verde. Promover el dinamismo económico local a través de la gestión integrada de cuencas hidrográficas, un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, garantizando la disponibilidad de agua en zonas de escasez. Para lograrlo, se implementará infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente frente al cambio climático, utilizando soluciones basadas en la naturaleza para proteger y recuperar fuentes de agua, mejorar servicios ecosistémicos y asegurar un desarrollo equilibrado y sostenible entre zonas urbanas y rurales.
- Desarrollar ventajas tecnológicas ligadas a recursos naturales y la formación de capital humano, promoviendo una transición socioecológica justa para la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel de cuencas. Esto implica fomentar prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua, así como tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua, modernizando sistemas y potenciando usos múltiples para asegurar un balance hídrico sostenible. Además, se busca potenciar los atributos y oportunidades de los territorios rurales mediante incentivos para atraer inversiones, promoviendo la productividad, el emprendimiento y la innovación, con el objetivo de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en materia de gestión y abastecimiento de agua.
- Desarrollar e implementar una infraestructura supranacional innovadora y adaptativa, centrada en la gestión hídrica integral y resiliente, diseñada

específicamente para enfrentar los desafíos del cambio climático global y las dinámicas territoriales variadas. También se propone como meta fortalecer los servicios de infraestructura hídrica, mejorando significativamente la seguridad hídrica de los usuarios pertenecientes al segmento de agricultura familiar campesina. Además, busca promover el desarrollo económico sostenible mediante la implementación de modelos de gestión urbano-ambiental ajustados a cada contexto local, asegurando su continua adaptación y efectividad a largo plazo.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Enfatizar la protección de la biodiversidad, equilibrando la conservación de los ecosistemas acuáticos con la seguridad hídrica para consumo humano y producción sostenible, fomentando el uso sostenible del suelo mediante prácticas de conservación, recuperación y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y erosión. Esto incluye la restauración de bosque nativo y matorral arborescente, y la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, mejorando la calidad de agua para consumo humano y riego, estableciendo metas claras de mejoramiento ambiental en las ciudades para mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales.
- Fomentar modelos de gobernanza colaborativa entre el sector público, privado y la ciudadanía para fortalecer la seguridad hídrica en todas las cuencas del país. Esto incluirá mejorar la gestión y distribución de información hídrica, así como regularizar los derechos de aprovechamiento. Se buscará especialmente mejorar la calidad de las aguas destinadas al riego, mediante un conocimiento exhaustivo de las fuentes contaminantes y la implementación efectiva de medidas de mitigación. Será crucial identificar y mitigar posibles afectaciones por descargas sanitarias, mineras y contaminación agrícola difusa mediante un sistema mejorado de monitoreo. Esto incluirá la instalación de estaciones de medición fluviométricas, meteorológicas y de calidad de agua a lo largo de las cuencas, asegurando mediciones consistentes y en tiempo real.
- Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales en Chile mediante la identificación y caracterización de paisajes naturales y seminaturales. Integrar estos componentes en políticas sectoriales para sensibilizar sobre su valor y protección, facilitando la protección, restauración, reparación y remediación de los ecosistemas. Esto incluirá la incorporación de reglas y planes especiales en la planificación territorial para proteger bordes lacustres, fluviales, canales y humedales, utilizándolos como corredores urbanos para regular el clima y conservar la biodiversidad.

iv. Dimensión para la resiliencia frente a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación

- Desarrollar e implementar un sistema integral de infraestructura resiliente que incorpore políticas y servicios diseñados desde su inicio para mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica. Este sistema promoverá la gestión sostenible del suelo y de los recursos hídricos, anticipándose a riesgos ambientales y sociales, con el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales a condiciones climáticas cambiantes y reducir sus efectos adversos. Se enfatizará en la integración de soluciones basadas en la naturaleza y en infraestructura verde, complementando las tradicionales (grises), para garantizar la seguridad territorial frente a fenómenos naturales como navales extremos, precipitaciones intensas y transporte de sedimentos. Además, se mejorará la infraestructura existente mediante la implementación de obras de arte necesarias para proteger las aducciones en áreas vulnerables a deslizamientos y quebradas, asegurando su mantenimiento óptimo y libre de obstrucciones.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010 – 2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región de Coquimbo (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 127 iniciativas entre 2010 y 2022, distribuidas en conservación de recursos hídricos, consumo humano, desarrollo económico y resiliencia ante eventos extremos. Las iniciativas de infraestructura hídrica estructural corresponden, principalmente, a redes hidrométricas, producción y distribución de agua potable y tratamiento de aguas servidas, desalinización, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, reúso de aguas residuales, redes de aguas lluvias, captación de aguas, trasvase de aguas, recarga de acuíferos y conservación de riberas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

Con el objetivo de vincular las iniciativas catastradas, con los objetivos estratégicos regionales, se presentan en la Tabla 4.3-1 y Tabla 4.3-2 las tipologías de iniciativas y las medidas asociadas que potencialmente podrían ayudar a alcanzar los objetivos estratégicos.

Tabla 4.3-1 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Coquimbo

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica Seguridad Hídrica Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	Garantizar el derecho humano al agua a través de la implementación de servicios de infraestructura y gestión hídrica para consumo humano, saneamiento, salud y subsistencia en todas las comunidades, con un enfoque especial en aquellas situadas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Este objetivo se centrará en asegurar el acceso continuo y sostenible a suministros de agua potable y servicios de saneamiento adecuados, mejorando así la calidad de vida de la población y promoviendo la equidad social y la igualdad de oportunidades. Se pondrá especial énfasis en atender las necesidades de género y la diversidad de contextos territoriales, con el fin de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en la gestión y abastecimiento de agua. Asimismo, se abordará la disminución sostenida de la fuente primaria de agua, proveniente de las aguas superficiales y subterráneas con medidas que permitan asegurar la demanda actual y futura del recurso hídrico. Esto incluirá la mejora de la capacidad de las redes de distribución, la reducción del estrés hídrico domiciliario y la disminución del uso de camiones aljibe para el abastecimiento. También se trabajará en resolver los problemas operacionales identificados en los SSR, manteniendo la operación del servicio ante demandas crecientes.	Producción-distribución de agua potable	Estudio hidrogeológico disponibilidad hídrica	Creación de capital humano Planes y políticas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudios de saneamiento	Creación de capital humano Planes y políticas
		Captación de aguas	Estudios para abastecimiento de agua potable	Reservas de agua Planes y políticas Análisis situación legal DAA
		Captación de aguas	Reservas y áreas de protección de recursos hídricos Estudios para abastecimiento de agua potable	N/A
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	N/A
	Garantizar la reducción de la vulnerabilidad de las personas ante riesgos socio-naturales mediante el fomento del desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas en áreas urbanas y rurales, con el fin de mejorar el bienestar de la población, proteger el medio ambiente y generar nuevas fuentes de agua en regiones con escasez hídrica. Este objetivo se centrará en disminuir las brechas sociales y promover la equidad en el acceso a servicios fundamentales como el agua y el saneamiento. Se priorizará la investigación y la identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos para un manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua, velando por su calidad.	Desalinización Reúso de aguas residuales (grises/servidas/lluvia) Recarga artificial de acuíferos	Estudios de desalación Estudio de reúso de aguas Estudios de aguas lluvias Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
D2. Producción sostenible y eficiencia hídrica	Diversificar la matriz hídrica para extender las alternativas multisectoriales de nuevas fuentes de agua, destacando sectores estratégicos como el minero, agroindustrial y de energía verde. Promover el dinamismo económico local a través de la gestión integrada de cuencas hidrográficas, un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, garantizando la disponibilidad de agua en zonas de escasez. Para lograrlo, se implementará infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente frente al cambio climático, utilizando soluciones basadas en la naturaleza para proteger y recuperar fuentes de agua, mejorar servicios ecosistémicos y asegurar un desarrollo equilibrado y sostenible entre zonas urbanas y rurales.	Obras de acumulación de agua Trasvase de aguas	Reglas de operación para embalses Estudios obras de acumulación de agua	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA Fortalecimiento y formalización de OUA Planes y políticas
		Desalinización Reúso de aguas residuales (grises/servidas/lluvia) Recarga artificial de acuíferos	Estudios de desalación Estudio de reúso de aguas Estudios de aguas lluvias Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
	Desarrollar ventajas tecnológicas ligadas a recursos naturales y la formación de capital humano, promoviendo una transición socioecológica justa para la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel de cuencas. Esto implica fomentar prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua, así como tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua, modernizando sistemas y potenciando usos múltiples para asegurar un balance hídrico sostenible. Además, se busca potenciar los atributos y oportunidades de los territorios rurales mediante incentivos para atraer inversiones, promoviendo la productividad, el emprendimiento y la innovación, con el objetivo de que la región se convierta en un ejemplo y líder a nivel nacional en materia de gestión y abastecimiento de agua.	Infraestructura de riego	Estudios para la conservación obras de riego Estudio sistemas de riego	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Captación de aguas	Incentivos para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Campañas para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico
		N/A	Diagnóstico de OUA y DAA	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA Fortalecimiento y formalización de OUA Planes y políticas
		Redes hidrométricas y telemedición	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Creación de capital humano

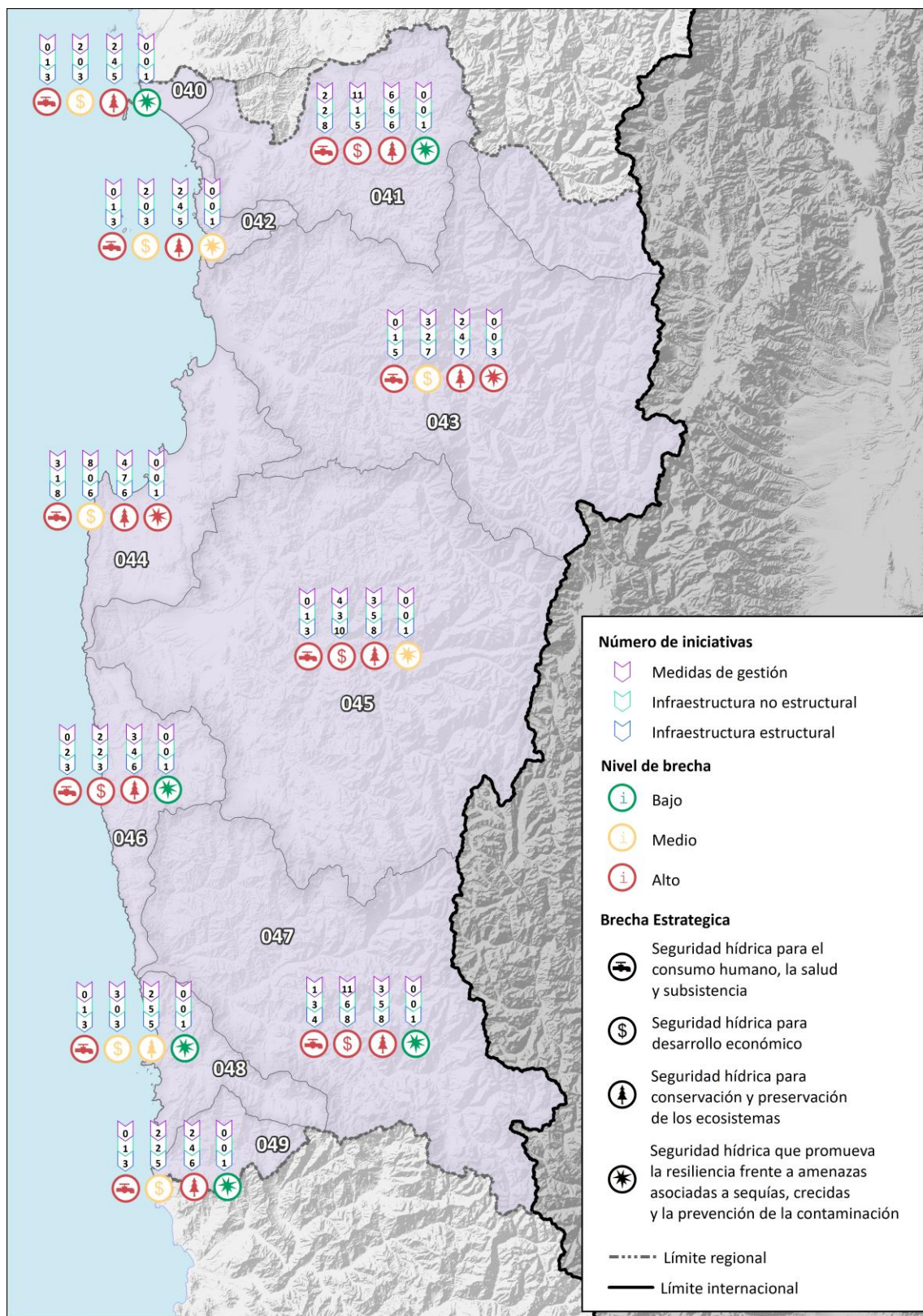
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3-2 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Coquimbo (continuación)

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica Seguridad Hídrica Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D3. Conservación y preservación de los ecosistemas	Enfatizar la protección de la biodiversidad, equilibrando la conservación de los ecosistemas acuáticos con la seguridad hídrica para consumo humano y producción sostenible, fomentando el uso sostenible del suelo mediante prácticas de conservación, recuperación y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y erosión. Esto incluye la restauración de bosque nativo y matorral arborescente, y la implementación de una gestión hídrica integral para controlar la contaminación de acuíferos, mejorando la calidad de agua para consumo humano y riego, estableciendo metas claras de mejoramiento ambiental en las ciudades para mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales.	Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Creación de capital humano Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación y restauración de riberas y cauces Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	Manejo de normas ambientales e hídricas Reservas de agua Planes y políticas
	Fomentar modelos de gobernanza colaborativa entre el sector público, privado y la ciudadanía para fortalecer la seguridad hídrica en todas las cuencas del país. Esto incluirá mejorar la gestión y distribución de información hídrica, así como regularizar los derechos de aprovechamiento. Se buscará especialmente mejorar la calidad de las aguas destinadas al riego, mediante un conocimiento exhaustivo de las fuentes contaminantes y la implementación efectiva de medidas de mitigación. Será crucial identificar y mitigar posibles afectaciones por descargas sanitarias, mineras y contaminación agrícola difusa mediante un sistema mejorado de monitoreo. Esto incluirá la instalación de estaciones de medición fluviométricas, meteorológicas y de calidad de agua a lo largo de las cuencas, asegurando mediciones consistentes y en tiempo real. Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales en Chile mediante la identificación y caracterización de paisajes naturales y seminaturales. Integrar estos componentes en políticas sectoriales para sensibilizar sobre su valor y protección, facilitando la protección, restauración, reparación y remediación de los ecosistemas. Esto incluirá la incorporación de reglas y planes especiales en la planificación territorial para proteger bordes lacustres, fluviales, canales y humedales, utilizándolos como corredores urbanos para regular el clima y conservar la biodiversidad.	Red hidrométrica Redes hidrométricas y telemedición	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Creación de capital humano Planes y políticas
		Redes hidrométricas y telemedición	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Creación de capital humano Planes y políticas
		Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación y restauración de riberas y cauces	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
		Redes hidrométricas y telemedición	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
		Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación y restauración de riberas y cauces Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	Manejo de normas ambientales e hídricas Reservas de agua Planes y políticas
D4. Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación	Desarrollar e implementar un sistema integral de infraestructura resiliente que incorpore políticas y servicios diseñados desde su inicio para mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica. Este sistema promoverá la gestión sostenible del suelo y de los recursos hídricos, anticipándose a riesgos ambientales y sociales, con el objetivo de fortalecer la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales a condiciones climáticas cambiantes y reducir sus efectos adversos. Se enfatizará en la integración de soluciones basadas en la naturaleza y en infraestructura verde, complementando las tradicionales (grises), para garantizar la seguridad territorial frente a fenómenos naturales como nivales extremos, precipitaciones intensas y transporte de sedimentos. Además, se mejorará la infraestructura existente mediante la implementación de obras de arte necesarias para proteger las aducciones en áreas vulnerables a deslizamientos y quebradas, asegurando su mantenimiento óptimo y libre de obstrucciones.	Redes de aguas lluvias Drenaje de aguas	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo anterior, en la Figura 4.3-1 se presenta un resumen del número de iniciativas catastradas, que por diferentes razones aún no se han ejecutado (ver acápite 3.1.2 y detalles en el Anexo 05.04), y que pudiesen resolver alguna de las diferentes brechas de seguridad hídrica identificadas en el Capítulo 4.2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3-1 Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región de Coquimbo

4.3.1.3 Incertidumbres

A continuación, se presentan los factores inciertos que pueden afectar la implementación de las iniciativas presentadas en el acápite anterior, o la capacidad de alcanzar los objetivos estratégicos esperados.

i. Sobre factores técnicos y disponibilidad de información

Las incertidumbres que pueden afectar la implementación de las iniciativas estratégicas en la región de Coquimbo, se obtienen en parte de los comentarios de las fichas BIP y analizando los comentarios de los estudios de prefactibilidad y de factibilidad de las iniciativas, en donde para cada una de ellas se destacan aspectos como la falta de congruencia e imprecisiones en los antecedentes del proyecto, errores en el cálculo de la demanda y presupuestos, así como la ausencia de claridad en los objetivos del proyecto y discrepancias en la ficha iniciativa de inversión (IDI). Además, se identifican otras incertidumbres relacionadas con la disponibilidad de recursos hídricos, viabilidad técnica y económica, y posibles implicaciones ambientales y legales. Resolver estas incertidumbres es fundamental para garantizar el éxito y la sostenibilidad de los proyectos en la región.

Los desafíos que enfrenta la implementación de iniciativas relacionadas con la gestión del agua en la región de Coquimbo, de acuerdo a los PEGHs elaborados en las Cuencas de Elqui, Limarí y Choapa, son diversos y abarcan aspectos como la falta de coordinación entre los actores involucrados, tanto públicos como privados y civiles, a nivel de cuenca. Además, se evidencian brechas en las capacidades técnicas y organizacionales de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA), lo que limita su desarrollo y toma de decisiones. La formalización y coordinación de estas organizaciones también resulta deficiente, lo que dificulta la generación de iniciativas conjuntas para abordar problemas comunes y promover alianzas público-privadas. Otro aspecto crucial es la inexistencia de comunidades de aguas subterráneas, lo que obstaculiza la administración sostenible de los acuíferos. Además, se señala la falta de coordinación entre las OUA, programas de capacitación y diagnósticos territoriales, así como el desconocimiento del estado legal de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) y la escasez de capacitación en gestión de infraestructura de agua frente al cambio climático. Estos desafíos evidencian la necesidad de acciones urgentes para mejorar la eficiencia de la gestión hídrica en la región y garantizar un uso sostenible de los recursos hídricos.

Con respecto a incertidumbres por tipo de infraestructura, se presentan en la Tabla 4.3-3, los factores inciertos que pueden afectar la implementación de las iniciativas presentadas, o la capacidad de alcanzar los objetivos esperados en la región de Coquimbo.

Tabla 4.3-3 Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región de Coquimbo

Embalses	• Disponibilidad de recursos hídricos adecuados para la construcción: Se requiere una evaluación exhaustiva de la disponibilidad de recursos hídricos disponibles para la construcción del embalse, considerando tanto la cantidad como la calidad del agua disponible. • Viabilidad técnica y económica de los proyectos: Además de examinar la viabilidad técnica y económica general del proyecto, se debe llevar a cabo un análisis detallado de la estabilidad del terreno en el área de construcción del embalse, así como de la capacidad de almacenamiento de agua y la optimización de los costos operativos a lo largo del tiempo. • Participación y aceptación de la comunidad local en el proceso de construcción: Es fundamental garantizar la participación activa y la aceptación de la comunidad local en todas las etapas del proceso de construcción del embalse, mediante la realización de consultas públicas y la implementación de mecanismos efectivos de participación ciudadana. • Impacto cambio climático: Representa una incertidumbre significativa en la disponibilidad y variabilidad de los recursos hídricos. Esta variable se contempla en las etapas de diseño y planificación de los proyectos para anticipar los patrones de cambio en precipitaciones y temperatura, que afectan a la operación del embalse. Ver secciones 2.1.2 y 2.3.1.
Obras de canalización	• Congruencia e imprecisiones en los antecedentes del proyecto: Se requiere una revisión exhaustiva de todos los antecedentes del proyecto de canalización para identificar y corregir cualquier incongruencia o imprecisión en la información proporcionada. • Errores en el cálculo de la demanda y presupuestos: Es crucial corregir cualquier error en el cálculo de la demanda de agua y los presupuestos asociados al proyecto de canalización para garantizar una planificación precisa y efectiva. • Discrepancias en la ficha IDI.: Las discrepancias identificadas deben abordarse mediante una revisión minuciosa de los estudios y análisis realizados, así como mediante la actualización de la información relevante según sea necesario para garantizar la coherencia y precisión de la documentación del proyecto.
Obras de captación y tratamiento de aguas	• Ausencia de respaldo técnico adecuado: Se debe garantizar que todas las decisiones relacionadas con la captación y tratamiento de aguas estén respaldadas por un análisis técnico sólido y completo para asegurar la eficacia y la sostenibilidad a largo plazo de las instalaciones. • Necesidad de actualización de la información relevante para la planificación: Es necesario actualizar regularmente la información relevante para la planificación de las obras de captación y tratamiento de aguas para tener en cuenta cualquier cambio en las condiciones ambientales, sociales o económicas que puedan afectar al proyecto. • Rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo de las instalaciones: Se debe evaluar cuidadosamente la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo de las instalaciones de captación y tratamiento de aguas, teniendo en cuenta tanto los costos iniciales como los costos operativos y de mantenimiento a lo largo del tiempo. También el modelo de negocios y la capacidad de la organización comunitaria para administrar la infraestructura (técnica y de gestión).

