

**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 BIOBÍO

REV. 0

Preparado para:



marzo de 2025

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	INTRODUCCIÓN	9
1.2	MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL	10
1.2.1	Visión objetivo	10
1.2.2	Objetivo estratégico general	11
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	11
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	15
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	15
2.1.1	Dimensión física	15
2.1.1	Clima	19
2.1.2	Dimensión socioeconómica y cultural	20
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	21
2.2.1	Agua potable urbana	21
2.2.2	Agua potable rural	23
2.2.3	Agrícola	26
2.2.4	Generación eléctrica	28
2.2.5	Minero	30
2.2.6	Industrial	31
2.2.7	Forestal	32
2.2.8	Pecuario	33
2.2.9	Acuícola	33
2.2.10	Caudal de reserva para turismo y protección ambiental	34
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	35
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	37
2.3.1	Oferta Hídrica	37
2.3.2	Eventos extremos	50
2.3.3	Calidad de aguas	52
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	56

3.1	INFRAESTRUCTURA HÍDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	56
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	56
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	73
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	81
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	81
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	87
4.2.1	Brechas de Información	87
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	89
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	93
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	96
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	99
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	101
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	103
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	103
4.3.2	Identificación de brechas de Infraestructura	114
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	117
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	117
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	119
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	120
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOOGÍAS DE PROYECTOS	126
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	130
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	131
5.6.1	Beneficios de Inversiones	131
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	135
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	139
6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	139
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	143
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	148
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	148
7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	149

7.1.2	Factores críticos regionales	150
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	151
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	152
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	154
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	157
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	159
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	162
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	162
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	165
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	165
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	166
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	166
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	167
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	167
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	171
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	172

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región del Biobío	17
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región del Biobío.....	18
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	20
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	22
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	23
Figura 2.2-3	Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 y proyección hasta el año 2055	27
Figura 2.2-4	Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023	35
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	36
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	37
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región del Biobío según clasificación BNA.....	39
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región del Biobío, por tipología	41
Figura 2.3-3	Restricciones de uso sobre fuentes superficiales, región del Biobío.....	42
Figura 2.3-4	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región del Biobío....	43
Figura 2.3-5	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región del Biobío, por tipología	47
Figura 2.3-6	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región del Biobío.....	48
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región del Biobío 2017.....	60
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	61
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región del Biobío	62
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región del Biobío según el indicador BS13	63

Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	63
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región del Biobío	66
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de Biobío	72
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 083.....	83
Figura 4.1-2	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 084.....	83
Figura 4.1-3	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región del Biobío	84
Figura 4.1-4	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región del Biobío.....	86
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por cuenca región del Biobío	102
Figura 4.3-1	Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región del Biobío.....	110
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	118
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	119
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	121
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	122
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	144
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región del Biobío.....	145
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región del Biobío	146
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región del Biobío	147
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	164
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	169

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda hídrica APU actual y futura - Cuencas BNA región del Biobío	21
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica APR actual, por subcuenca BNA, región del Biobío	23
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región del Biobío	24
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región del Biobío	25
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región del Biobío	25
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	26
Tabla 2.2-7	Estimación demanda hídrica consuntiva Generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	29
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	29
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	30
Tabla 2.2.10	Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	31
Tabla 2.2.11	Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	32
Tabla 2.2.12	Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	33
Tabla 2.2-13	Estimación demanda Acuícola actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío	34
Tabla 2.2.14	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región del Biobío	35
Tabla 2.2-15	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región del Biobío	36
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	44
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciación en periodo histórico 1985-2015.....	45

Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en región	49
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual y proyectada de agua subterránea en región	50
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	50
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región del Biobío, periodo 1912-2017 ...	51
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región del Biobío, periodo 2017-2023	52
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	58
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región del Biobío	58
Tabla 3.1-3	Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región del Biobío	67
Tabla 3.1-4	Obras de tramo colector presentes en la región del Biobío	67
Tabla 3.1-5	Estaciones de monitoreo de la región Biobío	71
Tabla 3.1-6	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción	73
Tabla 3.1-7	Iniciativas según tipologías y características básicas	74
Tabla 3.1-8	Iniciativas con estado de ejecución	75
Tabla 3.1-9	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región del Biobío	75
Tabla 3.1-10	Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región del Biobío	79
Tabla 3.1-11	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	79
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región del Biobío	85
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de infraestructura para el consumo humano, por cuenca región del Biobío	91
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de infraestructura para el consumo humano, por cuenca región del Biobío (continuación)	92
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de infraestructura para el desarrollo económico, por cuenca región del Biobío	94
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de infraestructura para el desarrollo económico, por cuenca región del Biobío (continuación)	95
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región del Biobío	97
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región del Biobío (continuación)	98
Tabla 4.2-7	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por cuenca región del Biobío	100
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región del Biobío	107
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región del Biobío (continuación)	108
Tabla 4.3-3	Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región del Biobío	112

Tabla 4.3-4	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Biobío...	116
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	119
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	120
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-INI-EST-01..	123
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-INI-EST-02..	123
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-INI-EST-03..	124
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-INI-EST-04..	125
Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-INI-EST-05..	125
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	126
Tabla 5.5-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	130
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	132
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	136
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	141
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Biobío	164

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una breve introducción al estudio y el marco estratégico desarrollado para la región del Biobío 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 del Biobío.

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 2025-2050.

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.

En base a lo anterior, se presenta a continuación la visión objetivo, el objetivo general y los objetivos estratégicos específicos:

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 Biobío como una región reconocida por su puerto, ruralidad, turismo, centro científico-tecnológico que se proyecta con altos estándares de servicios de infraestructura, conectada e integrada intra, interregional e internacionalmente, reconocida por su eficaz sistema logístico portuario, por la fortaleza y diversidad de su matriz productiva, por ser una región que se ocupa por otorgar bienestar a sus habitantes a través de la provisión de espacios públicos de calidad, que facilite la movilidad, equidad e integración de los territorios, reconociendo en estos su diversidad, la multiculturalidad y formas de ocupación, fomentando para ello los espacios de participación, articulación, colaboración y decisión en materia de planificación en sus múltiples escalas.

La región se proyecta valorando y respetando su biodiversidad privilegiando acciones en post de un desarrollo sostenible y armónico con su entorno natural, con una gestión eficiente de sus recursos con énfasis en el recurso hídrico y la protección oportuna de las personas frente a riesgos socio-naturales a través de infraestructuras más resilientes, promoviendo estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos estratégicos específicos 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), el Planes de Riego (CNR, 2017) de la cuenca Río Biobío, los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs) desarrollados dentro de la región (DGA, 2021; DGA, 2022), la Estrategia Regional de Desarrollo del Gobierno Regional de Biobío (GORE Biobío, 2015), 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 11.05.02.

1.2.2 Objetivo estratégico general

Proyectar la región del Biobío como un territorio resiliente y equitativo, asegurando el acceso universal a infraestructura básica de calidad, con especial énfasis en comunidades marginadas y rurales. Esto requiere una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico, priorizando el consumo humano, respetando los derechos de agua ancestrales y fomentando un uso responsable en las actividades productivas. Además, se busca impulsar un desarrollo sostenible que integre soluciones innovadoras para reforzar la seguridad hídrica y la protección de los ecosistemas, al mismo tiempo que se promueve la adaptación al cambio climático. La cohesión territorial y la inclusión social serán clave, vinculando estos esfuerzos con la reducción de riesgos socio-naturales mediante infraestructura resiliente. Finalmente, se promoverá una estrecha colaboración entre actores públicos y privados, con el fin de mejorar tanto el bienestar de la población como el desarrollo productivo de la región de manera armónica y sostenible.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Proyectar la región del Biobío con altos estándares de infraestructura inclusiva, promoviendo el bienestar de sus habitantes mediante la provisión de espacios públicos de calidad y servicios sanitarios rurales, favoreciendo la equidad, integración y ordenamiento territorial. Además, reconocer y respetar los derechos de aguas ancestrales de las comunidades indígenas, fomentando un uso eficiente del agua que priorice su disponibilidad para consumo humano, conciliando esta prioridad con la vocación productiva de la región. Identificar y mejorar los sistemas de abastecimiento hídrico en zonas vulnerables a través de un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) para optimizar su operación y mantenimiento. Asegurar el suministro de servicios básicos en todas las comunas, proporcionando asistencia técnica para la formulación de proyectos municipales, con el fin de acercar la cobertura

de servicios públicos a toda la región, adaptándose a las particularidades de cada territorio.

2. Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica, potenciando la gestión sostenible del recurso hídrico para lograr un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Priorizar el uso de agua para consumo humano, asegurando la disponibilidad de nuevas fuentes de agua con derechos regularizados, protegiendo los cursos de agua y acuíferos, y coordinando a las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego mediante instrumentos flexibles. Evaluar la factibilidad de reutilizar y regenerar agua por sector industrial o sanitario, y promover un sistema regional de reciclaje y tratamiento de residuos para mejorar la sostenibilidad ambiental de la región.
3. Valorar y respetar la biodiversidad de la región del Biobío mediante la promoción de un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico que garantice la seguridad hídrica. Impulsar un desarrollo armónico del riego y el acceso al agua en sectores de riego y seco, apoyando institucionalmente la concreción de proyectos. Redefinir los Sistemas de Humedales y Acuíferos (SHACs) en la cuenca del Biobío, evaluar la eficiencia del agua intrapredial según método de riego y proponer mejoras, y definir los deslindes de los principales cauces de la cuenca. Promover un sistema regional de adaptación productiva a los efectos del cambio climático mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas, determinando la infraestructura necesaria para optimizar el uso del agua y mejorar la gestión del recurso incorporando elementos innovadores que consideren tanto la disponibilidad del agua como las regulaciones e infraestructuras asociadas.
4. Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica y potenciar la gestión sostenible del recurso hídrico, asegurando un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Fortalecer las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) en el sector Biobío Precondillera, regularizando los derechos de agua y proporcionando financiamiento y apoyo técnico para proyectos de riego, con respaldo de un Centro de Investigación que impulse el desarrollo silvoagropecuario. En el sector Biobío Centro, desarrollar sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes y sostenibles, junto con programas de apoyo para pequeños agricultores de seco. En el seco interior, consolidar a las OUA con derechos de agua regularizados y sistemas de riego tecnificados. En el sector Penco-politano y de Reconversión, garantizar derechos de agua regularizados y

comunidades organizadas, con sistemas de riego tecnificados y uso de energías renovables. Mejorar la eficiencia del uso de aguas en los ríos Malleco y Renaico, fortalecer las OUA, reglamentaciones, y establecer programas de transferencia tecnológica y gestión del agua. Fomentar la generación de infraestructura pública con un enfoque en el desarrollo sustentable, inclusión y equidad territorial, promoviendo empleos de calidad en un entorno productivo diversificado y sostenible. Impulsar el sector agroalimentario como objetivo clave de la acción de fomento productivo mediante políticas públicas regionales que incluyan la gestión de riego y el fortalecimiento del capital humano y comercial del sector.

5. Promover una región que valora y respeta su biodiversidad mediante el fomento de acciones que prioricen un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico. Asegurar que el territorio priorice el uso del agua para consumo humano, protegiendo sus cursos de agua y acuíferos, y fomentando la coordinación entre las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego a través de instrumentos flexibles.
6. Desarrollar un levantamiento exhaustivo de la información sobre los flujos de contaminantes en la cuenca del Biobío para la elaboración de futuros planes de gestión y modelamiento matemático de la contaminación. Implementar un plan de gestión de contaminantes, particularmente nutrientes, presentes en las aguas superficiales de la cuenca. Catastrar y diagnosticar la red de monitoreo existente para el control de la extracción de aguas superficiales en canales, y proponer una red de telemetría que asegure la correcta extracción. Establecer redes de monitoreo de nieves y glaciares, así como de la calidad del agua subterránea en la cuenca del Biobío. Proponer e implementar una red de sensoramiento para el monitoreo constante de las variables hídricas de los humedales y ecosistemas asociados, determinando las zonas y variables necesarias para complementar la información hidro-meteorológica y ecológica existente. Diseñar y poner en marcha una herramienta basada en el análisis del microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un contexto de cambio climático.
7. Fomentar una región que valora y respeta su biodiversidad, garantizando la protección de las personas frente a condiciones climáticas adversas mediante infraestructuras resilientes, y promoviendo estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático para convertir la región en un atractivo turístico y un territorio integrado. Proveer servicios de infraestructura que protejan frente a peligros y riesgos socio-naturales,