	• Impacto del cambio climático: Las variaciones climáticas pueden afectar tanto la cantidad como la calidad del agua captada y tratada. Es esencial diseñar estas infraestructuras con una capacidad de adaptación que permita enfrentar variaciones en las condiciones ambientales y la disponibilidad de agua.
Sistemas de riego	• Capacidades técnicas y organizacionales insuficientes en las organizaciones de Usuarios de Agua (OUA): Es crucial fortalecer las capacidades técnicas y organizacionales de las OUA para garantizar una gestión efectiva y sostenible del agua en los sistemas de riego, mediante la implementación de programas de capacitación y fortalecimiento institucional. • Falta de coordinación entre los actores involucrados en la gestión del agua: Se debe promover una mayor coordinación y colaboración entre todos los actores involucrados en la gestión del agua en los sistemas de riego, incluyendo a las OUA, las autoridades gubernamentales y las instituciones de investigación, para garantizar una gestión integrada y eficiente del recurso hídrico. • Carencia de programas de capacitación y fortalecimiento de las OUA: Es necesario desarrollar e implementar programas de capacitación y fortalecimiento específicos para las OUA para mejorar sus capacidades técnicas y organizacionales y promover una gestión más efectiva y sostenible del agua en los sistemas de riego.

Fuente: Elaboración propia en base a Fichas BIP y Cartera de iniciativas

ii. Sobre factores socioambientales

En el contexto de la planificación y ejecución de infraestructuras hídricas, los factores socioambientales juegan un papel crucial en la generación de incertidumbres. Los conflictos ambientales, especialmente aquellos con antecedentes históricos, pueden representar serios obstáculos para la implementación de proyectos. La aceptación de la comunidad y la resolución de conflictos previos son esenciales para la viabilidad de cualquier obra. Los casos emblemáticos de la región de Coquimbo son ejemplos de cómo estos conflictos pueden causar incertidumbres significativas.

En el contexto de los conflictos por el agua en Chile, se presentan a continuación una serie de casos emblemáticos de la región de Coquimbo que ilustran las tensiones entre el desarrollo económico y la preservación ambiental. Estos casos reflejan la complejidad de la gestión de recursos hídricos en el país y destacan la importancia de abordar estos desafíos con políticas públicas y medidas adecuadas. Los conflictos presentados, aunque anteriores a 2010 y basados en una única fuente, han sido referenciados por inspección fiscal y proporcionan una visión general de la región hasta esa fecha.

En la cuenca del río Choapa, la actividad minera de Minera Los Pelambres ha causado graves impactos ambientales, incluyendo contaminación del agua y escasez hídrica, afectando a la agricultura local y la calidad de vida de la población. La falta de transparencia de la empresa ha generado desconfianza y protestas comunitarias, resaltando la necesidad de reformas institucionales y políticas públicas (S. Larraín, 2010).

El Tranque El Mauro de Minera Los Pelambres ha tenido un impacto significativo y negativo en los derechos de agua de la comunidad de Caimanes. Este tranque, con capacidad para almacenar 2.060 millones de toneladas de relaves tóxicos, fue construido con un muro de aproximadamente 1.400 metros de longitud y 237 metros de altura, bloqueando el acceso al valle del Mauro y destruyendo el sistema hidrológico del Estero de Pupío. Los relaves, que contienen arsénico, plomo y otros metales pesados, son canalizados sin tratamiento desde la mina hasta el tranque, afectando gravemente la calidad del agua. Esto ha perjudicado a los regantes de las tierras aguas abajo, quienes tenían derechos de aprovechamiento de las aguas del Estero de Pupío. En 2006, la Corte de Apelaciones de Santiago falló a favor de la comunidad, pero Minera Los Pelambres continuó con la construcción del tranque (S. Larraín, 2010).

Otro conflicto importante ocurre en el Acuífero El Culebrón, donde la minera Compañía Minera Carmen de Andacollo ha generado controversia al decidir extraer agua de este acuífero, amenazando la sustentabilidad hídrica de la región. A pesar de la oposición de la comunidad, las autoridades han aprobado el proyecto, argumentando la creación de empleo, lo que ha generado críticas por no considerar adecuadamente los impactos ambientales (S. Larraín, 2010).

El caso de Minera Dominga ha sido objeto de intensa cobertura mediática entre 2017 y 2021, evidenciando tres encuadres clave: la institucionalidad ambiental, los impactos del proyecto y la corrupción. A pesar de la recomendación del Servicio de Evaluación Ambiental para su aprobación, la Comisión Regional de Evaluación Ambiental rechazó el proyecto en 2017, lo que llevó a una judicialización del proceso. Los informes destacan la debilidad de la institucionalidad chilena, marcada por tensiones entre criterios técnicos y políticos, así como preocupaciones sobre posibles episodios de corrupción que involucran al expresidente Sebastián Piñera. Estos elementos reflejan un conflicto entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental en el país (Quezada, 2023).

Recientemente, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) formuló dos cargos graves contra la empresa minera Teck Carmen de Andacollo en la Región de Coquimbo, por incumplimientos a su Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Las imputaciones incluyen la construcción incompleta del sistema de captación de infiltraciones y la falta de medidas para la superación de valores físico-químicos en pozos de monitoreo de aguas subterráneas, arriesgando una multa de hasta 10 mil UTA, equivalentes a más de \$7.600 millones (SMA, 2023).

4.3.2 Identificación de brechas de Infraestructura

A continuación, se presenta la identificación de brechas de infraestructura para la región.

La metodología para asignar brechas de infraestructura hídrica por cuenca se desarrolló mediante un proceso sistemático que comenzó con la definición de objetivos específicos de gestión del agua, organizados en torno a cuatro dimensiones clave de seguridad hídrica: derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano (D1); producción sostenible y eficiencia hídrica (D2); conservación de ecosistemas (D3); y resiliencia ante amenazas como sequías, crecidas y contaminación (D4).

Con estos objetivos como base, se identificaron brechas estratégicas para cada dimensión de seguridad hídrica. Para evaluar y priorizar las cuencas, se desarrollaron indicadores específicos que reflejan las necesidades de cada una en función de los objetivos establecidos. A cada indicador se le asignó un nivel de criticidad según su urgencia de intervención, utilizando una escala de alta (valor 4), media (valor 2) y baja (valor 1) criticidad. Esta clasificación facilitó la evaluación de la vulnerabilidad de cada cuenca y guio la asignación de brechas específicas de infraestructura.

Con base en los niveles de criticidad obtenidos, se definieron las intervenciones necesarias para cada cuenca, clasificándolas en infraestructura estructural, infraestructura no estructural y medidas de gestión. Este análisis general de brechas de infraestructura constituye la base para definir la cartera de inversiones en los siguientes capítulos del estudio, proporcionando una visión clara de las necesidades prioritarias en cada área y permitiendo una planificación eficiente de las intervenciones. El detalle del análisis se encuentra en el Anexo 05.05.

En la Tabla 4.3-4 se presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas. En el Anexo 05.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

.

Tabla 4.3-4
 Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Coquimbo

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	Nº inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	23	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	20	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	12	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	27	Población sin Saneamiento 20255 (AOR existente y proyectado)	-
2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	8	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	9	Población sin Abastecer 2055 en sector costero (2 km de borde costero)	-
2-3	Eficiencia en el Uso del Agua: - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego; - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	30	Normalización de elementos eficientes para APR según N° de arranques existentes y proyectados	-
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	9	De acuerdo a disminución de recarga y características favorables para la recarga	Máximo 30 ha por cuenca
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego	18	Aguas recolectadas y tratadas en Sistemas APR y APU de emisarios submarinos	-
2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones; Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios; Plan de Seguimiento a Planes de Riego	18	Cuantificado según número de inversiones	-
2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego; Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego; Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	47	Programa de Embalses DOH	Considera una meta de avance de 5% del total de canales
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales	5	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	29	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	2	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	5	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	9	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	21	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	28	-	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año); OCAS: Rendimiento de avance 16 km-año
4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	10	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	14	Planes de Manejo de Cauce según Vigencia	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año)
5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas	11	Planes de Manejo de Cauce según Vigencia	Rendimiento de avance a validar con región (2 km-año)
5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias	12	Planes de Aguas Lluvia según Vigencia y N° de habitantes sector Urbano	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5 IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN

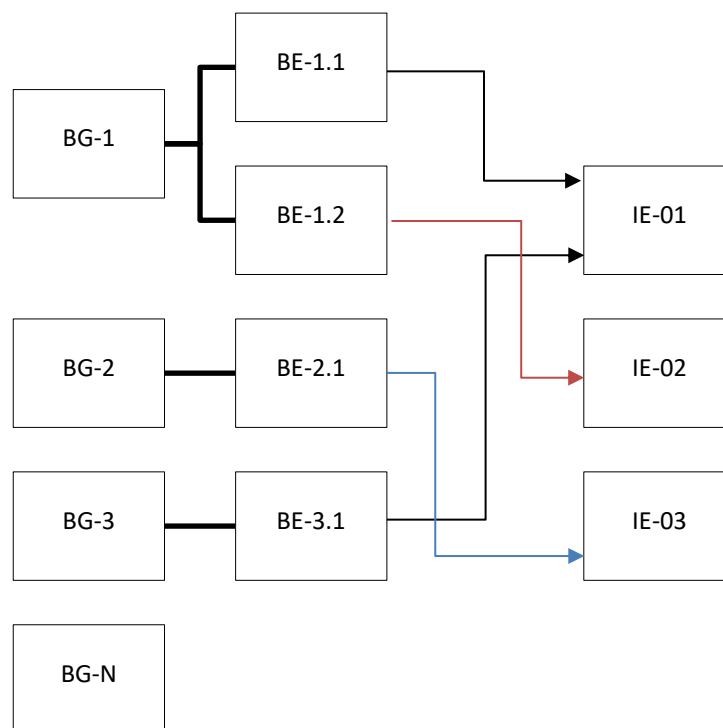
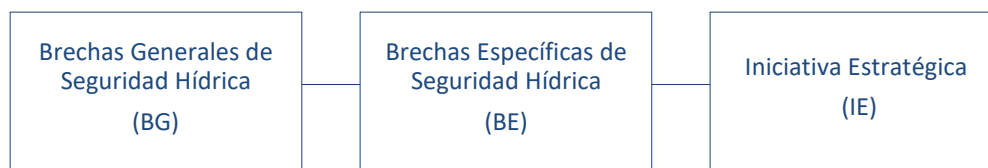
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 05.07 se presenta la cada Iniciativa Estratégica junto a su carpeta de pre/inversión en detalle.

5.1 IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

Una vez identificadas las brechas de seguridad hídrica tanto a nivel nacional como regional, se formularon Iniciativas Estratégicas (IE). Estas buscan abordar las diversas deficiencias y requerimientos detectados en las brechas mencionadas, agrupándolos en temáticas similares. La respuesta a estas problemáticas se planteará a través de una cartera de preinversión e inversión.

En el esquema siguiente se presenta un diagrama entre las brechas y las Iniciativas Estratégicas, denominando “BG” a las Brechas Generales de seguridad Hídrica y “BE” a las Brechas Específicas de Seguridad Hídrica. Es importante destacar que una IE puede dar respuesta a diferentes BE.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.1-1 Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas

Las iniciativas estratégicas son codificadas como:

RRR – INI – EST – NN

Donde *RRR* corresponde a las siglas que identifican la región (COQ), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

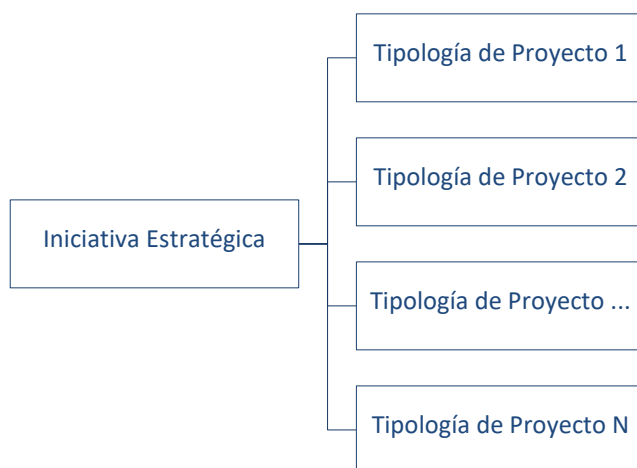
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

Iniciativas Estratégicas	Código Iniciativa Estratégica
Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	COQ-INI-EST-01
Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego	COQ-INI-EST-02
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas	COQ-INI-EST-03
Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza	COQ-INI-EST-04
Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población	COQ-INI-EST-05

Fuente: Elaboración propia

5.2 TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

Dada la diversidad y magnitud de potenciales inversiones de infraestructura hidráulica que se podrían proyectar en cada cuenca, se clasificaron de acuerdo a su tipología de proyecto.


Figura 5.2-1 Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas

En el caso de la región de Coquimbo las Tipologías de proyectos son los presentados en la Tabla 5.2-1.

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

COQ-INI-EST-01	1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural
	1-2	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural
	1-3	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural
	1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales
COQ-INI-EST-02	2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático
	2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras
	2-3	Eficiencia en el Uso del Agua - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana
	2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos
	2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego
	2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios Plan de Seguimiento a Planes de Riego
	2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego
COQ-INI-EST-03	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales
	3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas
	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas
	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves
	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación
	3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas
COQ-INI-EST-04	4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces
	4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad
COQ-INI-EST-05	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas
	5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas
	5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES

Con las iniciativas estratégicas definidas en conjunto de sus tipologías de proyecto se procedió a conformar la cartera de pre/inversiones e inversiones de la región a nivel de cuencas. Es importante mencionar que cada iniciativa de inversión se somete a un proceso de etapas, las

cuales se conforman de: 1) Estudio y/o Prefactibilidad, 2) Factibilidad, 3) Diseño y 4) Ejecución. Generalmente, los estudios y/o prefactibilidades corresponden a proyectos directores y/o de una espacialidad a nivel de cuenca, comuna, provincia o región, como son, por ejemplo, Los Planes Maestros de Aguas Lluvias, Los Planes de Manejo de Cauce, Los planes Integrales de Riego o los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica, desde donde nace una serie de ideas y proyectos que se desarrollan posteriormente en las etapas de factibilidad, Diseño y Ejecución. En el caso de las conservaciones, sólo se considera la etapa de ejecución.

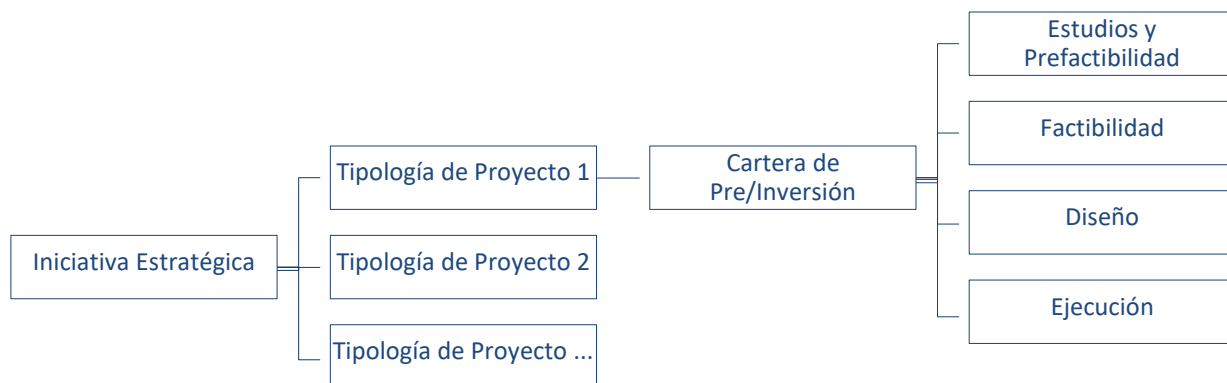


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégicas, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

Para la conformación de la cartera, se constó con tres fuentes principales, además de las brechas identificadas en el capítulo 4:

- Cartera de proyectos existente, catastradas en el acápite 3.1.2. Los cuales se codificaron con la sigla CAR-INI-NNNN, donde NNNN es un número correlativo a nivel nacional de iniciativas.
- Estudio “Análisis de Inversión en Infraestructura y Gestión Hídrica” del Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas (PIIH) para los años 2020-2050 (DGOP, 2021). Los cuales se codificaron con la sigla PIIH-XXX-NNNN, donde XXX corresponde al tipo de proyecto definido en el citado estudio (CM: Cartera maestra; APR: Proyectos de Agua Potable Rural; INO: Proyectos de innovación) y NNNN es un número correlativo a nivel nacional.
- Cartera de Iniciativas de 2024-2028 (Quinquenal). Los cuales se codificaron con la sigla QUIN-NNNN, donde NNNN es un número correlativo a nivel nacional de iniciativas.

Con esta información se consideraron los siguientes pasos:

1. Se agruparon las inversiones por tipología de proyecto
2. Se descartan las iniciativas repetidas bajo la siguiente priorización

- a. Cartera Quinquenal: primera prioridad
 - b. Cartera PIH: Segunda prioridad
 - c. Cartera proyectos Existentes. Tercera Prioridad
3. En el caso de que no se cubra la brecha con las iniciativas ya existentes, se propone una nueva inversión. Esta inversión se codifica con la sigla AIH-RRR-IE-TP-NN, donde AIH corresponde a la sigla “Análisis de Requerimientos de Infraestructura Hídrica”, “RRR” el código de la región (COQ), “IE” el numero correlativo de la Iniciativa estratégica, “TP” la tipología de proyecto a la que pertenece y NN un número de correlativo.

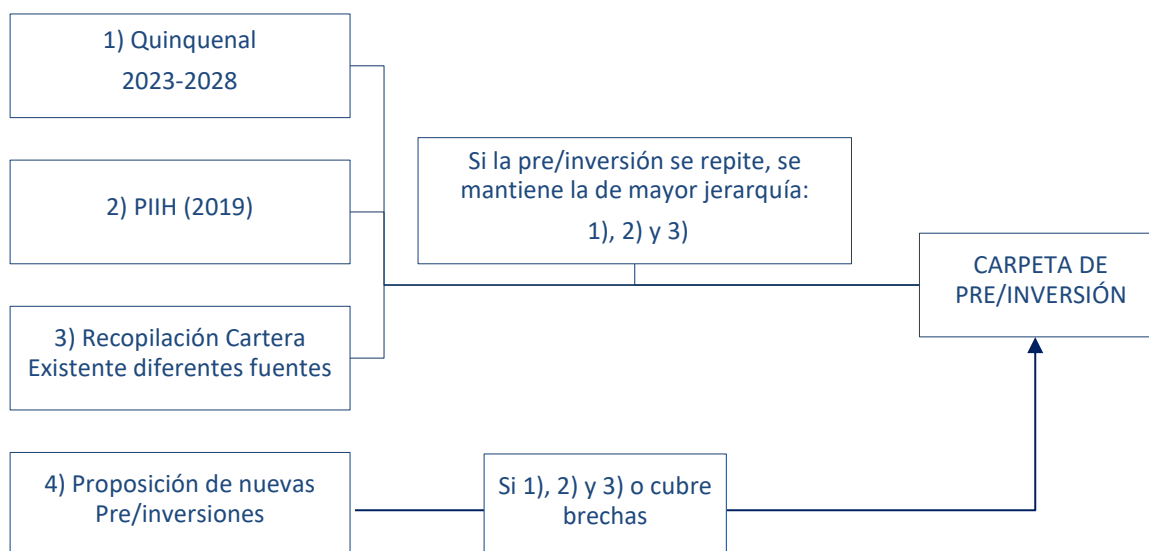


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

Se consideraron los siguientes criterios para determinar las brechas en cada una de las tipologías de proyecto.

Tabla 5.3-1 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-01

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	A partir de proyección de Demanda APR sin abastecimiento, informada en numeral 2.2.2, se define el número total de arranques promedio de los sistemas de APR y cantidad por cuenca y comuna.
1-2	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	No se proyectan ampliaciones al sistema, ya que el aumento se considera en 1.1.
1-3	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	Se propone proyectar al menos un sistema de telemetría y Control por Cuenca
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	A partir de Minuta "Estimación Brecha de SSR. RRP/18.08.2024" y proyección de nuevas APR en 1.1, se estima el total de proyectos a desarrollar para cubrir la brecha existente. Ver Anexo 05.07.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-2 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-02

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	Se propone la ejecución de un Plan Estratégico de Gestión Hídrica o similar, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (se observan cuencas no estudiadas con sistemas hidrológicos).
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	Se recomienda realizar un estudio de viabilidad para la instalación de plantas de desalinización en cuencas donde existan localidades con más de 25 viviendas a una distancia de hasta 2 km de la costa. También se evalúa la proyección de sistemas de Agua Potable Rural (APR) en estas localidades, ofreciendo una alternativa a la proyección actual de APR. Este tipo de obras no se contempla en la zona austral de Chile.
2-3	Eficiencia en el Uso del Agua. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Se proponen proyectos de nuevas tecnologías para el consumo eficiente a nivel regional y su aplicación en Sistemas APR y Riego
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Se proponen obras para la recuperación y recarga de acuíferos en cuencas donde existen antecedentes de Áreas de Restricción y Zonas de Prohibición para extracción de aguas subterráneas y además el Balance Hídrico Nacional indique si la cuenca posea una condición de estrés hídrico o cuenca crítica, sin considerar las cuencas altiplánicas.

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego	Se propone estudios y proyectos de reutilización de aguas servidas para el uso en riego donde exista presencia de APR y, de presencia, zonas con riego.
2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones. Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios. Plan de Seguimiento a Planes de Riego	Se proponen medidas de gestión, como seminarios, talleres, programas de capacitación y seguimiento, además de programas de reforzamiento de OUA.
2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	Se propone la ejecución de un Plan Integral de Cuenca(s), en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (se observen sectores cultivables). Se proponen obras de mejoramiento y/o construcción de canales a una tasa de un (1) kilómetro por año, en cada cuenca con presencia de riego y/o canales. Se propone obras de Acumulación en cuencas "Con Recursos" considerando el balance hídrico (sin condiciones) realizado en el numeral 4.1.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-3 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-03

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales	Se proponen en puntos estratégicos antes o después de confluencias, zonas altas y desembocaduras, cubriendo los principales cauces y considerando cercanía de estaciones existentes (ver Anexo 05.07). Idealmente, que cada cuenca BNA tenga al menos una estación. Existen excepciones en las que no se justifica por tratarse de quebradas secas, cuencas muy pequeñas o bien ubicaciones muy poco accesibles (Campo de Hielo Sur, por ejemplo).
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Superficial: en cada estación Fluvimétrica. Subterránea, al menos una en cada pozo de medición proyectado y en SHAC sin medición con igual condición de superficie que en 3.5
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Se proponen ubicaciones en áreas con poca cobertura de estaciones y que sea sean representativas de diversas zonas climáticas de Köppen para cada cuenca, considerando también la accesibilidad. Detalles en Anexo 05.07.
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Inicialmente se considera cobertura nacional. En base a esto, se prioriza para rutas de nieve zonas norte, sur y austral, escogiendo sectores planos, accesibles y lo suficientemente elevados según la latitud. Se proponen ubicaciones cercanas a pasos fronterizos, centros de montaña o puntos elevados de la Carretera Austral (cuesta Queulat, por ejemplo). Respecto a glaciares, estos son escasos en la zona norte, además de encontrarse a grandes elevaciones y ser en su

Tabla 5.3-3 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-03

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		mayoría rocosos, por lo que se proponen estaciones a partir del norte chico en glaciares de montaña, de valle o efluentes, de dimensiones importantes y relativamente accesibles, en base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 05.07.
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	Se propone al menos un pozo de medición por SHAC cada 200 km ² . (Superficie con pendientes menor a 15% aptos para acumular agua)
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	Se propone la implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral a nivel regional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-4 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-04

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	Se proponen estudios y/o proyectos donde el perímetro (km) de humedales (ríos, lagos, lagunas, salares, otros) es superior a los 20 km y en cuencas donde se hayan declarados áreas de restricción o Zonas de Prohibición y la cuenca sea prioritaria.
4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	Se propone un estudio de manejo de normas ambiental e hídricas, Reservas de Agua, Planes y Políticas, a nivel regional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-5 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar COQ-INI-EST-05

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	Se propone la ejecución de un Plan de manejo de Cauce, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (existencia de localidades concentradas, a orillas de un cauce importante). Se proponen proyecto de obras aluvionales de acuerdo a las características de la cuenca y considerando una inversión probable en 10 años.
5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas	Se propone la ejecución de un Plan de manejo de Cauce, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (existencia de localidades concentradas, a orillas de un cauce importante). Se proponen proyecto de obras aluvionales de acuerdo a las características de la cuenca y considerando una inversión probable en 10 años.
5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias	Se propone la ejecución de un Plan Maestro de Aguas Lluvias o su Actualización, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2010 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (existencia de localidades con más de 50.000 habitantes). Se proponen proyecto de obras

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		aluvionales de acuerdo a las características de la cuenca y considerando una inversión probable en 10 años.

Fuente: Elaboración propia

5.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

Definida la cartera de inversión de cada Iniciativa Estratégica se procedió a definir su costo. Si bien, parte de las inversiones cuentan con una estimación de costos, en especial la cartera del Quinquenal, en general, estas no cuentan con un presupuesto. Misma condición se tiene con las inversiones propuestas.

Con el fin de determinar los costos, se estimaron precios Unitarios para diferentes tipos de proyectos genéricos al cual se le asignó un código INI. Este código fue asignado a todos los proyectos recopilados que tenían características similares al proyecto genérico y de esta manera valorizar su costo en todas las etapas de desarrollo.

Finalmente, dada la naturaleza de la tipología de proyecto, se indica si corresponde a una inversión innovadora, es decir, que corresponde a un tipo de inversión poco utilizada o nueva para el ministerio.

Tabla 5.4-1 Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
1	NE-4-01	1	1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en la Cuenca	Ejecución-Prefactibilidad	280.000	no
2	ES-2-01				Construcción Sistema APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
3	ES-2-05				Construcción Sistema APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
4	ES-2-08				Construcción Sistema APR, Cuenca	Ejecución	2.800.000	no
5	ES-2-13				Conservación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	50.000	no
6	ES-2-01	1	1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	Ampliación Sistema APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
7	ES-2-05				Ampliación Sistema APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
8	ES-2-08				Ampliación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	2.800.000	no
9	ES-2-13				Conservación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	50.000	no
10	ES-1-02	1	1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Factibilidad	1.000.000	no
11	ES-1-02.1				Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Diseño	80.000	no
12	ES-1-02.2				Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Ejecución	150.000	no
13	ES-2-02	1	1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
14	ES-2-06				Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
15	ES-2-07				Construcción Alcantarillado, Cuenca	Diseño	280.000	no
16	ES-2-09				Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Ejecución	1.000.000	no
17	ES-2-10				Construcción Alcantarillado, Cuenca	Ejecución	3.200.000	no

Tabla 5.4-1 Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
18	ES-2-15				Construcción Planta de Tratamiento, Cuenca	Ejecución	400.000	no
19	NE-4-03	2	2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	Estudio de Disponibilidad de Alternativas de Recursos Hídricos	Ejecución-Prefactibilidad	280.000	no
20	ES-2-14.1	2	2-2	Diseño, Construcción de Sistemas de plantas desaladoras	Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Factibilidad	180.000	si
21	ES-2-14.2				Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Diseño	250.000	si
22	ES-2-14				Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Ejecución	9.000.000	si
23	NE-4-04	2	2-3	Eficiencia en el Uso del Agua - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Nuevas tecnologías para el consumo eficiente	Ejecución-Prefactibilidad	150.000	no
24	ES-2-04.1				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Factibilidad	150.000	no
25	ES-2-04				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Diseño	150.000	no
26	ES-2-12				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Ejecución	2.500.000	no
27	ES-7-01	2	2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Factibilidad	150.000	no
28	ES-7-02				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Diseño	200.000	no
29	ES-7-03				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Ejecución	1.500.000	no
30	ES-2-03	2	2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas Urbanas para Riego	Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Factibilidad	150.000	si
31	ES-2-11				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Diseño	280.000	si
32	ES-2-11.1				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Ejecución	2.500.000	si
33	NE-2-03	2	2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios Plan de Seguimiento a Planes de Riego	Medida de gestión: Programa de reforzamiento de OUA	Medida de Gestión	250.000	no
34	ES-3-05.1				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Factibilidad	200.000	no
35	ES-3-05				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Diseño	250.000	no
36	ES-3-08				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Ejecución	4.000.000	no
37	NE-4-02	2	2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de	Diagnóstico de Recursos Hídricos y Demanda de Riego	Ejecución-Prefactibilidad	380.000	no

Tabla 5.4-1 Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
38	ES-3-01			Riego. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Factibilidad	210.000	no
39	ES-3-03				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Diseño	350.000	no
40	ES-3-06				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Ejecución	2.600.000	no
41	ES-3-09				Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Ejecución	3.000.000	no
42	ES-3-02				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Factibilidad	650.000	no
43	ES-3-04				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Diseño	2.000.000	no
44	ES-3-07				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Ejecución	35.000.000	no
45	ES-3-10				Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Ejecución	4.500.000	no
46	ES-1-04	3	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Ejecución	100.000	no
47	ES-1-01.1				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
48	ES-1-01.2				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
53	ES-1-01.1	3	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
54	ES-1-01.2				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Diseño	40.000	no
55	ES-1-01				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Ejecución	198.000	no
56	ES-1-03.1	3	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
57	ES-1-03.2				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Diseño	10.000	no
58	ES-1-03				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Ejecución	50.000	no
59	NE-2-01	3	3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	Medida de gestión: Seminarios y talleres	Medida de Gestión	20.000	no
60	NE-2-02				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	60.000	no
61	NE-4-06				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	200.000	no
62	NE-4-05				Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral	Ejecución-Prefactibilidad	250.000	no

Tabla 5.4-1 Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
63	NE-3-02	4	4-1	Conservación y restauración de riberas, cauces y humedales	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos ambientales, económicos y sociales en el territorio	Ejecución	150.000	si
64	NE-3-01				Estudio Definición de franjas de restricción y Prohibición por riesgo de inundación, erosión u otro	Ejecución	350.000	si
65	NE-3-03				Estudio de Reforestación y forestación de cuencas en sectores con riesgo de erosión	Ejecución	150.000	si
66	ES-4-07.1				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Factibilidad	200.000	si
67	ES-4-07.2				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Diseño	200.000	si
68	ES-4-07				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Ejecución	3.000.000	si
69	ES-4-06.1				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Factibilidad	100.000	si
70	ES-4-06.2				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Diseño	150.000	si
71	ES-4-06				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Ejecución	1.200.000	si
72	ES-5-06.1				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Factibilidad	150.000	si
73	ES-5-06.2				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Diseño	200.000	si
74	ES-5-06				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Ejecución	1.000.000	si
75	ES-3-11.1				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	factibilidad	250.000	si
76	ES-3-11.2				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Diseño	400.000	si
77	ES-3-11.3				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Ejecución	4.000.000	si
78	NE-1-04	4	4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	Manejo de normas ambientales e hídricas, Reservas de agua, Planes y políticas	Ejecución	20.000	no
79	ES-4-03	5	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Factibilidad	300.000	no
80	ES-4-03.1				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Diseño	400.000	no
81	ES-4-05				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Ejecución	3.000.000	no
82	ES-4-01				Plan de Manejo de Cauce, en río	Ejecución-Prefactibilidad	400.000	no
83	ES-4-02	5	5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas	Construcción de Defensas Fluviales, en río	Factibilidad	100.000	no
84	ES-4-02.1				Construcción de Defensas Fluviales, en río	Diseño	120.000	no
85	ES-4-04				Construcción de Defensas Fluviales, en río	Ejecución	4.500.000	no
86	ES-4-08				Conservación de Riberas, en río	Ejecución	1.000.000	no

Tabla 5.4-1 Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
87	ES-5-01	5	5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización, Ciudad de	Ejecución-Prefactibilidad	350.000	no
88	ES-5-02				Construcción Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Factibilidad	250.000	no
89	ES-5-03				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Diseño	300.000	no
90	ES-5-04				Construcción Sistema de Colectores de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	2.460.000	no
91	ES-5-05				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	3.400.000	no
92	ES-5-07				Conservación Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	1.100.000	no

Fuente: Elaboración propia

5.5 VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad y costos totales de inversión propuesta por Iniciativa Estratégica para dar respuesta a las brechas identificadas en la región. Es importante destacar que no es viable realizar el total de inversiones de manera simultánea, tanto por la magnitud de recursos económicos, mano de obra y control. Es por ello que en el siguiente Capítulo se realiza la priorización de los proyectos en función de las necesidades más inmediatas.

IE	N° de Inversiones	Costo de Inversiones no Priorizada (M\$)
COQ-INI-EST-01	82	229.471.270
COQ-INI-EST-02	139	1.250.643.507
COQ-INI-EST-03	71	61.968.622
COQ-INI-EST-04	38	240.686.603
COQ-INI-EST-05	37	259.509.234
TOTAL	367	2.042.279.235

Fuente: Elaboración propia

5.6 ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA

5.6.1 Beneficios de Inversiones

Para estimar los beneficios de las inversiones propuestas se consideraron los siguientes criterios:

- Se define su incidencia o impacto asociado a su desarrollo, tales como:
 - Mas Información
 - Más Personas abastecidas
 - Más personas con saneamiento
 - Superficie de riego equivalente beneficiada

- Volumen Regulado
- Protección de Riberas
- Recarga Acuíferos

- Se define la unidad de medida del Beneficio, por ejemplo:
 - en proyectos reúso el beneficio se mide en las potenciales hectáreas beneficiadas,
 - en proyectos de APR y saneamiento en el número de personas.
 - En proyectos fluviales, aluviales en km de riberas mejorados/protegidos

- El Beneficio efectivo solo se incorpora en las Inversiones en etapas de ejecución y de estudio (prefactibilidad y Ejecución)

En la Tabla 5.6-1, se indica la unidad de Beneficio y la incidencia de cada tipo de inversión, el detalle del beneficio se presenta en el Anexo 05.07.

Tabla 5.6-1 Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)

COD INI	Etapas	Nombre Inversión General	Unidad Valorización	Unidad Beneficio	Incidencia
ES-1-01.1F_G	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01.1M_RN	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01.2F_G	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01.2M_RN	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01F	Ejecución	Construcción de Estaciones Fluviométrica c/s Montaña	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01M	Ejecución	Construcción de Estaciones Meteorológicas	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01G	Ejecución	Construcción de Estaciones Glaciológicas	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-01RN	Ejecución	Construcción de Rutas de Nieve	Unidad	estaciones	Más Información
ES-1-02.1	Factibilidad	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Nº APR existentes promedio	inversiones	Más Información A nivel Cuenca
ES-1-02.2	Diseño	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Nº APR existentes promedio	inversiones	Más Información A nivel Cuenca
ES-1-02	Ejecución	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Nº APR existentes promedio	inversiones	Más Información A nivel Cuenca
ES-1-03.1	Factibilidad	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Unidad	pozos de monitoreo	Más Información
ES-1-03.2	Diseño	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Unidad	pozos de monitoreo	Más Información
ES-1-03	Ejecución	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Unidad	pozos de monitoreo	Más Información
ES-1-04	Ejecución	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Anual	Anuales	Conservación
ES-2-01	Factibilidad	Prefactibilidad Construcción Sistema de Agua Potable Rural	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-01A	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Potable Rural	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-02	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Servidas	Nº Arranques	Personas	Mas personas con Saneamiento
ES-2-03	Factibilidad	Diseño de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Nº Arranques	ha	Superficie de Riego Beneficiada
ES-2-04.1	Factibilidad	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Nº Arranques regionales	Personas	Mayor Eficiencia
ES-2-04	Diseño	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Nº Arranques regionales	Personas	Mayor Eficiencia
ES-2-05	Diseño	Diseño Construcción Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-05A	Diseño	Diseño Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-06	Diseño	Diseño Construcción/Ampliación Sistema SSR	Nº Arranques	Personas	Mas personas con Saneamiento
ES-2-07	Diseño	Diseño Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Nº Arranques	Personas	Mas personas con Saneamiento
ES-2-08	Ejecución	Construcción Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-08A	Ejecución	Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-09	Ejecución	Construcción/Ampliación Sistema SSR	Nº Arranques	Personas	Mas personas con Saneamiento
ES-2-10	Ejecución	Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Nº Arranques	Personas	Mas personas con Saneamiento
ES-2-11	Ejecución	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Nº Arranques	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-2-11.1	Diseño	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Nº Arranques	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-2-12	Ejecución	Implementación de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Nº Arranques regionales	personas	Red de APR
ES-2-13	Ejecución	Conservación Infraestructura Sanitaria (Anual)	Anual	Anuales	Conservación
ES-2-14.1	Factibilidad	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Nº Arranques	personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-14.2	Diseño	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Nº Arranques	personas	Mas Personas Abastecidas
ES-2-14	Ejecución	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Nº Arranques	personas	Mas Personas Abastecidas

Tabla 5.6-1 Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)

COD INI	Etapas	Nombre Inversión General	Unidad Valorización	Unidad Beneficio	Incidencia
ES-2-15	Ejecución	Construcción de Plantas de Tratamiento	Nº Arranques	personas	Mas personas con Saneamiento
ES-3-01	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras medianas de riego y acumulación	Unidad	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-3-02	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras mayores de riego y acumulación	Unidad	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-3-03	Diseño	Diseño de obras medianas de riego y acumulación	Unidad	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-3-04	Diseño	Diseño de obras mayores de riego y acumulación	Unidad	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-3-05.1	Factibilidad	Construcción Mejoramiento tecnológico de sistemas de Riego	Unidad	inversiones	Mayor Eficiencia
ES-3-05	Diseño	Construcción Mejoramiento tecnológico de sistemas de Riego	Unidad	inversiones	Mayor Eficiencia
ES-3-06	Ejecución	Construcción de obras medianas de riego y acumulación	km	ha	Superficie de Riego Equivalente Beneficiada
ES-3-07	Ejecución	Construcción de obras mayores de riego y acumulación	Anual	Volumen Regulado	Volumen Regulado
ES-3-08	Ejecución	Construcción Mejoramiento tecnológico para la eficiencia de sistemas de Riego	Unidad	ha	Mayor Eficiencia
ES-3-09	Ejecución	Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Anual	Anuales	Conservación
ES-3-10	Ejecución	Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Anual	Anuales	Conservación
ES-3-11.1	Factibilidad	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Unidad	inversiones	Protección Riberas
ES-3-11.2	Diseño	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Unidad	inversiones	Protección Riberas
ES-3-11.3	Ejecución	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	km	km	Protección Riberas
ES-4-01	Ejecución-Prefactibilidad	Plan de Manejo de Cauce	Unidad	inversiones	Diagnóstico del comportamiento Fluvioaluvial
ES-4-02	Factibilidad	Diseño Construcción de Defensas Fluviales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-02.1	Diseño	Diseño Construcción de Defensas Fluviales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-03	Ejecución	Diseño Construcción de Obras aluvionales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-03.1	Diseño	Diseño Construcción de Obras aluvionales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-04	Ejecución	Construcción de Defensas Fluviales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-05	Ejecución	Construcción de Obras aluvionales	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-06.1	Factibilidad	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros)	10 km	x 10 km	Recarga Acuífero
ES-4-06.2	Diseño	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros)	10 km	x 10 km	Recarga Acuífero
ES-4-06	Ejecución	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros) (	10 km	x 10 km	Recarga Acuífero
ES-4-07.1	Factibilidad	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-07.2	Diseño	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-07	Ejecución	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	1 km	km	Protección Riberas
ES-4-08	Ejecución	Conservación de Riberas río/Estero/Quebrada (Anual)	Anual	Anuales	Conservación

Tabla 5.6-1 Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)

COD INI	Etapas	Nombre Inversión General	Unidad Valorización	Unidad Beneficio	Incidenia
ES-5-01	Ejecución-Prefactibilidad	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización (más de 50.000 hab)	Unidad	Inversiones	Diagnóstico del comportamiento de la ciudad frente a eventos de precipitación extrema
ES-5-02	Factibilidad	Factibilidad Construcción Conducciones de Aguas Lluvias (año)	Unidad	Inversiones	Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias
ES-5-03	Diseño	Diseño Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias Estero/Canal	km	km	Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias
ES-5-04	Ejecución	Construcción Colector de Aguas Lluvias (año)	1 km	km	Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias
ES-5-05	Ejecución	Construcción Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias Estero/Canal	1 km	km	Drenaje y Evacuación de Aguas Lluvias
ES-5-06.1	Factibilidad	Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Unidad	Volumen recarga	Recarga Acuífero
ES-5-06.2	Diseño	Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Unidad	Volumen recarga	Recarga Acuífero
ES-5-06	Ejecución	Implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)	1 km	Volumen recarga m3/año	Recarga Acuífero
ES-5-07	Ejecución	Conservación de Colectores río/Estero/Quebrada (Anual)	Anual	Anuales	Conservación
ES-7-01	Factibilidad	Factibilidad construcción recarga acuífero	1 Ha	Volumen recarga	Recarga Acuífero
ES-7-02	Diseño	Diseño construcción recarga acuífero	1 Ha	Volumen recarga	Recarga Acuífero
ES-7-03	Ejecución	Construcción recarga acuífero	1 Ha	Volumen recarga	Recarga Acuífero

Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Incidencia en Matriz Hídrica

Para estimar la incidencia de las inversiones propuestas en la matriz hídrica se consideraron los siguientes criterios:

- Se define su incidencia hídrica como:
 - Sin Incidencia
 - Más Oferta
 - Menos Demanda
 - Más demanda
- Se indican criterios definidos para su cuantificación. Los valores se presentan en m³/año, salvo proyectos de embalse, donde la unidad se explicita en hm³
- El efecto efectivo solo se incorpora en las Inversiones en etapas de ejecución.

En la Tabla 5.6-2, se indican los metros cúbicos anuales por unidad según la variable determinada para valorizar la inversión e incidencia en la Matriz Hídrica el detalle se presenta en el Anexo 05.07.