reduciendo la afectación a la vida, los sistemas productivos y los territorios. Evaluar, desde un punto de vista meteorológico e hidrológico, los efectos del cambio climático en eventos extremos que puedan ocasionar sequías e inundaciones, y reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semiurbana en la cuenca del Biobío. Diseñar e implementar una herramienta basada en el análisis de microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un escenario de cambio climático. Fortalecer la planificación y gestión de riesgos de desastres en las ciudades de la región, proteger la vida y mitigar impactos que puedan afectar la competitividad, generar e implementar programas de inversión pública para mitigar riesgos de desastres naturales y antrópicos, y fortalecer el capital humano especializado en riesgos y desastres, promoviendo competencias a nivel local y el desarrollo de una plataforma integral de información de recursos y capacidades.

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

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

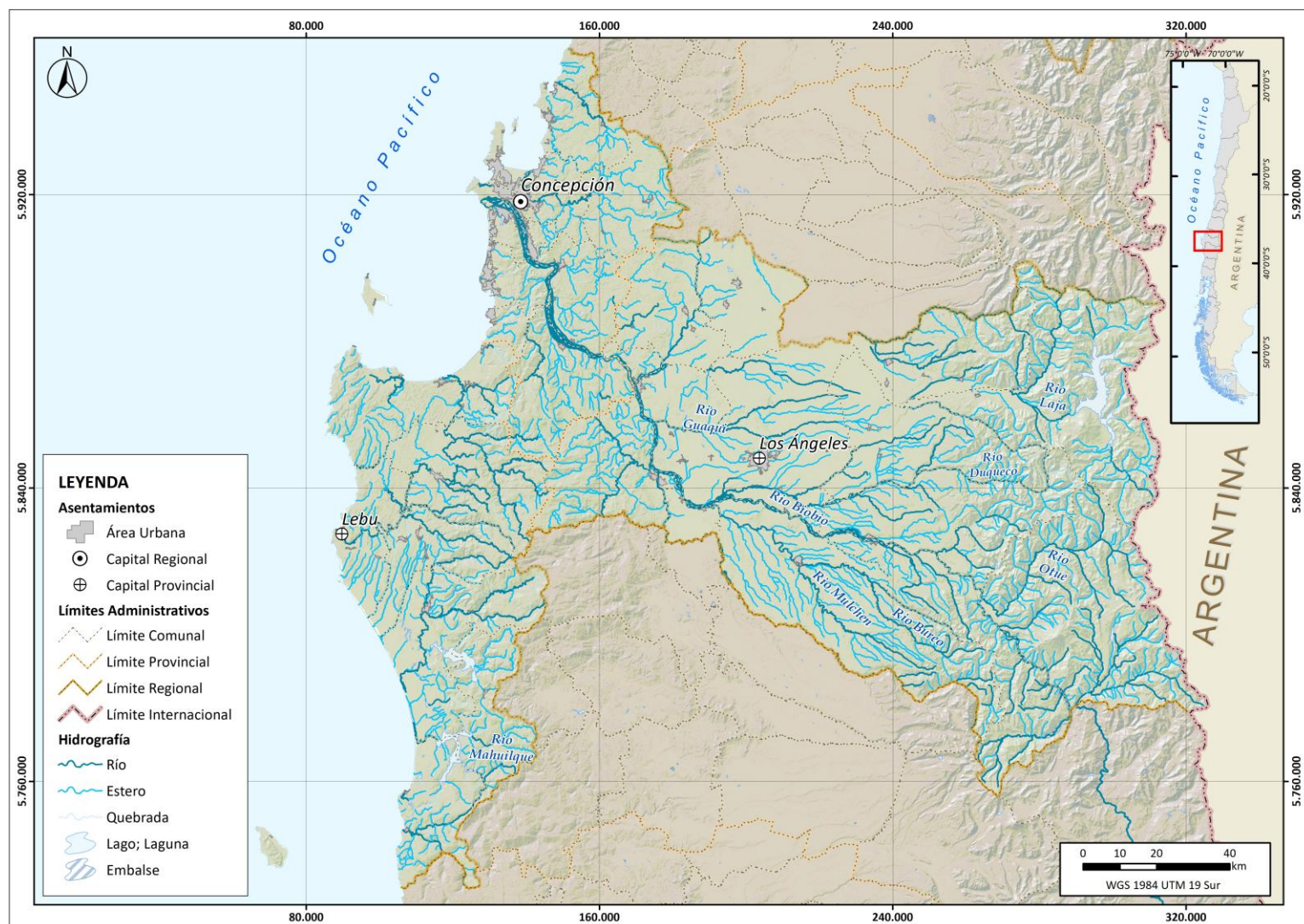
A continuación, se presentan las principales características de la región del Biobío en términos físicos, climáticos y socio-económicos. El detalle de este trabajo se presenta de en el Anexo 11.01 del presente estudio.