Tabla 5.6-2 Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica

COD INI	Etapas	Nombre Inversión PU	Incidencia	Consideraciones
ES-1-01.1F_G	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.1M_RN	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.2F_G	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.2M_RN	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01F	Ejecución	Construcción de Estaciones Fluviométrica c/s Montaña	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01M	Ejecución	Construcción de Estaciones Meteorológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01G	Ejecución	Construcción de Estaciones Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01RN	Ejecución	Construcción de Rutas de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02.1	Factibilidad	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02.2	Diseño	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02	Ejecución	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	
ES-1-03.1	Factibilidad	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-03.2	Diseño	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-03	Ejecución	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	
ES-1-04	Ejecución	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-01	Factibilidad	Prefactibilidad Construcción Sistema de Agua Potable Rural	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-01A	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Potable Rural	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-02	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Servidas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-03	Factibilidad	Diseño de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-04.1	Factibilidad	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-04	Diseño	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-05	Diseño	Diseño Construcción Sistema APR	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-05A	Diseño	Diseño Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-06	Diseño	Diseño Construcción/Ampliación Sistema SSR	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-07	Diseño	Diseño Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-08	Ejecución	Construcción Sistema APR	Más Demanda	caudal por Arranque
ES-2-08A	Ejecución	Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Más Demanda	caudal por Arranque
ES-2-09	Ejecución	Construcción/Ampliación Sistema SSR	Sin Incidencia	
ES-2-10	Ejecución	Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Sin Incidencia	
ES-2-11	Ejecución	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	caudal por Arranca x factor de recuperación 0,8
ES-2-11.1	Diseño	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-12	Ejecución	Implementación de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Considera un 5% en el mejoramiento de la eficiencia de la red
ES-2-13	Ejecución	Conservación Infraestructura Sanitaria (Anual)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14.1	Factibilidad	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14.2	Diseño	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14	Ejecución	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	caudal por Arranque
ES-2-15	Ejecución	Construcción de Plantas de Tratamiento	Sin Incidencia	
ES-3-01	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras medianas de riego y acumulación	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-02	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras mayores de riego y acumulación	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-03	Diseño	Diseño de obras medianas de riego y acumulación	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción

Tabla 5.6-2 Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica

COD INI	Etapas	Nombre Inversión PU	Incidencia	Consideraciones
ES-3-04	Diseño	Diseño de obras mayores de riego y acumulación	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-05.1	Factibilidad	Construcción Mejoramiento tecnológico de sistemas de Riego	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-05	Diseño	Construcción Mejoramiento tecnológico de sistemas de Riego	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-06	Ejecución	Construcción de obras medianas de riego y acumulación	Menos Demanda	Para la estimación de estos volúmenes, se han considerado las siguientes variables: 1. Demanda de agua para riego por cuenca, 2. Longitud total de los canales por cuenca. 3. Porcentaje promedio de pérdida de agua en canales, según el Boletín INIA N° 412. Además, se ha asumido que el máximo de hectáreas regadas por kilómetro de canal es de 100 hectáreas.
ES-3-07	Ejecución	Construcción de obras mayores de riego y acumulación	Más Oferta	
ES-3-08	Ejecución	Construcción Mejoramiento tecnológico para la eficiencia de sistemas de Riego	Menos Demanda	
ES-3-09	Ejecución	Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-10	Ejecución	Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-11.1	Factibilidad	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-11.2	Diseño	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-11.3	Ejecución	Construcción de áreas verdes para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Sin Incidencia	
ES-4-01	Ejecución-Prefactibilidad	Plan de Manejo de Cauce	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-02	Factibilidad	Diseño Construcción de Defensas Fluviales	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-02.1	Diseño	Diseño Construcción de Defensas Fluviales	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-03	Ejecución	Diseño Construcción de Obras aluvionales	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-03.1	Diseño	Diseño Construcción de Obras aluvionales	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-04	Ejecución	Construcción de Defensas Fluviales	Sin Incidencia	
ES-4-05	Ejecución	Construcción de Obras aluvionales	Sin Incidencia	
ES-4-06.1	Factibilidad	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros)	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-06.2	Diseño	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros)	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-06	Ejecución	Construcción de obras regulación e infiltración (Zanjas, piscinas, otros) (	Más Oferta	Para el cálculo se considera que para Pp mayores a 5mm la zanja se llena completamente
ES-4-07.1	Factibilidad	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-4-07.2	Diseño	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	Sin Incidencia	
ES-4-07	Ejecución	Programa de Conservación y Restauración Ecológica	Sin Incidencia	
ES-4-08	Ejecución	Conservación de Riberas río/Estero/Quebrada (Anual)	Sin Incidencia	
ES-5-01	Ejecución-Prefactibilidad	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización (más de 50.000 hab)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-5-02	Factibilidad	Factibilidad Construcción Conducciones de Aguas Lluvias (año)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-5-03	Diseño	Diseño Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias Estero/Canal	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-5-04	Ejecución	Construcción Colector de Aguas Lluvias (año)	Sin Incidencia	

Tabla 5.6-2 Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica

COD INI	Etapas	Nombre Inversión PU	Incendencia	Consideraciones
ES-5-05	Ejecución	Construcción Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias Estero/Canal	Sin Incidencia	
ES-5-06.1	Factibilidad	Construcción Sistema Urbanos de drenaje Sostenibles (SUDS)	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-5-06.2	Diseño	Construcción Sistema Urbanos de drenaje Sostenibles (SUDS)	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-5-06	Ejecución	Implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)	Más Oferta	
ES-5-07	Ejecución	Conservación de Colectores río/Estero/Quebrada (Anual)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-7-01	Factibilidad	Factibilidad construcción recarga acuífero	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-7-02	Diseño	Diseño construcción recarga acuífero	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-7-03	Ejecución	Construcción recarga acuífero	Más Oferta	
NE-1-04	Coordinación Integral de Instituciones Públicas y Privadas	Creación de mesa de trabajo para el Manejo Integrado de Cuenca	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-2-01	Programa	Diseño y Ejecución de Seminarios y talleres	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-2-02	Programa	Diseño y Ejecución de Programas de Capacitación y Seguimiento	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-2-03	Programa	Programa de reforzamiento de OUA	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-3-01	Instrumento Director	Definición de franjas de restricción y Prohibición por riesgo de inundación, erosión u otro	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-3-02	Estudio	Elaboración Estudio de erosión y arrastre de sedimentos a nivel de cuenca periurbana y sus efectos ambientales, económicos y sociales en el territorio	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-3-03	Estudio	Reforestación y forestación de cuencas en sectores con riesgo de erosión	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-01	Estudio	Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en la Cuenca	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-02	Estudio	Diagnóstico de Recursos Hídricos y Demanda de Riesgo	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-03	Estudio	Estudio de Disponibilidad de Alternativas de Recursos Hídricos para Consumo Humano	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-04	Estudio	Nuevas tecnologías para el consumo humano eficiente y su reúso	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-05	Estudio	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral de la Cuenca	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
NE-4-06	Estudio	Programa de Operación de los sistemas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA

La metodología desarrollada por MOP para la evaluación socioeconómica ex-ante de planes territoriales de infraestructura (DIRPLAN, 2012) es *“una herramienta que permite al MOP seleccionar el plan más apropiado para un determinado territorio, entendido como aquel que cumple de mejor manera los objetivos que el Plan se propuso para el territorio”*.

Se basa en los siguientes principios generales:

- Existen criterios de decisión que no son incorporados en los indicadores económicos y que son relevantes para la evaluación y selección.
- El procedimiento de evaluación es simple, de fácil aplicación y en concordancia con las metodologías y procedimientos vigentes del Sistema Nacional de Inversiones (SNI).

De acuerdo a lo definido por DIRPLAN, la metodología trata de identificar la mejor alternativa dentro de un conjunto conocido de posibles alternativas, cada una con un determinado impacto en cada uno de los criterios de evaluación, lo que corresponde a un problema de ordenar-jerarquizar o clasificar las alternativas. Para esto se mide cómo cada una de las carteras alternativas de iniciativas estratégicas de inversión cumple: i) con contribuir a los objetivos que el plan se estableció y ii) con contribuir a la eficiencia en el uso de los recursos de inversión. La medición de la contribución a los objetivos del Plan se realiza mediante el cálculo de lo que se ha denominado “Índice Multicriterio” (IMC), mientras que la contribución a la eficiencia en el uso de los recursos se realiza mediante la metodología Costo-Beneficio planteado en la “Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental u otros Instrumentos de Gestión relacionados a Calidad del Agua” (Dictuc, 2021).

6.1 EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Para la priorización de medidas se utiliza una aproximación de la metodología de Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones (MCDM, por sus siglas en inglés). Este método ha sido estudiado para la priorización de infraestructura hidráulica, específicamente cuando se toman

decisiones de inversión de un conjunto de iniciativas que contemplan el mismo producto estratégico (tipo de inversión). En el presente informe se consideran como criterios de desarrollo las evaluaciones ambientales, tipologías de obras, factores socioeconómicos, político normativo y estratégico a nivel cuenca (ver Tabla 6.1-1), para mayor detalle de la metodología ver Anexo B del Informe Nacional. El resultado de la priorización multicriterio para la región se presenta en el Anexo 01.08.

Tabla 6.1-1 Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización

Ámbito	Ambiental	Tipologías de Obras		Social	Socioeconómico	Político Normativo	Estratégico nivel cuenca y regional
Indicador	Protección y recuperación de las fuentes de agua	Requiere ingreso a SEIA	Categoría Sustentabilidad de Obras	Obras vinculadas a Dimensiones de Seguridad Hídrica ⁽²⁾	Categoría de Multipropósito	Alineamiento político / normativo	PRIORIZACIÓN DE CUENCAS EN LA REGIÓN (viene del listado de cuencas priorizadas, depende del código de cuenca)
Escala	Alta [4]: Iniciativas destinadas a la protección y recuperación de los recursos hídricos Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: No requiere ingreso a SEIA Media [2]: Requiere análisis de pertinencia a SEIA Baja [1]: Requiere ingreso a SEIA	Alta [4]: Iniciativas innovadoras MOP (SbN, protección y recuperación de las fuentes de agua, recarga acuíferos, las habilitadas para el MOP por las leyes 21.639 y 20.998, otras) basadas en la Naturaleza u otras iniciativas no cubiertas por el MOP Media Alta [3]: Inversiones vinculadas a optimizar el uso del recurso hídrico Media Baja [2]: Embalses fuera del río o piscinas de acumulación Baja [1]: Iniciativas Tradicionales (Embalses en el río, Trasvase de agua entre distintas cuencas, otras obras grises no mencionadas anteriormente)	Alta [11]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [8]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media Baja [5]: Iniciativas vinculadas a Saneamiento [D1 - AS] Media Baja [5]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Baja [4]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3]	Alta [4]: Iniciativas multipropósito Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos	Alta [4]: Mayor o igual al percentil del 75% Media [2]: Entre los percentiles del 75% y 25% Baja [1]: Menor o igual al percentil del 25%
Justificación	Alta [4]: Permite la protección y recuperación de los recursos hídricos de acuerdo a la definición de la iniciativa en el informe regional, acápite 5.3 Conformación de la cartera de pre/inversión Baja [1]: No se vincula a proyectos destinados a la protección y recuperación de los recursos hídricos	Alta [4]: Conforme a lo dispuesto ¹ , NO es necesario que la inversión deba ejecutarse o modificarse previa la evaluación de su impacto ambiental Media [2]: Conforme a lo dispuesto ¹ , la inversión requiere análisis de pertinencia para evaluación ambiental Baja [1]: Conforme a lo dispuesto ¹ , SI es necesario que la inversión deba ejecutarse o modificarse previa la evaluación de su impacto ambiental	Alta [4]: Se considera iniciativa innovadora de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3.1 del Anexo B Enfoque metodológico Media Alta [3]: Se considera iniciativa vinculada a optimizar el uso del recurso hídrico de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3 del Anexo B Enfoque metodológico Media Baja [2]: Se considera iniciativa vinculada a embalses fuera del río o piscinas de acumulación, de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO innovadora de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3.1 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [11]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media Alta [8]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2] Media Baja [5]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Media Baja [5]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4] Baja [4]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Saneamiento Y Reúso [D1-AS]	Alta [4]: Se considera iniciativa multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional	
Ponderación	10%	9%	13%	20%	12%	12%	12%
max	4	4	4	4	4	4	4
min	1	1	1	1	1	1	1

(1): En el artículo 8° de la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el artículo 10° de la misma Ley

(2): Dimensiones previamente ponderadas según cantidad de habitantes por cuenca, actividad económica con mayor demanda hídrica en la región, área de humedales protegidos en la cuenca y densidad poblacional por cuenca, correspondientemente a cada dimensión.

Fuente: Elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Dentro de la evaluación socioeconómica se desarrolló la evaluación Costo-Beneficio utilizando un enfoque basado en la normalización para garantizar la comparabilidad entre las variables. El método de normalización fue considerado según lo planteado por Dictuc (2021).

Tanto el costo como el beneficio de cada iniciativa fueron normalizados según el método de re-escalamiento, el cual considera los valores de las variables llevándolos a un rango entre [0-1], empleando las fórmulas:

$$Ec(1) \quad y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} * 100$$

$$Ec(2) \quad y_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} * 100$$

Donde:

Ec(1): Para indicadores con relación positiva, en este caso los **beneficios**

Ec(2): Para indicadores con relación negativa, en este caso los **costos**

y_{ij} = Variable normalizada

x_{ij} = Variable original

$\min(x_{ij})$ = El valor más bajo de esa variable en todo el conjunto de datos de la misma tipología

$\max(x_{ij})$ = El valor más alto de esa variable en todo el conjunto de datos de la misma tipología

Este proceso permitió ajustar los datos, originalmente expresados en distintas unidades, a una escala común. Posteriormente, la razón costo-beneficio fue calculada dividiendo el beneficio normalizado por el costo normalizado:

$$\text{Razón costo beneficio} = \frac{\text{Beneficio normalizado}}{\text{Costo normalizado}}$$

Los valores de la razón reflejan la relación relativa entre el beneficio generado y el costo incurrido, donde valores mayores a 1 indican que el beneficio supera al costo en términos relativos, mientras que valores menores a 1 evidencian que el costo es mayor que el beneficio.

La razón costo beneficio se ponderó con el 12% mientras que la ponderación de la tabla multicriterio (Tabla 6.1-1) es de 88%. Este ajuste busca mantener una equivalencia con la ponderación asignada al criterio de evaluación socioeconómica en la metodología multipropósito.

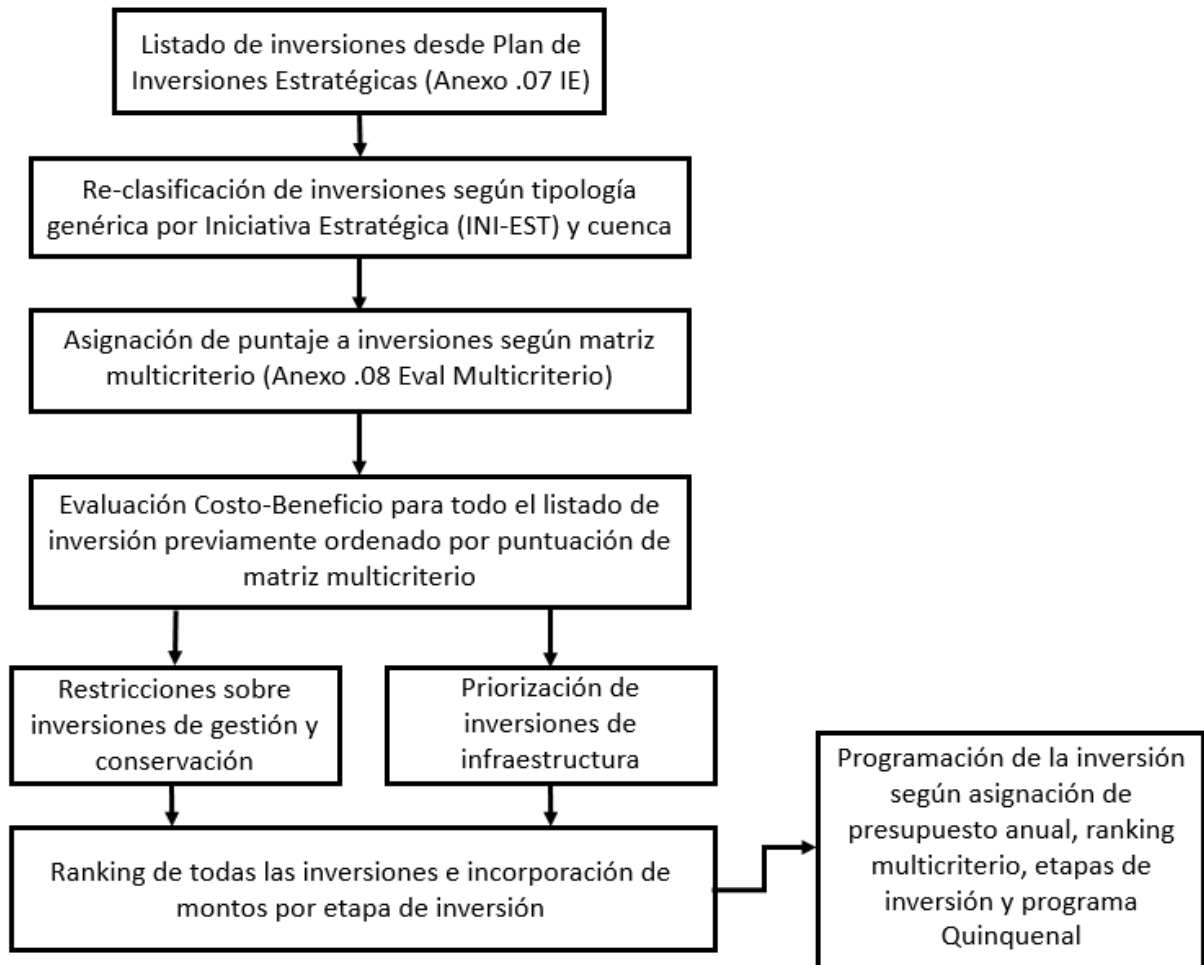
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

Según lo planteado en este capítulo, se han priorizado las inversiones a partir de la matriz multicriterio y el puntaje asignado a cada iniciativa planteada.

Dentro del proceso de priorización se consideraron una serie de restricciones, las cuales permiten una evaluación más precisa y alineada con los objetivos de este estudio. Las restricciones son:

- Se dejan fuera del ranking para la programación de la inversión todas las iniciativas vinculadas a conservación, las que quedan con un monto fijo anual asignado que equivale al promedio de la inversión histórica del MOP para este tipo de iniciativas entre los años 2019-2023. Para la región de Coquimbo, este equivale a \$9.000.000 (miles de pesos).
- Las medidas de gestión e instrumentos directores (inversiones de gestión) se priorizan por sobre las inversiones de infraestructura, por lo que sus montos de inversión quedan asociados al año 0 (cero) de la cartera programada. Esto debido a que estos tipos de inversión suelen ser medidas habilitantes para la ejecución de inversiones de infraestructura.
- La priorización incluye la inversión de los programas Quinquenales definidos por MOP para los años 2024-2028. Los proyectos marcados como “Ejecutado” ya se desarrollaron, su inclusión en las planillas es para el análisis y orden de la misma, considerando que algunos de estos proyectos aún tienen etapas por ejecutar. Esto no afecta a la inversión final ya que el monto asociado a etapas ya desarrolladas es cero.
- Se considera en la programación un monto disponible anual equivalente a \$55.000.000 (miles de pesos), el cual se obtiene a partir del promedio ajustado anual de la inversión histórica del MOP para esta región entre los años 2019-2023.
- En la programación se incluye el orden de las etapas que conforman una inversión, ordenándose de acuerdo a la siguiente priorización:
 1. Estudio y/o prefactibilidad
 2. Factibilidad
 3. Diseño
 4. Ejecución
- En el caso de las conservaciones, solo se considera la etapa de ejecución.
- En el caso de las inversiones o etapas de una iniciativa que superen el monto anual regional, se han proyectado en la cartera sin sumarse a la inversión regional, presentándose de forma paralela, ajustadas al año en que debiesen ser ejecutadas si es que fuesen aprobadas por MIDESO, y según la duración propuesta en este estudio para los tipos de inversión correspondientes.

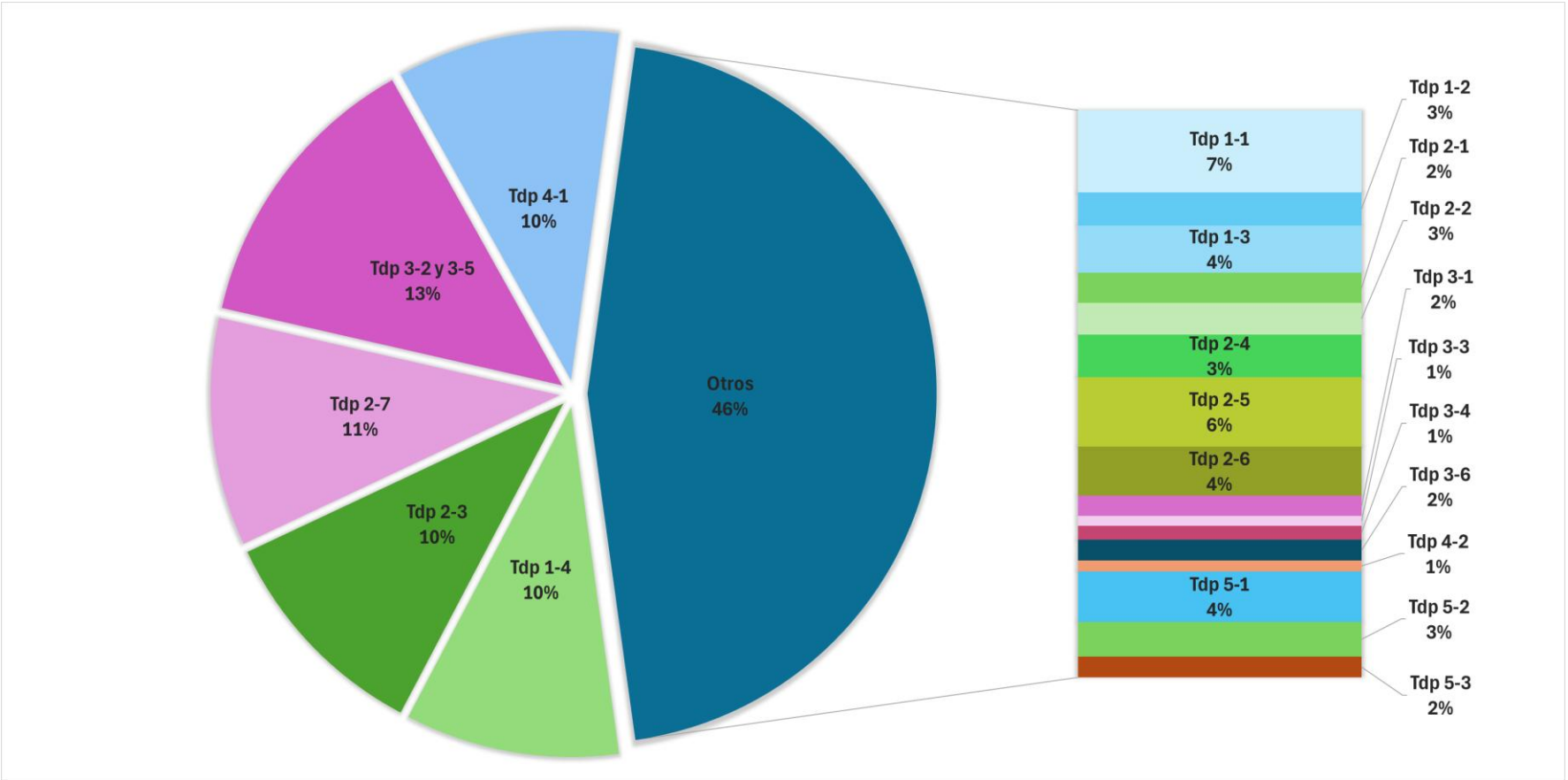
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-1 Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión

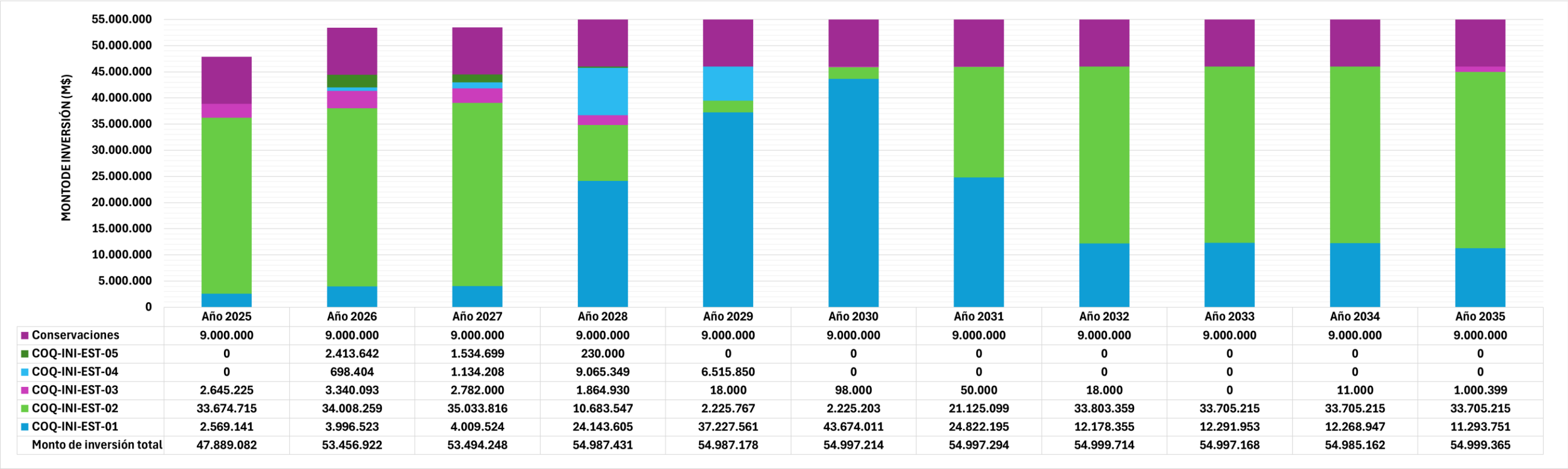
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presentan las iniciativas priorizadas por el MOP que superen el monto anual regional. En la Figura 6.3-5 se presenta la cartera de inversiones por tipo de fuente de inversión a desarrollar durante el periodo 2025-2035.



Tipología de proyecto	Descripción
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales
2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras
2-3	Eficiencia en el Uso del Agua: - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego; - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego
2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones; Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios; Plan de Seguimiento a Planes de Riego
2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego; Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego; Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces
4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas
5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas
5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Fuente: Elaboración propia

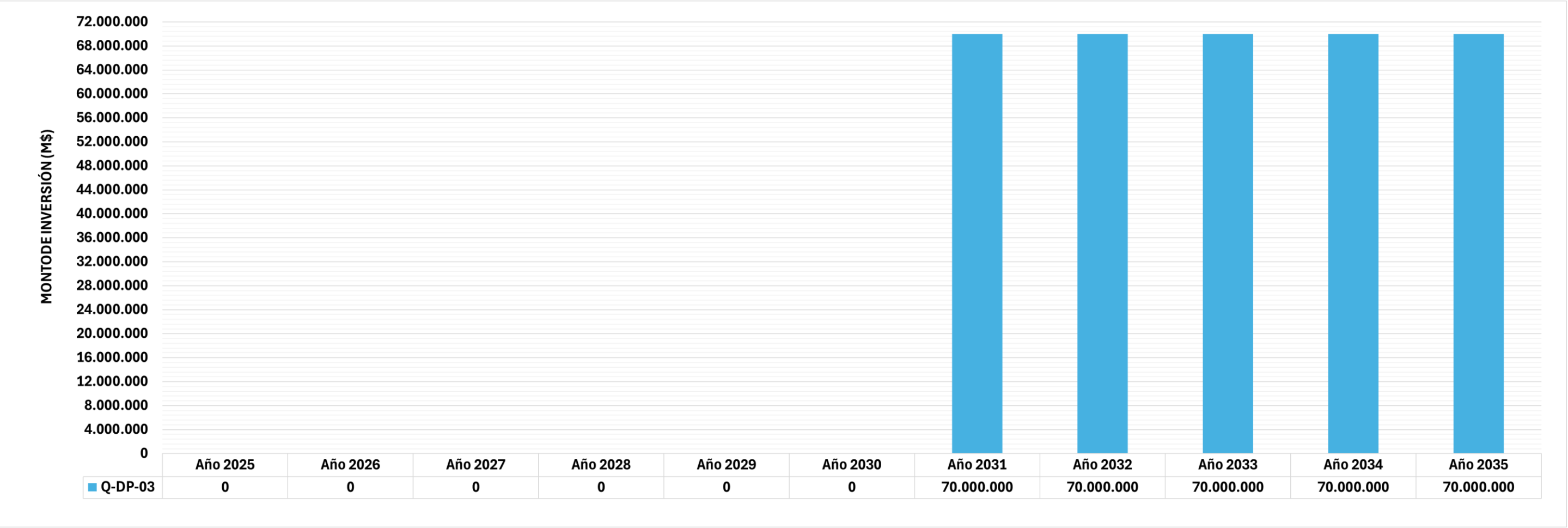
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Coquimbo



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas
INI-EST-04	Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza
INI-EST-05	Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población

Fuente: Elaboración propia

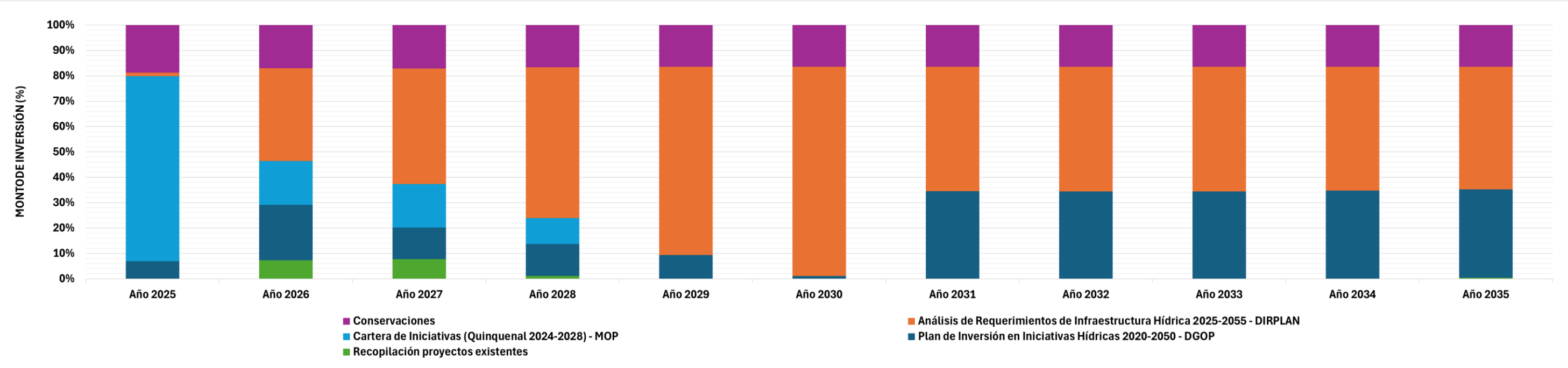
Figura 6.3-3 Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Coquimbo



Leyenda	Descripción iniciativas
Q-DP-03	Desaladora Panul (cuenca 044)

Nota: Las iniciativas adicionales a la inversión regional anual fueron ajustadas al año en que debiesen ser ejecutadas si es que fuesen aprobadas por MIDESO.
Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-4 Iniciativas priorizadas por el MOP que superen el monto anual regional para la región de Coquimbo



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-5 Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Coquimbo

CAPÍTULO 7 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

A continuación, se presenta la propuesta de escenarios de desarrollo que permitirán analizar la cartera de inversión de manera estratégica, considerando tanto las tendencias emergentes como los posibles puntos de inflexión que podrían impactar significativamente en la planificación y la capacidad de respuesta frente a los requerimientos hídricos del país.

En primer lugar, se definirán los puntos de inflexión o factores críticos para la toma de decisiones sobre los recursos hídricos; para luego definir los escenarios de desarrollo sobre los cuales se implementará la cartera de inversión.

7.1 SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

Para la selección de factores se consideró como supuesto que unos pocos actores clave impulsan las decisiones que conducen a la implementación de proyectos, y que las decisiones se basan en un conjunto discreto de factores que colectivamente dan forma a las decisiones finales (Siddiqi, Eriqat, & Diaz Anadon, 2016). Es así como, inicialmente, se identificaron diferentes factores críticos transversales a nivel nacional vinculados a variables como:

- Distribución geográfica y migración: proyección de crecimiento poblacional
- Brechas hídricas y de infraestructura asociadas a la demanda del recurso: Uso y distribución de agua para el consumo humano, el desarrollo económico-productivo, y para la conservación y preservación ecosistémica.
- Brechas hídricas y de infraestructura asociadas a la oferta del recurso y calidad de agua: Sustentabilidad de fuentes de abastecimiento hídrico para diferentes usos y la prevención de contaminación. Incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento hídrico. Resiliencia frente a eventos extremos.
- Gobernanza hídrica: colaboración entre los diversos actores involucrados en la gestión hídrica. Desarrollo económico local e impacto social de proyectos de infraestructura hídrica. Acceso a información hídrica en cantidad y calidad.

Con el objetivo de identificar los factores críticos regionales, se desarrolla una breve contextualización de la situación actual en la región respecto a los desafíos y oportunidades futuras en materia de seguridad hídrica.

7.1.1 Contexto regional y áreas de intervención prioritarias

La Región de Coquimbo enfrenta desafíos críticos en la gestión de su recurso hídrico, producto de su geografía, clima semiárido y una demanda creciente. La hidrografía de la región está dominada por los valles transversales de Elqui, Limarí y Choapa, que dan origen a los ríos del mismo nombre, los cuales abastecen a sectores urbanos y rurales en las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. Sin embargo, el estrés hídrico ha aumentado en todas las cuencas, particularmente en las del Río Limarí (BNA 045) y Costeras entre Elqui y Limarí (BNA 044), donde la demanda total ya supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%.

En términos demográficos, la región alberga a más de 750.000 habitantes, con una fuerte concentración en las comunas de La Serena y Coquimbo, que conforman la principal conurbación del territorio. En estas áreas urbanas, el agua potable proviene de una combinación de fuentes superficiales y subterráneas, siendo distribuida principalmente por la empresa Aguas del Valle. No obstante, la infraestructura de distribución enfrenta desafíos durante periodos de sequía, debido al incremento poblacional y a la demanda estacional asociada al turismo. En el ámbito rural, donde residen aproximadamente 142.470 personas, la brecha en acceso a agua potable es considerable. Aunque existen 54 Sistemas Sanitarios Rurales (SSR) que abastecen a comunidades dispersas en toda la región, aún hay cerca de 47.874 habitantes rurales sin acceso a un suministro formal, dependiendo de camiones aljibe o fuentes informales, lo que compromete su seguridad hídrica. En términos de saneamiento, solo el 20,66% de la población rural dispone de alcantarillado, mientras que en las zonas urbanas, la cobertura de este servicio alcanza el 92,1%.

El sector agrícola es el principal usuario de agua en la región, representando más del 90% del consumo total. La cuenca del Río Limarí (BNA 045) lidera en demanda hídrica agrícola, con aproximadamente 400 Mm³/año, seguido por la cuenca del Río Choapa (BNA 047) y la del Río Elqui (BNA 043). El riego por goteo y microaspersión ha ganado terreno en cultivos de frutales, sin embargo, en muchas zonas aún persisten sistemas de riego menos eficientes, como el riego por surco, especialmente en pequeños productores de la provincia de Choapa. La modernización del riego y la tecnificación de la gestión del agua en los canales de distribución son clave para mejorar la eficiencia en el uso agrícola. La minería, otro sector estratégico, concentra su demanda en la cuenca del Río Choapa, donde Minera Los Pelambres ha implementado una planta desaladora con capacidad inicial de 400 l/s para reducir su dependencia del agua continental. Aun así, el sector minero mantiene una demanda considerable, proyectándose en 69 Mm³/año para 2055.

La diversificación de la matriz hídrica se ha convertido en una prioridad para enfrentar la escasez. Actualmente, existen dos pequeñas plantas desaladoras operativas en Ovalle, con capacidades de 8.000 litros/día, pero proyectos de mayor escala, como la planta desalinizadora de Huentelauquén (1.000 l/s) y la de Oceanus en la cuenca del Elqui (1.200 l/s), aún están en fase de planificación. La región también ha explorado iniciativas como la recarga artificial de acuíferos, con el proyecto GIRAgua en Pan de Azúcar (cuenca del Río Elqui), y la cosecha de aguas lluvia en la comuna de Combarbalá.

En cuanto a resiliencia frente a eventos climáticos extremos, las inundaciones han sido más frecuentes en las cuencas del Río Elqui y Río Limarí, mientras que la sequía ha afectado de manera más severa a la cuenca del Río Choapa. Se han identificado 33 obras de defensa fluvial en Choapa y 9 en Elqui, pero la región carece de planes maestros de aguas lluvias y de una infraestructura aluvional adecuada para prevenir desbordes en períodos de alta precipitación.

El fortalecimiento de la gobernanza hídrica es esencial para enfrentar estos desafíos. Se requiere mejorar la fiscalización de los derechos de aprovechamiento de agua, optimizar la gestión integrada de cuencas y fomentar la educación sobre eficiencia hídrica en sectores productivos y comunidades. En las zonas urbanas, es fundamental reducir pérdidas en la red de distribución y optimizar el uso domiciliario del agua, promoviendo tecnologías de bajo consumo. En el ámbito agrícola e industrial, la implementación de sistemas de reutilización de aguas servidas tratadas y la promoción de infraestructura multipropósito pueden contribuir a reducir la presión sobre las fuentes tradicionales.

El panorama hídrico de la Región de Coquimbo exige un enfoque territorializado que diferencie las realidades urbanas y rurales, así como las necesidades específicas de cada cuenca. La combinación de infraestructura, innovación y gestión eficiente será clave para garantizar la disponibilidad del recurso a largo plazo, equilibrando el desarrollo económico con la seguridad hídrica y la protección ambiental.

7.1.2 Factores críticos regionales

A partir de los resultados del análisis de antecedentes presentados anteriormente, y la evaluación experta de la consultora, se identifican los siguientes factores críticos que afectan a la región de forma transversal:

- **Fuentes de abastecimiento y eficiencia en el uso del agua:** La reducción sostenida de la oferta hídrica, agravada por el cambio climático, es uno de los factores más determinantes para la gestión del agua en la región. Los datos muestran que todas las cuencas hidrográficas han experimentado disminuciones en su disponibilidad de agua,

tanto en términos de caudal superficial como de recarga de acuíferos. Las cuencas del Río Limarí (BNA 045) y Costeras entre Elqui y Limarí (BNA 044) son las más afectadas, con reducciones proyectadas del caudal de hasta un 14% y 17% respectivamente. Además, la demanda sigue en aumento, con el sector agrícola como principal consumidor, representando más del 90% del uso total del agua. Sin embargo, el abastecimiento de agua potable en las zonas urbanas de La Serena, Coquimbo y Ovalle también enfrenta riesgos, especialmente en épocas de sequía, donde la dependencia de embalses se vuelve insostenible. En las zonas rurales, el acceso es aún más crítico, con aproximadamente 47.874 personas sin conexión formal al servicio de agua potable, dependiendo de soluciones de emergencia como camiones aljibe.

- **Impactos por mayor frecuencia de eventos extremos:** La variabilidad climática en la Región de Coquimbo se ha intensificado en las últimas décadas, evidenciando un aumento en la frecuencia y magnitud de eventos extremos, tanto sequías prolongadas como inundaciones repentinas. Desde el año 2014, prácticamente toda la región ha estado bajo decretos de escasez hídrica de manera ininterrumpida. Las proyecciones indican una disminución en la recarga natural de acuíferos y una mayor incertidumbre en la disponibilidad de recursos hídricos superficiales, lo que hace aún más desafiante la planificación y asignación del agua. Por otro lado, los eventos de precipitaciones intensas y crecidas en ríos como el Río Elqui (BNA 043) y Río Limarí (BNA 045) han generado desbordes y aluviones, afectando tanto a las áreas urbanas como a la infraestructura hídrica existente. En los últimos años, las inundaciones han impactado gravemente la conurbación La Serena-Coquimbo y localidades agrícolas del Limarí, revelando una falta de infraestructura adecuada para el manejo de aguas lluvias y control de crecidas.

Las selecciones de estos factores permiten obtener información sobre qué escenarios pueden impulsar la progresión a lo largo de posibles diferentes vías de desarrollo e impulsar la selección de proyectos particulares en el futuro. En este contexto, y con el fin de dar respuesta a las brechas de seguridad hídricas, se propusieron Iniciativas Estratégicas, las cuales engloban un espectro de tipos de proyectos similares que, a su vez, cuentan con una cartera de pre/inversiones. El detalle se presenta en el Anexo 01.07. Las Iniciativas Estratégicas vinculadas a los factores críticos seleccionados y sus respectivos códigos son:

- “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Agua Potable” [ATA-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua” [ARI-INI-EST-02].

- “Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, además del manejo de los flujos excedentes del invierno altiplánico” [ARI-INI-EST-06].

Dada la magnitud de pre/inversión propuestos, se realizó una priorización de ellos utilizando una matriz Multicriterio, además de una evaluación socioeconómica simplificada. Considerando las iniciativas priorizadas en el acápite 6.2, a continuación, se presentan la propuesta de escenarios de desarrollo futuro, en base a las incertidumbres, vulnerabilidades y oportunidades de la cartera de acciones actual.

7.2 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región de Coquimbo enfrenta desafíos estructurales significativos en torno a la gestión de los recursos hídricos, influenciados por factores como el crecimiento poblacional, la presión sobre los ecosistemas, los efectos del cambio climático y la vulnerabilidad de su infraestructura hídrica.

En este acápite se presentan los cuatro escenarios de desarrollo que reflejan la interacción de las **tendencias globales, los factores locales y los quiebres de tendencia regionales**, y su impacto en los aspectos mencionados de los **desafíos de seguridad hídrica y la capacidad de respuesta del sistema**. Estos escenarios desarrollo corresponden a:

- **Estancamiento crítico:** Aumentan los desafíos de seguridad hídrica y se obstaculiza la capacidad de respuesta.
- **Desafío gestionable:** Aumentan los desafíos de seguridad hídrica, pero no se obstaculiza la capacidad de respuesta.
- **Capacidad limitada:** No aumentan los desafíos de seguridad hídrica, pero se obstaculiza la capacidad de respuesta.
- **Avance sostenible y resiliente:** No aumentan los desafíos de seguridad hídrica y no se obstaculiza la capacidad de respuesta.

Cada escenario ha sido diseñado para proporcionar una visión amplia sobre cómo se pueden desarrollar los recursos hídricos en la región y cómo las políticas y las inversiones pueden mitigar o potenciar los desafíos.

7.2.1 Análisis de estancamiento crítico

El presente análisis desarrolla un marco prospectivo en el cual la crisis hídrica en la Región de Coquimbo alcanza niveles críticos e irreversibles en ausencia de medidas estructurales de mitigación. La progresiva intensificación del déficit hídrico es atribuible a la convergencia de factores antropogénicos y climáticos que limitan la resiliencia del sistema socio-hidrológico regional. Particularmente, el acceso a agua potable segura emerge como una

problemática estructural en las provincias de Limarí y Choapa, donde hasta un 23% de la población en zonas rurales no dispone de infraestructura de suministro adecuada. La presencia de una brecha de información que oscila entre el 33% y el 39% en viviendas rurales de estas provincias compromete la formulación de estrategias basadas en evidencia empírica.

En las zonas urbanas, el desajuste entre la demanda creciente y la capacidad instalada del sistema de distribución compromete la seguridad hídrica. En ciudades como La Serena, Coquimbo, Ovalle y Los Vilos, la dependencia de camiones aljibe se ha convertido en una solución recurrente, aunque poco sostenible y con elevados costos operacionales. Además, el sistema de distribución exhibe un nivel alarmante de ineficiencia, con pérdidas que alcanzan un 29% en promedio a nivel regional, y superan el 40% en localidades como Guanaqueros, Sotaqui y Peralillo de Vicuña.

Desde el punto de vista de la infraestructura, la capacidad de adaptación del sistema hídrico regional es insuficiente para absorber las fluctuaciones en la disponibilidad de los recursos. En la actualidad, la región cuenta con dos plantas desalinizadoras ubicadas en Ovalle, cuya capacidad de producción conjunta es de apenas 16.000 litros por día, un volumen marginal frente a la magnitud del déficit hídrico estructural. Aunque se ha anunciado la construcción de una planta desalinizadora multipropósito en El Panul (Coquimbo), la fase de licitación en la que aún se encuentra el proyecto retrasa su implementación efectiva y prolonga la situación de vulnerabilidad hídrica.

El impacto sobre el sector agroproductivo es particularmente significativo. En términos de demanda proyectada, se estima que el consumo hídrico en la actividad agrícola aumentará un 24% hacia 2055, con los cultivos frutales en la provincia de Limarí como principales consumidores del recurso. En este subsector, el requerimiento hídrico incrementará en un 43% en comparación con los niveles actuales. Sin embargo, la eficiencia de riego presenta notables disparidades: en la cuenca del río Elqui (Código BNA 043), la eficiencia alcanza un 79%, mientras que en la cuenca del río Choapa (Código BNA 047) apenas se registra un 58%. La persistencia de estas desigualdades evidencia la necesidad de implementar un modelo de gestión integrada del recurso hídrico que contemple tecnologías avanzadas de eficiencia y distribución.

La minería, otro de los sectores clave de la región, también enfrenta una proyección de incremento en la demanda de agua. Se estima que su consumo aumentará un 23% hacia 2055, particularmente en las faenas mineras emplazadas en la cuenca del río Choapa (Código BNA 047). A pesar de ello, la implementación de estrategias de reutilización y desalinización en el sector sigue siendo deficitaria. Esto sugiere la necesidad de fortalecer

mecanismos regulatorios y financieros que incentiven la transición hacia procesos industriales con menor intensidad de consumo hídrico.