2.1.1 Dimensión física

La Región del Biobío se caracteriza por una variedad de unidades morfológicas que comprenden desde planicies litorales que se distribuyen de forma discontinua de norte a sur, con mayor desarrollo en el sector meridional, cerca de Concepción. La Cordillera de la Costa, que alcanza alturas de hasta 1.525 metros, se divide en un macizo al norte del río Biobío y la Cordillera de Nahuelbuta al sur. La Depresión Intermedia es una planicie ondulada interceptada por varios ríos. La Cordillera andina, por su parte, es un relieve con alturas de hasta 3200 metros, interceptada por varios ríos que forman valles de carácter glaciar (DCPRH, 2019). La región se articula principalmente en la hoya hidrográfica del río Biobío, la cual corresponde a una de las cuencas más extensas del país, posee una superficie de 24.029 km² y alcanza 380 km de longitud, tiene un régimen mixto con crecidas en invierno-primavera (BCN, 2023). La hidrografía de la región se presenta en la Figura 2.1-1.

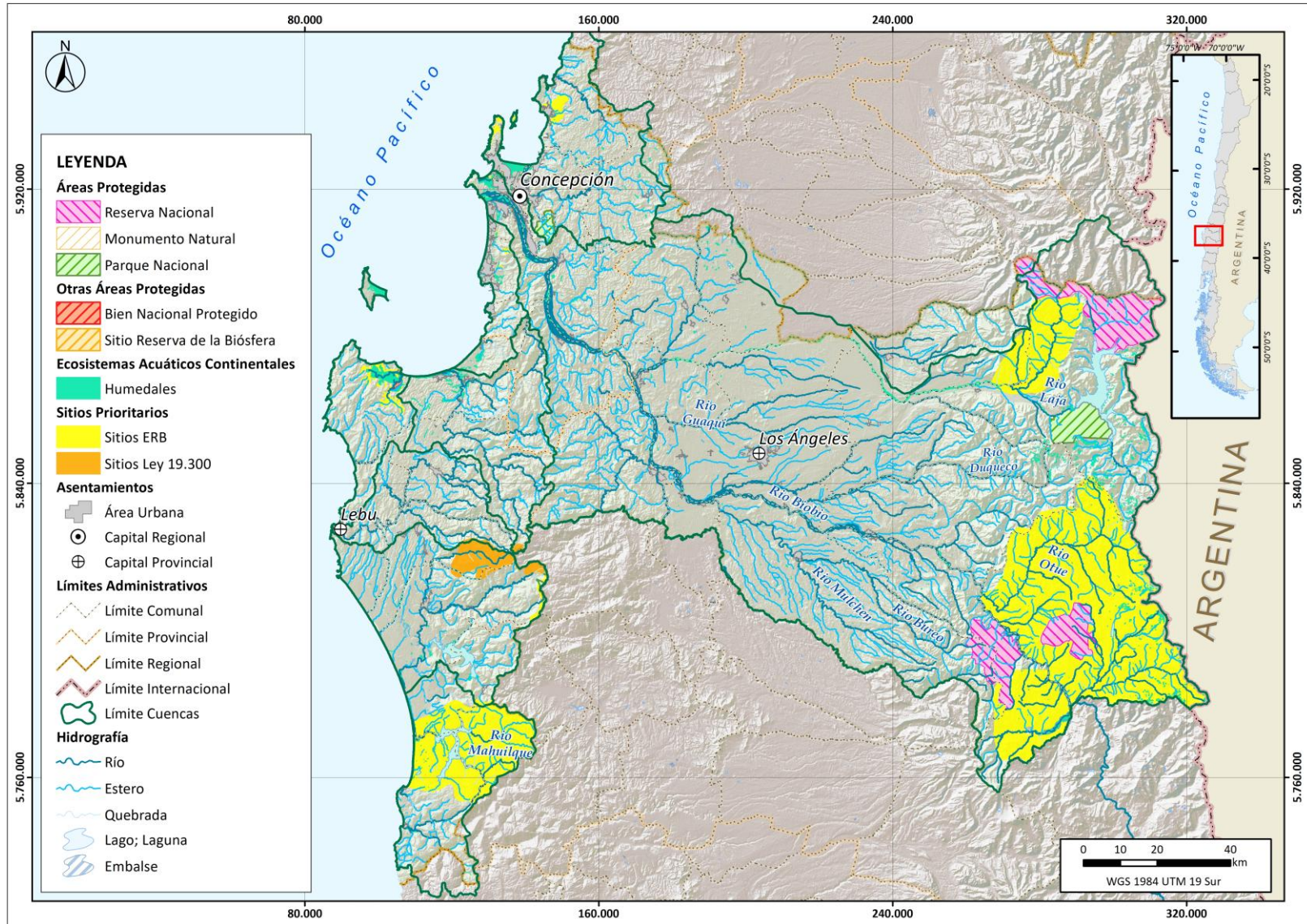
Desde el punto de vista geológico, la región exhibe una distribución lito-crono-estratigráfica principalmente de norte a sur, con rocas de diferentes edades que representan distintos procesos geológicos a lo largo del tiempo. Desde rocas metamórficas del Paleozoico en la Cordillera de Nahuelbuta hasta depósitos sedimentarios y volcánicos más recientes del Pleistoceno y Holoceno, incluyendo formaciones como la Santa Juana y la Quiriquina. Esta evolución geológica ha sido clave en la configuración de la geomorfología actual de la región (DCPRH, 2019).

Finalmente, en cuanto al ámbito ambiental, se han identificado diversas áreas con diferente grado de protección, según el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Entre estas áreas se destacan la Reserva Nacional Ralco, la Reserva Nacional Isla Mocha, el Parque Nacional Laguna del Laja, el Parque Nacional Nonguén y la Reserva Nacional Altos de Pemehue, las cuales constituyen importantes reservas naturales en la región (ver Figura 2.1-2). No obstante, la protección de humedales en la Región del Biobío presenta bajos niveles. Todas las cuencas de la región, a excepción de la cuenca Río Carampangue, presentan una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales inferiores a 5%. Por su parte la cuenca del Río Carampangue exhibe una criticidad media con un porcentaje de protección de 10%. Esta situación destaca la necesidad urgente de mejorar la gestión y protección de los humedales en la región para mitigar los impactos negativos en los recursos hídricos y garantizar la provisión de servicios ecosistémicos esenciales en las diferentes cuencas de la región (ver sección 4.2.4).



Fuente: Elaboración Propia en base a DGA (2021).

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región del Biobío



Fuente: Elaboración propia.

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