De no adoptarse medidas de mitigación efectivas, la región enfrentará una crisis hídrica sistémica con consecuencias socioeconómicas y ambientales de gran magnitud. La insuficiencia de infraestructura para el suministro de agua potable en zonas rurales profundizará las desigualdades en el acceso al recurso, lo que derivará en desplazamientos poblacionales desde sectores rurales hacia áreas urbanas, exacerbando la presión sobre los sistemas urbanos de distribución.

En el ámbito productivo, la creciente escasez de agua afectará la viabilidad del sector agrícola, provocando una reducción en la superficie cultivable y una caída en la producción de cultivos estratégicos. La insuficiencia de medidas de eficiencia hídrica en la actividad agrícola comprometerá la sostenibilidad de los sistemas de riego en la cuenca del río Choapa, mientras que en la cuenca del río Elqui las presiones sobre el recurso aumentarán debido a la expansión del área de producción intensiva.

Desde una perspectiva económica, la reducción en la disponibilidad hídrica afectará la competitividad del sector minero, limitando su capacidad de expansión y aumentando los costos de producción. En términos ambientales, la degradación de humedales y ecosistemas acuáticos por el uso excesivo de los caudales superficiales y subterráneos impactará negativamente en la biodiversidad y en la capacidad de regulación natural del recurso hídrico.

Para evitar la materialización de estos riesgos, se requiere la implementación de una estrategia integral de seguridad hídrica que incorpore soluciones a corto, mediano y largo plazo. Una de las iniciativas prioritarias es la construcción de la planta desalinizadora multipropósito en El Panul, que permitiría reducir la dependencia de fuentes convencionales de agua en los sectores urbanos y productivos de la región. Asimismo, es imprescindible ampliar y modernizar la infraestructura de Agua Potable Rural (APR) para garantizar el acceso equitativo al recurso en comunidades vulnerables.

Otra estrategia fundamental es la implementación de infraestructura para la reutilización de aguas servidas, facilitando su aprovechamiento en actividades agrícolas y procesos industriales. La optimización de los sistemas de distribución de agua potable mediante la reducción de pérdidas en redes urbanas y la modernización de los canales de riego es una medida esencial para mejorar la eficiencia del uso del recurso.

Desde el punto de vista de la gobernanza del agua, se recomienda fortalecer la regulación del acceso y uso de los recursos hídricos mediante la creación de Comunidades de Aguas

Subterráneas (CAS), que permitan gestionar de manera eficiente la extracción y recarga de acuíferos en cuencas con estrés hídrico crítico, como las del río Limarí y el río Choapa. Además, la planificación y construcción de embalses multipropósito proporcionaría una solución de almacenamiento eficiente en escenarios de sequía extrema.

Finalmente, la adaptación del sector agroproductivo a la nueva realidad hídrica es un imperativo. Se recomienda promover cultivos con menor demanda de agua y fomentar la adopción de sistemas de riego tecnificado en las cuencas agrícolas más vulnerables. A nivel normativo, es fundamental establecer estándares de monitoreo de la calidad del agua y regulaciones más estrictas sobre el vertimiento de contaminantes en cuerpos de agua estratégicos para el abastecimiento poblacional y productivo.

La implementación coordinada de estas estrategias permitirá mitigar los efectos del estancamiento crítico en la región, asegurando la sostenibilidad del recurso hídrico y la estabilidad socioeconómica en el largo plazo.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La región de Coquimbo enfrenta un contexto hídrico complejo, caracterizado por un desequilibrio progresivo entre oferta y demanda de agua, impulsado por la combinación de presiones antropogénicas y cambios climáticos adversos. Factores como el incremento demográfico, la expansión de sectores industriales intensivos en consumo hídrico y la disminución de precipitaciones comprometen la sostenibilidad del recurso hídrico en la región. Aunque se han desarrollado estrategias para la mitigación de esta crisis, el contexto a futuro revela consecuencias que requieren intervenciones robustas y sistemáticas.

La brecha de acceso a agua potable y saneamiento en la región es particularmente alarmante en las comunidades rurales, donde entre un 15% y un 23% de la población carece de acceso a fuentes seguras de agua potable, concentrándose esta problemática en las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. En particular, las cuencas Costeras e Islas entre la Tercera Región y Quebrada Los Choros (BNA 040) y las cuencas del río Limarí (BNA 045) y río Choapa (BNA 047) exhiben una accesibilidad al agua potable en niveles críticos. Además, entre un 38% y un 39% de la población rural carece de acceso a sistemas de alcantarillado, lo que conlleva externalidades negativas en la salud pública y la sostenibilidad ambiental. En las áreas urbanas, la situación también es precaria en ciertas localidades. Ciudades como Illapel, Canela, Combarbalá y Monte Patria dependen en gran medida del abastecimiento mediante camiones aljibe, lo que representa una vulnerabilidad estructural ante crisis hídricas prolongadas. En contraste, ciudades como La Serena y Coquimbo presentan redes de distribución consolidadas, pero con deficiencias notables en la eficiencia de distribución, con pérdidas que oscilan entre el 20% y el 40%, dependiendo de la localidad. En puntos

críticos como Guanaqueros, Sotaqui y Peralillo de Vicuña, estas pérdidas superan el 40%, exacerbando el déficit de disponibilidad.

El crecimiento poblacional previsto también genera retos significativos en la planificación de la infraestructura hídrica. Se estima que la población rural con acceso a Agua Potable Rural (APR) crecerá en un 22% en las cuencas Costeras entre la Tercera Región y Quebrada Los Choros (BNA 040) y un 17% en las cuencas Costeras entre el río Los Choros y el río Elqui (BNA 042), mientras que en las cuencas del río Limarí (BNA 045) y río Choapa (BNA 047), el crecimiento se estima en un 16%. Sin una planificación efectiva y la expansión de infraestructura acorde a esta dinámica, se podría intensificar la brecha en el acceso a servicios hídricos básicos.

El sector agrícola de la región, uno de los pilares económicos fundamentales, enfrenta un desafío creciente debido al aumento proyectado en la demanda hídrica. Se estima que para 2055 el requerimiento hídrico del sector agrícola aumentará en un 24%, con los cultivos frutales como los mayores demandantes, proyectándose un incremento del 43% en su consumo de agua. Sin regulaciones estrictas y mejoras en la eficiencia de riego, la sobreexplotación de acuíferos y cuerpos de agua superficial podría comprometer la sostenibilidad a largo plazo del sector. Actualmente, la eficiencia de riego en la región se sitúa en un promedio del 69%, pero con grandes disparidades entre cuencas, alcanzando un 79% en la cuenca del río Elqui y apenas un 58% en la cuenca del río Choapa.

El sector minero también muestra un crecimiento en sus requerimientos hídricos, con una proyección de aumento del 23% en la demanda de agua hacia 2055. La minería representa un componente estratégico de la economía regional, pero su elevada demanda de agua genera tensiones con otros sectores y comunidades. A pesar de las iniciativas de desalinización y recirculación de aguas industriales, la implementación de estas tecnologías sigue siendo insuficiente para contrarrestar los efectos de la creciente demanda.

Por otro lado, la eficiencia en la distribución de agua potable sigue siendo un problema estructural. Actualmente, las pérdidas en la red de distribución alcanzan un 29% en promedio a nivel regional, con impactos directos en la accesibilidad y costos del servicio para la población.

Implicancias Ambientales y Cambio Climático

El impacto ambiental de la gestión hídrica en la región de Coquimbo es significativo, especialmente en relación con la sobreexplotación de acuíferos y la falta de regulaciones en la gestión de aguas subterráneas. La ausencia de Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) limita la capacidad de gestión y control de extracciones, lo que conlleva un riesgo elevado de intrusión salina en acuíferos costeros y una disminución en la calidad del agua.

El cambio climático acentúa esta problemática. Se proyecta una reducción del 16,75% en las precipitaciones, lo que impactará en los caudales de los ríos y la disponibilidad de agua superficial. Actualmente, los embalses de la región presentan niveles críticos de almacenamiento, con el río Limarí alcanzando apenas un 11% de su capacidad y el río Choapa un 20%. Esta situación limita la capacidad de respuesta ante periodos de sequía prolongados y resalta la urgencia de estrategias de gestión hídrica basadas en almacenamiento, redistribución eficiente y tecnologías de reutilización.

En términos de conservación ambiental, la degradación de humedales y ecosistemas acuáticos se ha convertido en un problema crítico. La expansión urbana y la disminución de caudales han afectado zonas clave como la desembocadura del río Elqui, comprometiendo su funcionalidad ecológica y su capacidad de regulación hídrica.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La dinámica de la oferta y demanda hídrica en la Región de Coquimbo se inscribe en un contexto de creciente presión sobre los recursos naturales, donde la variabilidad climática y el incremento de las temperaturas han precipitado una progresiva reducción en la disponibilidad de agua superficial y subterránea. La disminución de los caudales en las cuencas hidrográficas más relevantes, como las de los ríos Elqui (BNA 043), Limarí (BNA 045) y Choapa (BNA 047), ha generado un escenario de tensión hídrica que afecta tanto al abastecimiento poblacional como a la sostenibilidad de los sectores agrícolas e industriales. En las áreas rurales, particularmente en comunas como Monte Patria, Combarbalá y Canela, se han registrado periodos de sobreexplotación de los acuíferos, alcanzando un índice del 13,09%. Esto ha acentuado las dificultades en el acceso al agua potable, con estimaciones que indican que entre un 14,7% y un 23% de la población rural permanece excluida de este servicio básico, evidenciando además una brecha de información que fluctúa entre el 33,3% y el 38,8% en los registros habitacionales.

Las áreas urbanas de mayor concentración demográfica, como La Serena y Coquimbo, presentan una infraestructura hídrica con coberturas superiores al 95%; sin embargo, en localidades intermedias como Illapel y Ovalle, se observan problemas en la continuidad del suministro, debido a la presión ejercida sobre embalses estratégicos como Puclaro, La Paloma y Recoleta. De manera paralela, la problemática del saneamiento sigue siendo un desafío crítico en las zonas rurales, donde entre un 38,5% y un 39,1% de la población carece de acceso a alcantarillado, afectando significativamente la calidad de vida en localidades como Punitaqui y Los Vilos y propiciando condiciones para la contaminación de las fuentes hídricas.

Desde el punto de vista de la infraestructura de gestión del recurso hídrico, la región dispone de una extensa red de canales de riego que se extiende por más de 4.526 kilómetros, con una preponderancia en la cuenca del río Limarí (52%), seguida por la del río

Choapa (23%) y la del río Elqui (20%). No obstante, la antigüedad y el estado de conservación de esta infraestructura determinan una alta ineficiencia en la conducción, con pérdidas estimadas en un 29% a nivel regional, registrándose los valores más críticos en localidades como Guanaqueros, Sotaqui y Peralillo de Vicuña, donde se han documentado pérdidas superiores al 40%. En contraposición, Canela Alta, Totalillo, Pichidanguí y Combarbalá han mantenido sus niveles de pérdida en umbrales inferiores al 20%.

La eficiencia en el uso del agua presenta marcadas diferencias según la actividad económica y el contexto geográfico. En el sector agrícola, que representa el mayor consumidor del recurso, la eficiencia de aplicación del riego se sitúa en un rango que va desde el 79% en la cuenca del río Elqui hasta un mínimo de 58% en la cuenca del río Choapa, lo que refleja un promedio regional del 69%. Las comunas de Combarbalá y Salamanca evidencian un bajo nivel de tecnificación del riego, lo que contribuye a un alto consumo hídrico innecesario, mientras que en el Valle de Elqui, la presencia de sistemas de riego por goteo ha permitido alcanzar mayores niveles de eficiencia en el uso del agua.

En lo que respecta al abastecimiento de agua potable, las ciudades de La Serena y Coquimbo presentan índices de eficiencia en la distribución cercanos al 80%, mientras que en centros urbanos de menor escala como Monte Patria e Illapel, estos valores descienden por debajo del 65%, producto de fugas y una infraestructura de conducción en condiciones deficitarias. La situación es aún más crítica en las zonas rurales, donde los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) han registrado eficiencias inferiores al 50% en múltiples localidades, lo que ha derivado en una fuerte dependencia de los camiones aljibe para la provisión de agua en épocas de escasez hídrica.

Ante este panorama, la implementación de estrategias de mitigación resulta imperativa para prevenir un deterioro mayor en la seguridad hídrica regional. En este sentido, la modernización de la infraestructura de riego en la cuenca del río Limarí emerge como una prioridad, junto con el aumento de la eficiencia en la distribución del agua potable en localidades urbanas como Ovalle y Andacollo. Asimismo, la adopción de tecnologías para el reúso de aguas tratadas y la promoción de sistemas de riego de precisión pueden contribuir de manera significativa a la optimización del uso del recurso.

En términos de gobernanza, se propone la creación de un Consejo Regional del Agua, con el propósito de mejorar la coordinación entre entidades sectoriales y fortalecer los mecanismos de fiscalización sobre la asignación y el uso del recurso hídrico. De igual manera, resulta urgente la instauración de incentivos económicos dirigidos a la minería y la agroindustria, fomentando la adopción de tecnologías que permitan reducir el consumo de agua sin comprometer la productividad. En materia de saneamiento, la priorización de proyectos orientados a la ampliación de la cobertura de alcantarillado en las zonas rurales

de la provincia de Choapa es una acción clave para mitigar los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas.

Finalmente, la calidad del agua en la cuenca del río Choapa requiere una atención prioritaria, dado el impacto de la actividad minera en la concentración de metales pesados en los cuerpos de agua. La instalación de estaciones de monitoreo permanente en puntos estratégicos es esencial para generar información confiable y oportuna, permitiendo la toma de decisiones basada en evidencia para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo. A través de estas medidas, la Región de Coquimbo puede avanzar hacia un modelo de gestión hídrica más equitativo y sostenible, mitigando las desigualdades en el acceso y asegurando la resiliencia frente a las condiciones climáticas adversas.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

El desarrollo sostenible y resiliente de la gestión hídrica en la Región de Coquimbo plantea un desafío multidimensional, donde la garantía del acceso equitativo a agua potable y su saneamiento se convierte en un imperativo crítico para la sostenibilidad territorial. En centros urbanos como La Serena, Coquimbo y Ovalle, la expansión demográfica ha incrementado la presión sobre la infraestructura hídrica, exigiendo la incorporación de soluciones como la desalinizadora proyectada en El Panul, destinada a mitigar la creciente dependencia de fuentes continentales vulnerables a la variabilidad climática. En contraposición, las zonas rurales de las provincias de Limarí y Choapa continúan dependiendo de sistemas de abastecimiento precarizados, como los camiones aljibe, lo que subraya la urgencia de modernizar los Servicios de Agua Potable Rural (APR), con un enfoque en la eficiencia operativa y la optimización de la gestión de recursos.

La regulación hídrica en la cuenca del río Elqui (Código BNA 043) y la del río Choapa (Código BNA 047) se enfrenta a una dicotomía estructural: mientras el consumo humano requiere estabilidad en la oferta, la actividad agrícola y la industria extractiva continúan ejerciendo una demanda expansiva que amenaza la resiliencia de los acuíferos. La sobreexplotación del SHAC Pan de Azúcar y del sistema subterráneo del Elqui Bajo genera un déficit de recarga que compromete la sostenibilidad de la extracción en un horizonte de largo plazo. En la cuenca del río Limarí (Código BNA 045), donde la agricultura consume más del 80% del agua disponible, la ineficiencia en la distribución y el riego constituye una brecha crítica, que solo puede resolverse mediante una modernización integral de los canales y un fortalecimiento de la gobernanza hídrica.

El crecimiento económico regional se encuentra inextricablemente vinculado a la disponibilidad de agua, tanto para el consumo humano como para la producción agrícola e

industrial. En la cuenca del río Limarí, donde el 70% de las hectáreas cultivadas dependen del riego, la adopción de sistemas de riego presurizado, como el goteo y la aspersión eficiente, constituye una solución técnica imprescindible para mitigar la presión sobre los embalses La Paloma y Recoleta. En las comunas de Monte Patria y Canela, donde la escasez hídrica limita el desarrollo agrícola, la reutilización de aguas servidas tratadas representa una alternativa viable que no solo optimiza la disponibilidad del recurso, sino que también reduce la carga contaminante sobre cuerpos de agua superficiales.

El sector minero, particularmente en la provincia de Choapa, plantea desafíos de sostenibilidad debido a su alta demanda de agua y el impacto potencial de sus descargas en la calidad de los ecosistemas hídricos. El desarrollo de infraestructura desalinizadora en Los Vilos, así como la implementación de esquemas de recirculación en faenas mineras como Minera Los Pelambres, son estrategias fundamentales para reducir la presión sobre los sistemas hidrogeológicos locales. Sin embargo, estas soluciones requieren de incentivos normativos y financieros para acelerar su adopción y evitar que el desequilibrio entre consumo industrial y disponibilidad hídrica se traduzca en conflictos socioambientales.

El modelo de gestión hídrica sostenible debe incorporar una dimensión ecológica robusta que garantice la conservación de ecosistemas estratégicos. La regulación de caudales ecológicos en humedales como Peñuelas, Culebrón y Salinas Grande es indispensable para evitar la pérdida de biodiversidad y el colapso de estos sistemas reguladores del ciclo hidrológico. La presión antrópica sobre las cuencas de los ríos Elqui y Limarí ha generado un deterioro en la calidad del agua, agravado por la aplicación de agroquímicos y la falta de tratamiento adecuado de residuos mineros en sectores vulnerables como el Valle del Choapa. Sin un esquema de monitoreo ambiental más riguroso y la implementación de sanciones efectivas, estos impactos podrían intensificarse y comprometer la sostenibilidad del desarrollo regional.

La desertificación es otro problema crítico, particularmente en la provincia de Limarí, donde la pérdida de cobertura vegetal ha reducido la capacidad del suelo para retener humedad. La restauración de cuencas hidrográficas mediante la reforestación con especies nativas y la conservación de corredores ecológicos son estrategias clave para revertir esta tendencia. Sin embargo, estas acciones requieren financiamiento a largo plazo y la articulación de políticas intersectoriales que integren a actores gubernamentales, productivos y comunitarios en un modelo de gestión colaborativa.

Para asegurar el éxito del modelo de gestión hídrica en la Región de Coquimbo, es necesario implementar estrategias concretas que prioricen la resiliencia y la sostenibilidad del recurso. La modernización de los sistemas de abastecimiento de agua potable rural en comunas como Combarbalá y Andacollo debe ir acompañada de una optimización en la

infraestructura de saneamiento, asegurando que las descargas de aguas servidas sean tratadas con tecnología avanzada antes de su reintegración al ciclo hidrológico. En ciudades como La Serena y Coquimbo, la automatización de las redes de distribución puede reducir significativamente las pérdidas por fugas, optimizando la eficiencia operativa del sistema.

En el ámbito agrícola, la implementación de incentivos económicos para la tecnificación del riego en la cuenca del río Choapa y la ampliación de fondos concursables para la adopción de prácticas agroecológicas en el valle del Elqui permitirían mejorar la eficiencia del uso del agua sin comprometer la productividad del sector. La gestión integrada de cuencas debe contemplar la creación de mesas técnicas de trabajo que articulen a los distintos usuarios del recurso, facilitando un enfoque de gobernanza adaptativa que responda a los desafíos emergentes del cambio climático y la escasez hídrica.

En términos de conservación ambiental, es fundamental fortalecer la fiscalización de actividades industriales y agrícolas, garantizando el cumplimiento de normativas sobre descargas y calidad de agua. La instalación de nuevas estaciones de monitoreo en puntos estratégicos de las cuencas del Elqui, Limarí y Choapa permitiría generar datos en tiempo real para la toma de decisiones, mejorando la capacidad de respuesta ante eventos extremos. Adicionalmente, la restauración de ecosistemas clave, como los humedales costeros y los bosques de ribera, debe ser integrada en los planes de ordenamiento territorial, asegurando que la planificación del desarrollo regional incorpore criterios de sostenibilidad hídrica a largo plazo.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de Coquimbo se distingue por la presencia de tres valles principales que dan nombre a las cuencas más relevantes de la región: Río Elqui (BNA 043), Río Limarí (BNA 045) y Río Choapa (BNA 047). En estas cuencas se concentra tanto la demanda hídrica como el desarrollo socioeconómico de la región. Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1. El sector agrícola presenta la mayor demanda seguido del sector minero. Se proyecta un aumento del 20% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola¹⁰ y a la baja eficiencia en el riego, estimada en un 69% en promedio regional. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Costeras entre R. Los Choros – R. Elqui (BNA 042), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044) y Río Los Choros (BNA 041).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, siendo las más afectadas Río Elqui (BNA 043), y Río Choapa (BNA 047), con descensos del 14% y 17%, respectivamente. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que, con excepción de las cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región – Q. Los Choros (BNA 040) y Costeras entre R. Los Choros – R. Elqui (BNA 042), todas presentan un déficit hídrico estructural, con restricciones en sus fuentes. En particular, para las cuencas Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Río Limarí (BNA 045) y Costeras entre R. Limarí – R. Choapa (BNA 046), este déficit se debe a que la demanda supera la oferta disponible con un 50% de probabilidad de excedencia, junto con restricciones en sus fuentes superficiales y subterráneas, lo que las vuelve especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región¹¹, la sostenibilidad del suministro

¹⁰ Asociado a un aumento del 43% de la demanda hídrica de superficies de frutales, debido principalmente al incremento de las tasas evaporación y a una expansión menos significativa de la superficie., en base a Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021).

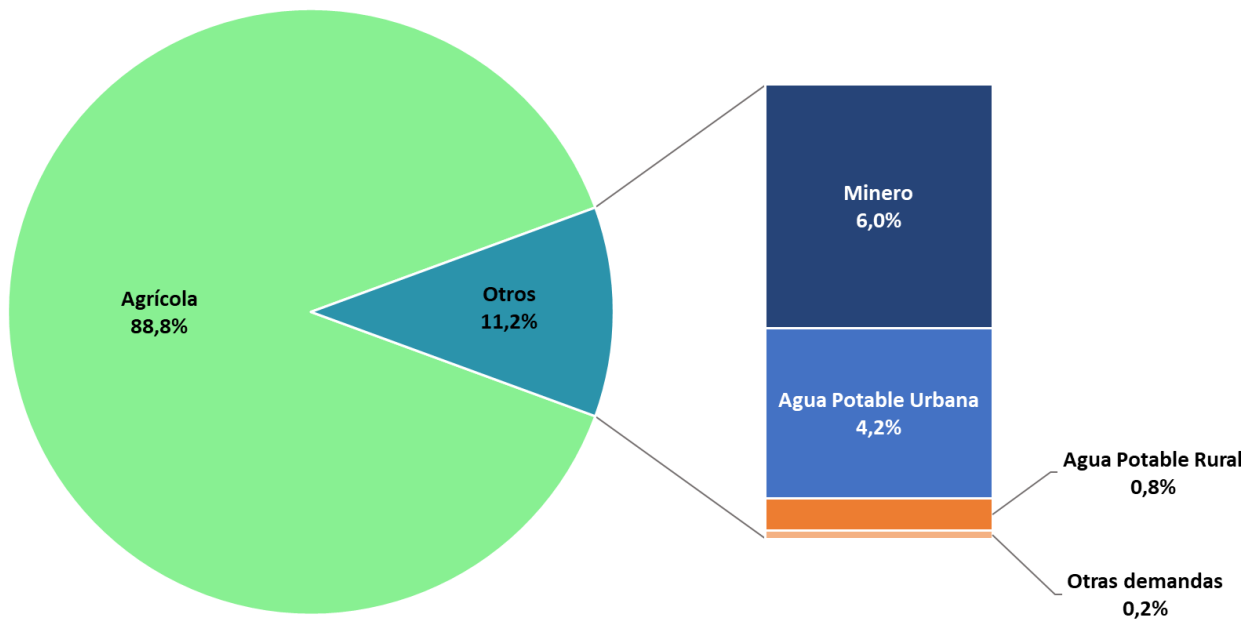
¹¹ Entendidos como las brechas o problemáticas relacionadas indirectamente a la disponibilidad de agua, las cuales dificultan el cumplimiento de los objetivos de SH.

de agua potable enfrenta considerables presiones. En las zonas urbanas, si bien la cobertura alcanza un 95,6%, las pérdidas de los sistemas de distribución promedian¹² un 32%, sumado a las proyecciones de aumento de población en la región, se visualiza gran incertidumbre en la garantía de la cobertura de agua potable urbana. En las áreas rurales, entre el 14% y 23% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que se observan periodos de sobreexplotación de los recursos hídricos rurales de 13%. Además, la falta de información afecta hasta el 38,8% de las viviendas rurales, situación que limita el desarrollo de estrategias integrales. Por otra parte, el 39% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado. En cuanto a la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua, la región se encuentra en una situación favorable, con eficiencias de riego que varían entre el 58% y 79%, sin embargo, se requiere promover la conservación de canales para minimizar las pérdidas. Se observan limitaciones en torno a las OUAs¹³, ya que sólo se registran JV, CA y AC para las cuencas Río Elqui (BNA 043), Río Limarí (BNA 045) y Río Choapa (BNA 047). La región enfrenta limitaciones significativas en la diversificación de la matriz hídrica. El almacenamiento promedio de los embalses de la región alcanza un 17% de su capacidad, evidenciando la importancia de diversificar las fuentes de abastecimiento hídrico. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos y proyecciones para uso de fuentes no convencionales en las cuencas Río Elqui (BNA 043), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Río Limarí (BNA 045) y Río Choapa (BNA 047).

La calidad del agua representa un problema crítico para todas las cuencas de la región, debido a altos niveles de contaminación por agroquímicos y aguas servidas, carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales, riesgos de contaminación por relaves en desuso y falta de información de la calidad. Además, se observa un bajo nivel de monitoreo especialmente en las cuencas Costeras e Islas entre Tercera Región – Q. de Los Choros (BNA 040), Río Los Choros (BNA 041), Costeras entre R. Los Choros – R. Elqui (BNA 042), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Costeras entre R. Limarí – R. Choapa (BNA 046) y Río Quilimarí (BNA 049). La mayoría de las cuencas exhiben una baja protección ecosistémica: las cuencas Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Río Limarí (BNA 045), Costeras entre R. Limarí – R. Choapa (BNA 046), Río Choapa (BNA 047) y Río Quilimarí (BNA 049), apenas alcanzan el 5% de protección de superficie de humedales, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Las cuencas Río Elqui (BNA 043), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044) y Río Limarí (BNA 045) presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones, con sistemas de defensa fluvial resultan insuficientes, lo que agrava los impactos ante eventos de crecidas.

¹² Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.

¹³ OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua, JV: Juntas de Vigilancia, CA: Comunidades de Aguas, AC: Asociaciones de Canalistas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.1-1 Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023

Tabla 8.1-1 Balance Hídrico Estructural actual de la región de Coquimbo

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹⁴	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹⁵
			Superficiales	Subterráneas	
040	Costeras e Islas entre Tercera Región y Q. Los Choros	Con recursos	Sí	No	Estrés hídrico
041	Río los Choros	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
042	Costeras entre R. Los Choros – R. Elqui	Con recursos	Sí	No	Estrés hídrico
043	Río Elqui	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
044	Costeras entre Elqui – Limarí	Déficit hídrico estructural	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
045	Río Limarí	Déficit hídrico estructural	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
046	Costeras entre R. Limarí – R. Choapa	Déficit hídrico estructural	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
047	Río Choapa	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
048	Costeras entre R. Choapa – R. Quilimarí	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
049	Río Quilimarí	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural

Fuente: Elaboración propia.

8.2 EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES

En la región de Coquimbo se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas Río Los Choros (BNA 041), Río Elqui (BNA 043), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Río Limarí (BNA 045), Río Choapa (BNA 047) y Río Quilimarí (BNA 049). Paralelamente, en el ámbito productivo se han formulado Planes de Riego orientados a promover un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos destinados al riego en las cuencas Río Elqui (BNA 043), Río Limarí (BNA 045), Río Choapa (BNA 047) y Río Quilimarí (BNA 049). A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de extender el desarrollo de instrumentos de gestión, como Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC) y Planes de Riego, a aquellas cuencas que carecen de herramientas similares. Para un análisis más detallado, se recomienda consultar el Capítulo 3 del Informe Nacional.

¹⁴ El Balance Hídrico corresponde al contraste realizado entre la oferta superficial y la demanda, donde Déficit Hídrico Estructural corresponde a cuencas donde la demanda extractiva supera el caudal que se excede el 50% del tiempo; Estrés hídrico: la demanda extractiva es mayor que el caudal que se excede el 85% del tiempo; y Con recursos: la demanda no supera el caudal que se excede el 85% del tiempo.

¹⁵ El Balance Hídrico Unificado combina el Balance Hídrico con las restricciones de uso de agua superficiales y subterráneas, si la cuenca posee restricciones su nivel de criticidad aumenta.

El fortalecimiento de la gestión hídrica requiere la integración de soluciones innovadoras que diversifiquen las fuentes de abastecimiento y permitan la adaptación al cambio climático. Esto incluye la reutilización de aguas servidas, recarga artificial de acuíferos, obras de regulación e infiltración, sistemas urbanos de drenaje sostenible, plantas desaladoras, mejoramiento de riberas y reforestación, complementadas con tecnologías avanzadas para el monitoreo, caracterización de infraestructura y disponibilidad hídrica.

8.3 GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) lidera la gestión de infraestructura hídrica mediante planificación estratégica, regulación y coordinación interinstitucional, buscando garantizar la sostenibilidad y disponibilidad de los recursos hídricos. Su Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 (PNIP) establece una estrategia para abordar los desafíos hídricos futuros, adaptándose a cambios climáticos y socioeconómicos, y promoviendo soluciones sostenibles. En la región de Coquimbo, actores como SEREMI MINAGRI, SERMI Minería, CNR, INDAP, CRDP, OUAs, Empresa Sanitaria Aguas del Valle, PROMMRA, CEAZA¹⁶, empresas del sector minero y agrícola, desempeñan roles clave. Aunque el MOP destaca por su capacidad técnica, enfrenta desafíos como la fragmentación organizativa y falta de continuidad en políticas. Es esencial fortalecer la articulación local, fomentar la confianza y asegurar una gobernanza colaborativa y resiliente, adaptada a realidades territoriales.

8.4 FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA

La visión estratégica del Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 prioriza la resiliencia hídrica como un componente central de la gobernanza nacional frente a la crisis hídrica. Este enfoque reconoce el agua como un recurso estratégico para la población, la economía y la biodiversidad, promoviendo su gestión integrada y sostenible en respuesta a los desafíos climáticos y socioeconómicos. Se busca garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, fomentando un desarrollo equitativo y resiliente. En la región de Coquimbo, la estrategia se centra en desarrollar un sistema integral de infraestructura de recursos hídricos, que asegure el acceso equitativo y continuo al agua, así como a servicios de saneamiento. Este sistema busca mitigar la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y escasez hídrica, integrando soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura verde con énfasis en el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas que incrementen la eficiencia hídrica y potencien lo sectores económicos de la región.

¹⁶SEREMI MINAGRI: Secretaría Regional Ministerio de Agricultura; SEREMI Minería: Secretaría Regional Ministerio de Minería; CNR: Comité Nacional de Riego; INDAP: Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario; CRDP: Corporación Regional de Desarrollo Productivo de Coquimbo; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua; PROMMRA: Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Ambientales; CEAZA: Centro de Estudio Avanzados en Zonas Áridas.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la progresiva intensificación del déficit hídrico de la región, debido a factores antropogénicos y climáticos, limitan la capacidad de resiliencia y acentúan la vulnerabilidad al acceso a agua potable, incrementando la dependencia de fuentes ineficientes y poco sostenibles, como camiones aljibes. La capacidad de adaptación y mitigación del sistema hídrico es insuficiente para absorber las variaciones en la disponibilidad del recurso. Las fuentes de abastecimiento no convencionales multipropósito, no logran suplir la demanda. La persistencia de las bajas eficiencias de riego y los deficientes mecanismos de reutilización de aguas, en conjunto con el incremento de la demanda del sector agrícola y minero, acentúan la vulnerabilidad de los sectores y ponen en riesgo su productividad y competitividad. La degradación y sobrexplotación de ecosistemas acuáticos lleva a la pérdida de servicios ecosistémicos y de la capacidad de regulación natural del recurso hídrico. La región enfrenta una crisis sistemática con consecuencias socioeconómicas y ambientales de gran magnitud. En un escenario de *Desafío Gestionable*, la región conserva su capacidad de respuesta institucional, sin embargo, los desafíos de la región requieren de intervenciones robustas y sistemáticas en la planificación de la infraestructura hídrica. El incremento de la demanda hídrica para consumo humano intensifica la brecha en el acceso a servicios básicos. El aumento en la demanda del sector agrícola y minero, y la falta de regulaciones, comprometen la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y la productividad de cada sector. En el caso de un escenario de *Capacidad Limitada*, se desarrollan medidas de coordinación entre diferentes actores y se implementan estrategias de mitigación que logran prevenir un deterioro mayor en la seguridad hídrica, no obstante, las brechas de la región siguen poniendo en riesgo la sostenibilidad del recurso. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, mediante una gestión hídrica sostenible y resiliente la región logra garantizar el acceso equitativo a servicios de agua potable y saneamiento. La modernización integral de canales, promoción de mecanismos eficientes en el sector agrícola y minero, mitigan la presión sobre embalses y acuíferos. El desarrollo de infraestructura desalinizadora y la implementación de sistemas de reutilización, logran reducir la presión sobre los sistemas hidrogeológicos. La regulación de caudales ecológicos, y la fiscalización y protección de ecosistemas acuáticos, conserva la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios. La restauración de cuencas, en conjunto con la articulación de actores, reducen la desertificación y los riesgos asociados a eventos extremos.

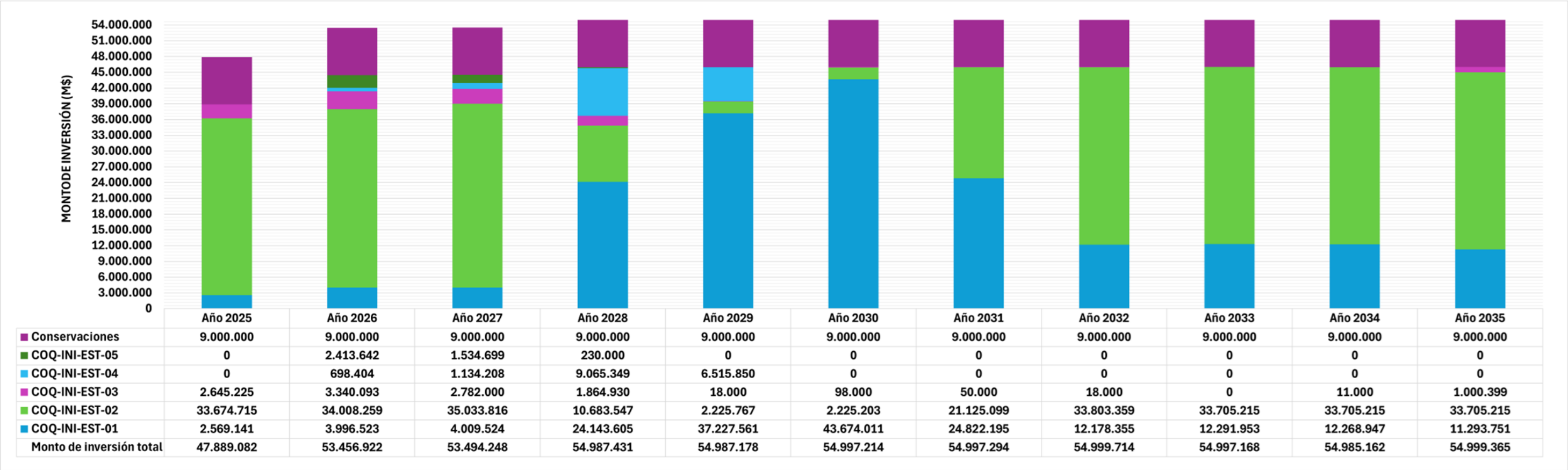
8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

El desarrollo de una planificación estratégica integral y sostenible es clave para abordar los desafíos regionales mencionados en los acápites anteriores. Se deben implementar medidas de adaptación en distintos niveles, a través de una coordinación transversal con mejoras institucionales, que consideren un contexto de alto dinamismo y por lo tanto una actualización

constante. Esta planificación debe tener un enfoque inclusivo y coordinado para abordar problemas complejos de forma integral, que considere las particularidades de la región, sin relevar un territorio por sobre otro. La implementación de servicios e infraestructura requiere de un rol activo de todos los actores y una inversión eficiente, que considere metas a corto y mediano plazo para lograr el desarrollo soluciones efectivas en todos los territorios.

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

Para abordar los desafíos hídricos regionales, se han desarrollado Iniciativas Estratégicas (IE), entendidas como un conjunto de acciones diversificadas que incluyen inversiones en infraestructura, medidas de gestión y propuestas de políticas públicas. Las IE buscan solucionar problemas territoriales y contribuir al cumplimiento de la SH regional en función de una visión de desarrollo sostenible con pertinencia local. Las IE han sido priorizadas de acuerdo a los desafíos de la región, en la Figura 8.7-1 se presenta su distribución.



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas
INI-EST-04	Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza
INI-EST-05	Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.7-1 Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas

Entre las IE más relevantes de la región, destaca la “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Agua Potable”, orientada a garantizar el derecho al agua. Asimismo, la iniciativa “Fuentes de Abastecimiento Sustentables para Consumo Humano y Riego” busca asegurar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. La iniciativa “Implementación de un Sistema de Seguimiento y Monitoreo Integral” tiene como objetivo fortalecer la gestión de cuencas mediante información hidrométrica actualizada, facilitando una planificación eficiente y soluciones adaptadas a los problemas de calidad y acceso al agua. Por último, la iniciativa “Obras y Medidas de Protección y Recuperación de Sistemas Ecosistémicos Naturales, Basadas en la Naturaleza” se encuentra orientada a fortalecer la conservación y recuperación de humedales, cauces y riberas asegurando la provisión de servicios ecosistémicos.

Estas iniciativas estratégicas se traducen a inversiones como:

M\$ 55.636.600 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 14.400 personas distribuidas principalmente en las cuencas Río Elqui (BNA 043), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044) y Costeras entre R. Los Choros – R. Elqui (BNA 042), lo cual permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable.

M\$ 2.365.500 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 6 estudios de recursos hídricos y 2 estudios de riego. El 30% de la inversión está destinado a la cuenca Costeras entre R. Choapa – R. Quilimarí (BNA 048), seguido de un 24% para la cuenca Río Limarí (BNA 045) y un 16% para Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044).

M\$ 471.035.600 de inversión para el Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras, con un beneficio para 500 personas en las cuencas Río Elqui (BNA 043), Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044), Río Limarí (BNA 045), Río Choapa (BNA 047) y Río Quilimarí (BNA 049).

M\$ 265.572.000 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 31.000 ha a nivel regional; y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 177.000 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.

M\$ 2.138.500 de inversión para el Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos, equivalente a más de 12.000.000 m³ de volumen de recarga de agua, aumentando la oferta en la matriz hídrica.

M\$ 67.964.700 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 470 hectáreas de riego en la región.

M\$ 147.180.000 de inversión para el desarrollo de Regularización de Derechos de Agua en Captaciones; la Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios, y el Plan de Seguimiento a Planes de Riego.

M\$ 209.579.400 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 490 hm³/año y; M\$ 30.057.300 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 120 hectáreas.

M\$ 49.341.200 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Hidrométricas, donde más del 90% del monto total está destinado a estaciones para el monitoreo de calidad de agua distribuido, principalmente, en las cuencas Río Limarí (BNA 045), Costeras entre R. Limarí – R. Choapa (BNA 046) y Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044).

M\$ 104.974.000 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Medidas de Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces, donde el 60% de la inversión está destinado a Construcción de Áreas Verdes de Flora Nativa, el 34% a Mejoramiento de Riberas y/o Orillas Naturales, y el 6% restante se distribuye equitativamente en medidas de Construcción de Obras de Regulación e Infiltración y Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS).

M\$ 135.712.600 de inversión en Estudios de Regulación Hídrica y Gestión de Suelos, equivalente a 4 estudios de Erosión y Arrastre de Sedimentos, 7 estudios de Manejo de Normas Ambientales e Hídricas, Reservas de agua, Planes y Políticas, 1 estudio de Definición de Franjas de Restricción y 1 estudio de Reforestación en sectores con riesgo de erosión. Más del 90% de la inversión se concentra en la cuenca Costeras entre R. Elqui – R. Limarí (BNA 044).

8.8 MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA

El estudio aborda megatendencias globales como cambio climático, urbanización, intensificación agrícola y dinámicas demográficas, que redefinen la disponibilidad y demanda de agua. Para enfrentar vulnerabilidades y oportunidades, se proponen cinco tipos de acciones anticipatorias: **Mitigación**, acciones que pretenden reducir impactos adversos probables, incluyen la modernización de la infraestructura de riego y la reducción de la pérdida en canales; la **cobertura**, corresponden a acciones que buscan minimizar riesgos por incertidumbres, considera la implementación de plantas desaladoras y la diversificación de fuentes. Por su parte, las medidas de **oportunidad** procuran aprovechar beneficios ciertos, considerando acciones que priorizan tecnologías de reúso de aguas residuales y optimización industrial-minera; las acciones de **beneficio** persiguen capitalizar desarrollos inciertos, estas acciones consideran políticas de conservación (protección de humedales y caudales ecológicos) y la actualización de Instrumentos de Planificación Territorial. Por último, las medidas preventivas buscan influir proactivamente en eventos externos, estas medidas involucran sistemas de monitoreo hidroclimático, reforzando la gobernanza, reduciendo los conflictos socioambientales e incrementado la resiliencia. Estas acciones, respaldadas por inversión en datos actualizados y participación multisectorial, robustecen la adaptabilidad frente a incertidumbres climáticas y presiones demográficas.

CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA

- Abarca Silva, M. (2018). *Conformación del control del Agua Potable Rural (APR), a partir de la implementación de plantas desalinizadoras, según concepción del ciclo hidrosocial, en las localidades de Michilla y Paposo, Región de Antofagasta*. Santiago: Universidad de Chile: Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- ACADES. (2023). *Proyectos de reúso y desalinización en Chile*. (A. C. A.G., Editor) Obtenido de Primer catastro de proyectos y plantas desalinizadoras de agua de mar: <https://www.acades.cl/proyectos/>
- ACADES. (2024). *Asociación chilena de Desalinización*. Obtenido de <https://www.acades.cl/>
- Acuicultura, S. N. (2024). *Dpto. Gestión de la Información, Atención de Usuarios y Estadísticas Sectorial*.
- Aguas del Valle. (2018). Obtenido de Aguas del Valle: <https://www.aguasdelvalle.cl/empresas/nosotros/plan-de-desarrollo-vigente/>
- Aguas del Valle. (2022). *Memorias anuales*. Obtenido de <https://www.aguasdelvalle.cl/personas/nosotros/inversionistas/informacion-financiera/memorias-anuales/>
- Aguas La Serena. (2021). *Aguas La Serena*. Obtenido de <https://www.alser.cl/plan.php>
- Álamos, N., Monsalve, T., Billi, M., Lefort, I., Allendes, A., Nacea, J., . . . Urquiza, A. (2021). Vulnerabilidad hídrica territorial. Documento de trabajo NEST N°3. In T. M. Nicolás Álamos. Santiago. doi:10.17605/OSF.IO/AGJ6P
- Alvarez-Garreton, C., Boisier, J., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., . . . & Garreaud, R. (2023). *Seguridad Hídrica en Chile: Caracterización y Perspectivas de Futuro*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2,. Retrieved from www.cr2.cl/seguridadhidrica
- Alvarez-Garreton, C., Boisier, J., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., . . . Urrutia-Jalabert, R. (2023). *Seguridad Hídrica en Chile: Caracterización y Perspectivas de Futuro*. Santiago: CR2.
- Astudillo Pizarro, F., & Sandoval Diaz, J. (2019). Justicia espacial, desastres siconaturales y políticas del espacio: dinámicas sociopolíticas frente a los aluviones y proceso de recuperación en Copiapó, Chile. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(2), 303-321. doi:<https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n2.73520>

- Banco Mundial. (2021). *Chile: Informe Rural*. Obtenido de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/193131621327775848/pdf/Chile-Informe-Rural-2021.pdf>
- Banco Mundial. (2021). *El agua en Chile: Elemento de desarrollo y resiliencia*. Washington DC.
- BC. (2022). Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BC. (2022). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BC. (2023). *Clima y vegetación Región de Coquimbo*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region4/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Coquimbo*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region4/hidrografia.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Coquimbo*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region4/hidrografia.htm>
- BCN. (2023). *Ley Chile*. Obtenido de Banco del Congreso Nacional de Chile: <https://www.bcn.cl/leychile/acerca-de-ley-chile>
- BID. (2021). *Planificación de infraestructura hídrica para el futuro* (Vols. Documento de Trabajo BID N° IDB-WP-01162).
- BIG DATA ULS. (2023). *Embalses Región de Coquimbo, BigData ULS 2022*. Obtenido de <https://bigdatauls.userena.cl/dashboards/embalses-region-de-coquimbo/>
- Billi, M. M., P., A., E., M., A., O., R., S., R., B., . . . Manuschevic, D. (2021). *Gobernanza Climática de los Elementos. Hacia una gobernanza climática del Agua, el Aire, el Fuego y la Tierra en Chile, integrada, anticipatoria, socio-ecosistémica y fundada en evidencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Retrieved from www.cr2.cl/gobernanza-elementos
- Blanco, E., & Donoso, G. (2016). Agua Potable Rural: desafíos para la provisión sustentable del recurso. *Actas de Derecho de Aguas*, N°6, 63-79.
- Bolados A., M., Roa A., S., & Aedo A., M.-V. (2023). Análisis de las brechas e iniciativas hídricas propuestas en los planes estratégicos de gestión hídrica (PEGH): un acercamiento a la gobernanza para su implementación. *Sequía y escasez hídrica: mejoras institucionales y regulatorias en materia de aguas: IV Jornadas del régimen jurídico de las aguas*, 520.
- CASEN. (2022). *Encuesta CASEN*. (M. d. Familia, Editor) Obtenido de Observatorio Social: <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/encuesta-casen>
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- CDGA. (Diciembre de 2023). *Observatorio Legislativo: Proyectos de ley en materia de aguas*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Chile:

- <http://derechoygestionaguas.uc.cl/es/observatorio-legislativo/actividad-legislativa-en-materia-de-aguas>
- Celedón, N. D. (2023). Concesiones sanitarias: cómo se insertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N° 48).
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Concesiones sanitarias: cómo se insertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N°48). Retrieved from <https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2023/04/aj-47-concesiones-sanitarias-como-se-insertan-en-el-actual-modelo-de-gestion-colectiva-de-las-aguas-natalia-dasencich.pdf>
- CEN. (Enero de 2023). *Coordinador Electrico Nacional*. Obtenido de Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente: <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/#Estadisticas>
- CEPAL. (2018). *Agua, producción de alimentos y energía*. Santiago: Naciones Unidas.
- CGR. (2014). *Informe Final N°1 sobre Estrategía Nacional de Recursos Hídricos*. Santiago, Chile. Obtenido de https://snia.mop.gob.cl/transparencia/documentos/informefinal_n1_2014_sobre_ENRH.pdf
- CIESCOOP. (2022). *Breve guía para la asociatividad de los servicios sanitarios rurales. Fortaleciendo Capacidad para una Gestión Sostenible de los Servicios Sanitarios Rurales*.
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNR. (2016). Planes de Riego, Elqui, Límari y Choapa-Quilimarí.
- CNR. (2019). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR - Bocatomas*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR - Canales*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- CNR. (s.f.). *Plan de Regulación y Embalses*. Recuperado el 09 de Enero de 2024, de <https://www.cnr.gob.cl/agricultores/infraestructura/infraestructura/embalses/>
- COCHILCO. (2018). *Proyección de consumo de agua en la Minería del Cobre 2018-2029*. <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/proyeccion%20agua%20mineria%20del%20cobre%202018-2029%20-%20vf.pdf>.
- COCHILCO. (2022). *Agua en la minería del cobre*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnribpcajpcglclefindmkaj/<https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Agua%20en%20la%20miner%C3%ADa%20del%20cobre.pdf>
- COMICIVYT. (2020). *Política Nacional de Desarrollo Rural*. Santiago.
- Comité Nacional de Restauración Ecológica. (2018). *Documento marco para la Restauración Ecológica*. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente.
- CONAF. (2014). Obtenido de Cubiertas del Catastro de Usos del Suelo y Vegetación: <https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/>

- CONAF. (2019). *Uso de suelo, IDE MINAGRI*. Obtenido de <https://www.conaf.cl/Coodinador.cl>. (s.f.). Obtenido de <https://www.coordinador.cl/desarrollo/graficos/planificacion-de-la-transmision/demanda-proyectada/>
- DCMR. (Febrero de 2023). *Reporte mensual de inversión*. Obtenido de <https://ogp.economia.cl/wp-content/uploads/2023/03/202302.pdf>
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriiodga/>
- DGA. (2009). *Catastro e Inspección Preliminar de Embalses Región de Coquimbo - Resumen Ejecutivo*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/sad/EMB5033v2.pdf>
- DGA. (2016). *Embalses - Inventarios*. Recuperado el 2024, de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>
- DGA. (2017). *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d28ba07a-b472-4b6d-96db-628a3d3851e5/content>
- DGA. (2018). *Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios*.
- DGA. (2019). *Plan Estratégico...*
- DGA. (2020). *PEGH Cuenca Río Choapa*.
- DGA. (2020). *PEGH Cuenca Río Elqui*.
- DGA. (2020). *PEGH Cuenca Río Limarí*.
- DGA. (2020). *PEGH Elqui. PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA*.
- DGA. (2020). *PEGH Limarí. PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DE LIMARÍ*.
- DGA. (2020). *PEGH Río Choapa*.
- DGA. (2020). *PEGH Río Elqui, S.I.T. N° 463*.
- DGA. (2020). *PEGH Río Limarí*.
- DGA. (2020). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica de en la Cuenca de Choapa S.I.T. N° 463*.
- DGA. (2020). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Elqui*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriiodga/handle/20.500.13000/7377>
- DGA. (2020). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Limarí S.I.T. N° 463*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriiodga/handle/20.500.13000/7378>
- DGA. (2020). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuenca de Ligua, Petorca y Quilimarí. PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS DE LIGUA, PETORCA Y QUILIMARÍ*.
- DGA. (2020). *Plan Estratégicos de Gestión Hidrica*.
- DGA. (2022). *Homologación Balance Hídrico Nacional*. Santiago.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.

- DGA. (2022). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Río Los Choros S.I.T. N°497.
- DGA. (2022). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuencas Costeras entre Elqui y Limarí S.I.T. N° 504.
- DGA. (2022). *Planilla resumen, Decretos de Reserva de caudales a febrero 2022*. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/obras_estatales_y_reservas/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Áreas de restricción*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/areasderestriccion.aspx>
- DGA. (Noviembre de 2023). *Catastro publico de aguas*. Obtenido de Derechos Concedidos XV : https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA*. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2023). *Zonas de prohibición*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/zonadeprohibicion.aspx>
- DGOP. (2017). *Estudio de Seguridad Hídrica en Chile en un contexto de Cambio Climático para elaboración del Plan de Adaptación de los recursos hídricos al Cambio Climático*. Santiago.
- DGOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- Diario el Día . (2023). *Preocupa lento avance en proyectos de embalses ante extrema sequía en la región*. Recuperado el 08 de Enero de 2024, de <https://www.diarioeldia.cl/economia/2023/6/22/preocupa-lento-avance-en-proyectos-de-embalses-ante-extrema-sequia-en-la-region-102126.html>
- Dictuc. (2021). *Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental u otros Instrumentos de Gestión relacionados a Calidad del Agua*.
- DIRPLAN. (2012). *Metodología de evaluación socioeconómica ex ante de planes territoriales de infraestructura y gestión de recurso hídrico — MOP*. Santiago.
- DIRPLAN. (2023). *Términos de referencia: Análisis de requerimientos de infraestructura hídrica a largo plazo 2025-2055*. Santiago.
- DIRPLAN. (2024). *Estudio básico: Análisis integral Plan Director de Infraestructura 2025-2055*. Santiago.
- DOH. (2015). *Informe Final de Evaluación del Programa de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural*. Santiago.

- DOH. (2021). *Listado de Sistemas de Agua Potable Rural en Chile*. Obtenido de <https://datos.gob.cl/dataset/listado-de-sistemas-de-agua-potable-rural-en-chile>
- DOH. (2021). *Listado de Sistemas de Agua Potable Rural en Chile*. Obtenido de <https://datos.gob.cl/lv/dataset/listado-de-sistemas-de-agua-potable-rural-en-chile>
- DOH. (2023). *Listado de Servicios Sanitarios Rurales*. Santiago, Chile.
- EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Obtenido de <https://www.emdat.be/>
- Enayati, M., Bozorg-Haddad¹, O., Fallah-Mehdipour, E., Zolghadr-Asli, B., & Chu, X. (2021). A robust multiple-objective decision-making paradigm based on the water–energy–food security nexus under changing climate uncertainties. *Nature: Scientific Report*.
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- Escenarios Hídricos 2030. (2021). *Gobernanza desde las cuencas: institucionalidad para la seguridad hídrica en Chile*. Santiago, Chile: Fundación Chile.
- Estadísticas estaciones, D. (2022). Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx>
- F. Gómez, S. E. (2023). *Gobernanza del agua potable rural: desarrollo de los SSR de la comuna de Salamanca*.
- Falcón H, M. (2015). *Depósitos de Relaves de la Región de Coquimbo: Catastro Regional, Características Generales, Tipos de Depósitos*. Obtenido de <https://sangeronimo.files.wordpress.com/2015/09/catastro-depositos-relaves-coquimbo.pdf>
- Figueroa, B. (2010). Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile.
- Fundación Chile. (2018). *Radiografía del agua. Brecha y riesgo hídrico en Chile*.
- Fundación para la innovación agraria. (2020). *Gestión Hídrica del Río Elqui para mejorar la eficiencia en el uso del agua*.
- GEF. (2022). Diagnóstico ambiental actual y fuentes emisoras del Humedal Costero del Río Elqui, Región de Coquimbo.
- GORE Coquimbo. (2020). Estrategias Regional del Desarrollo. <https://www.gorecoquimbo.cl/estrategia-regional-de-desarrollo/gorecoquimbo/2015-05-08/164205.html>.
- Groves, D. G. (2006). *New Methods for Identifying Robust Long-Term Water Resources Management Strategies for California*. Pardee RAND Graduate School. Santa Monica, California, EEUU: RAND Corporation.
- Groves, D. G., Bonzanigo, L., Syme, J., Engle, N., & Rodríguez Cabanillas, I. (2018). *Preparing for Future Droughts in Lima, Peru: Enhancing Lima's Drought Management Plan to Meet Future Challenges*. Washington, D.C.
- Herrera, J. (2021). *Uso de aguas y participación en su gestión desde un enfoque de género*. PUC.
- Hill, M. (2013). Water Governance in the Context of IWRM: Chile. En *Advances in Global Change Research 54*. Dordrecht: Springer.

- INE. (1997). VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal.
- INE. (2007). *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*.
- INE. (2017). *Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de Resultados CENSO 2017: <http://resultados.censo2017.cl/>
- INE. (2017). *Resultados Censo 2017*. Obtenido de <http://resultados.censo2017.cl/>
- INE. (2021). *Censo Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>
- INE. (2021). *Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR)*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- INE. (2024). *Generación y distribución de energía eléctrica*.
- INIA. (2023). *Expertos en materia hídrica avanzan en programa piloto de recarga de acuíferos en Pan de Azúcar*. Obtenido de <https://www.inia.cl/2022/03/23/expertos-en-materia-hidrica-avanzan-en-programa-piloto-de-recarga-de-acuiferos-en-pan-de-azucar/>
- JMP OMS/UNICEF. (2024). *WASHDATA*. Obtenido de Household Trend Chart: <https://washdata.org/data/household#!/dashboard/share/eyJzYWJlbnVudGl0bGVkliwiY2hhcnRzljpbeyJjaGFydF90eXBlljoidHJlbnQlLCJjaGFydF9jb25maWciOnsidGFyZ2V0Q292ZXJhZ2UiOjEwMCwidGFyZ2V0WWVhcil6MjAzMCwiY292ZXJhZ2VMaW1pdCI6MSwiY29sb3VyTW9kZSI6dHJ1ZSwiZ2VvZ3Jhc>
- Kalra, N. R., Groves, D. G., Bonzanigo, L., Molina Perez, E., Ramos Taipei, C. L., Rodriguez Cabanillas, I., & Brandon, C. J. (2015). *Robust Decision-Making in the Water Sector : A Strategy or Implementing Lima's Long-Term Water Resources Master Plan*. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/06/24701804/peru-robust-decision-making-water-sector-strategy-implementing-lima's-long-term-water-resources-master-plan>.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Lempert, R. J., Popper, S., & Bankes, S. (2003). *haping the next one hundred years: new methods for quantitative, long-term policy analysis*.
- Marchau, V. A., Walker, W. E., Bloemen, P. J., & Popper, S. W. (2019). *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*. Springer. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2>
- Mardones y Garreaud. (2020). *Future Changes in the Free Tropospheric Freezing*.
- Melo, O., Rivera, D., & Vicuña, S. (2020). Ley marco de cambio climático: una oportunidad para repensar nuestra gobernanza climática. (C. d. UC, Ed.) *Observatorio Legislativo*, N°42, 1-26.

- MIDESO. (2017). *Encuesta CASEN*. Obtenido de Déficit cualitativo: requerimientos de acceso a servicios sanitarios básicos, según Zona: <https://datasocial.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fichaIndicador/672/1>
- MIDESO. (2020). *CASEN*. Obtenido de Distribución de hogares según la fuente de obtención de agua, según Zona: <https://datasocial.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fichaIndicador/815/1>
- MIDESO. (2020). *Encuesta CASEN* . Obtenido de Índice de acceso a servicios básicos, según Zona: <https://datasocial.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fichaIndicador/647/1>
- MINAGRI. (2023). <https://minagri.gob.cl/noticia/gobierno-de-chile-entrega-recursos-a-crianceros-caprinos-para-alimentar-a-sus-animales/>.
- MinEnergía. (Diciembre de 2022). *Compendio Cartográfico Proyectos e Instalaciones de generación eléctrica en Chile*. Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/compendio_cartografico_diciembre_2022.pdf
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2015). *Política Nacional para los Recursos Hídricos*. Santiago, Chile.
- Miro, M. E., Groves, D., Tincher, B., Syme, J., Tanverakul, S., & Catt, D. (2021). Adaptive water management in the face of uncertainty: Integrating machine learning, groundwater modeling and robust decision making. *Climate Risk Management*, 34.
- MMA. (2020). *Cambio Climático*. Obtenido de <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Taller-Macrozona-Sur-DAMI.pdf>
- MMA. (2022). *Senado de Chile*. Obtenido de Lineamientos Estratégicos Recursos Hídricos : https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=tramitacion&ac=getDocto&iddocto=13317&tipodoc=docto_comision
- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Coquimbo*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=6
- MOP. (2018). *Plan Chile 30/30. El futuro no espera, se construye*. Santiago, Chile: Mandrágora.
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2021). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico*.
- MOP. (2023). *Inventario de Planes MOP 2023*. Obtenido de Plan de Infraestructura para Caletas Rurales Región de Coquimbo: https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/inventarioplanes/Documents/Inventario_de_Planes_MOP_2023.pdf
- MOP. (2023). *Inversión Historica MOP 1986-2023*.
- MOP. (2024). Presidente Boric anuncia licitación de planta desaladora en Coquimbo para enfrentar la crisis hídrica. <https://www.mop.gob.cl/presidente-boric-anuncia-licitacion-de-planta-desaladora-en-coquimbo-para-enfrentar-la-crisis-hidrica/>.

- Neme Castillo, O., Valderrama Santibáñez, A. L., & Chiatchoua, C. (2021). Factores determinantes del consumo productivo de agua y sus efectos en la actividad económica de México. *Economía, sociedad y territorio*, 21(66). doi:<https://doi.org/10.22136/est20211659>
- Ocampo-Melgar, A., Vicuña, S., J., G., & Varady, R. G. (2016). Scientists, Policymakers, and Stakeholders Plan for Climate Change: A Promising Approach in Chile's Maipo Basin. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 5(58), 24-37. doi:10.1080/00139157.2016.1209004
- ODEPA. (2022). Catastros Frutícolas. Santiago, Chile.
- PNUD . (2023). Medición de la Pobreza Multidimensional en Chile . En MIDESO, *Encuesta Casen 2022*. Obtenido de <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Informe%20IPM%20-%20PNUD%20-%20CASEN%202022.pdf>
- Prieto. (2020). *¿Qué significa la declaración de Estado de Catástrofe?* Obtenido de Prieto: <https://www.prieto.cl/que-significa-la-declaracion-de-estado-de-catastrofe/>
- Publicas, M. d. (2018). Plan Chile 30/30. [/https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf](https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf).
- Quezada, R. C. (2023). Institucionalidad ambiental y conflictos de interés: el caso del proyecto minero Dominga en Chile. *Perspectiva Geográfica*, <https://doi.org/10.19053/01233769.14824> .
- S. Larraín, P. P. (2010). *Conflictos por el agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado*. biblioteca.cehum.org.
- Sáez Cáriz, C. (2016). *Gobernabilidad del Agua: Análisis sociológico del discurso de gobernabilidad y conflicto de los principales actores de la cuenca de Limarí, Región de Coquimbo 2016*.
- Sanitarios, S. d. (2023). *Información SIFAC II, SISS*. Santiago: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7247.html>.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrdsenapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Anuario de la Minería de Chile*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/anuario-de-la-mineria-de-chile/>
- SERNAGEOMIN. (2023). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNAGEOMIN. (2024). *Servicio Nacional de Geología y Minería*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/>
- SERNAPESCA. (s.f.). *Solicitud por transparencia al Departamento de Gestión de la información, Atención de usuarios y estadísticas sectoriales*.
- Sernapesca. (2024). *Dpto Gestión de la Información, Atención al Usuario y Estadísticas Sectoriales*.

- SERNAPESCA. (2024). *Registro Nacional de Acuicultura (RNA)*. Obtenido de Solicitud por Ley de Transparencia: Catastro empresas y cosecha historica: <https://www.sernapesca.cl/preguntas-frecuentes/registro-nacional-de-acuicultura-rna/>
- SERNATUR. (Febrero de 2024). *Big data para el turismo interno*. Obtenido de Principales destinos turísticos: <https://www.sernatur.cl/dataturismo/big-data-turismo-interno/>
- SICVIR. (2020). *Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- Siddiqi, A., Eriqat, F., & Diaz Anadon, L. (2016). Formulating Expectations for Future Water Availability through Infrastructure Development Decisions in Arid Regions. *Systems Engineering*. doi:10.1002/sys.21337
- SiSS. (2019). *PTAS en operación*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6409.html>
- SiSS. (2021). *COMPENDIO INSTRUCCIONES Y PROCEDIMIENTOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS*. Santiago. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-19289_recurso_1.pdf
- SiSS. (2022). *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2022*. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22969_recurso_1.pdf
- SiSS. (2022). *Servicios Sanitarios Rurales*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-7244.html>
- SiSS. (2022). *Sistema de Gestión Unidad Información - PTAS*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- SiSS. (2023). *Información SIFAC II*. Santiago: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7247.html>.
- SiSS. (2023). *Informe de coberturas sanitarias 2022*. Santiago. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22927_recurso_1.pdf
- SiSS. (2023). *Informe de gestión del sector sanitario 2022*. Santiago. Retrieved from https://www.siss.gob.cl/586/articles-22969_recurso_1.pdf
- SiSS. (2023). *SIFAC II*.
- SiSS. (2023). *Sistema de Gestión Unidad Información - Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- SiSS. (2024). Planes de desarrollo vigentes. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6399.html>.
- SMA. (2023). Obtenido de <https://portal.sma.gob.cl/index.php/region-de-coquimbo-sma-formula-2-cargos-graves-contra-minera-teck-cda-por-incumplimientos-a-su-permiso-ambiental/>
- SNIFA. (2023). *Emisiones al agua*. Obtenido de <https://snifa.sma.gob.cl/DatosAbiertos>
- SNIFA. (2024). *Catastro de Unidades Fiscalizables*. Obtenido de <https://snifa.sma.gob.cl/UnidadFiscalizable>

- Stehr, A., C., Á., Álvarez, P., Arumí, J. L., Baeza, C., Barra, R., . . . G. Chiang, D. C. (2019). *Recursos hídricos en Chile: Impactos y adaptación al cambio climático*. (M. d. Comité Científico COP25, Ed.) Santiago.
- Subdere. (2023). *División Política Administrativa 2023*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/36391/Divisi%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20Administrativa%202023>
- SUBPESCA. (2020). *Gobierno entrega fondos a pescadores de Totoralillo Centro y Región de Coquimbo sumará 12 plantas desaladoras*. Obtenido de <https://www.subpesca.cl/portal/617/w3-article-108414.html>
- Vitale, J., & Puebla, P. (2017). Aplicación de la prospectiva estratégica a la gestión integrada del recurso hídrico. En *Desafíos del agua para la región Latinoamericana* (págs. 80-93). Santiago: Fundación Chile.
- Walker, W. E., Marchau, V. A., & Kwakkel, J. H. (2019). Dynamic Adaptive Planning (DAP). En V. A. Marchau, W. E. Walker, P. J. Bloemen, & S. W. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*. Cham: Springer.
- WRI. (2019). *World Resources Institute*. Obtenido de 25 Countries, Housing One-quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress: <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries>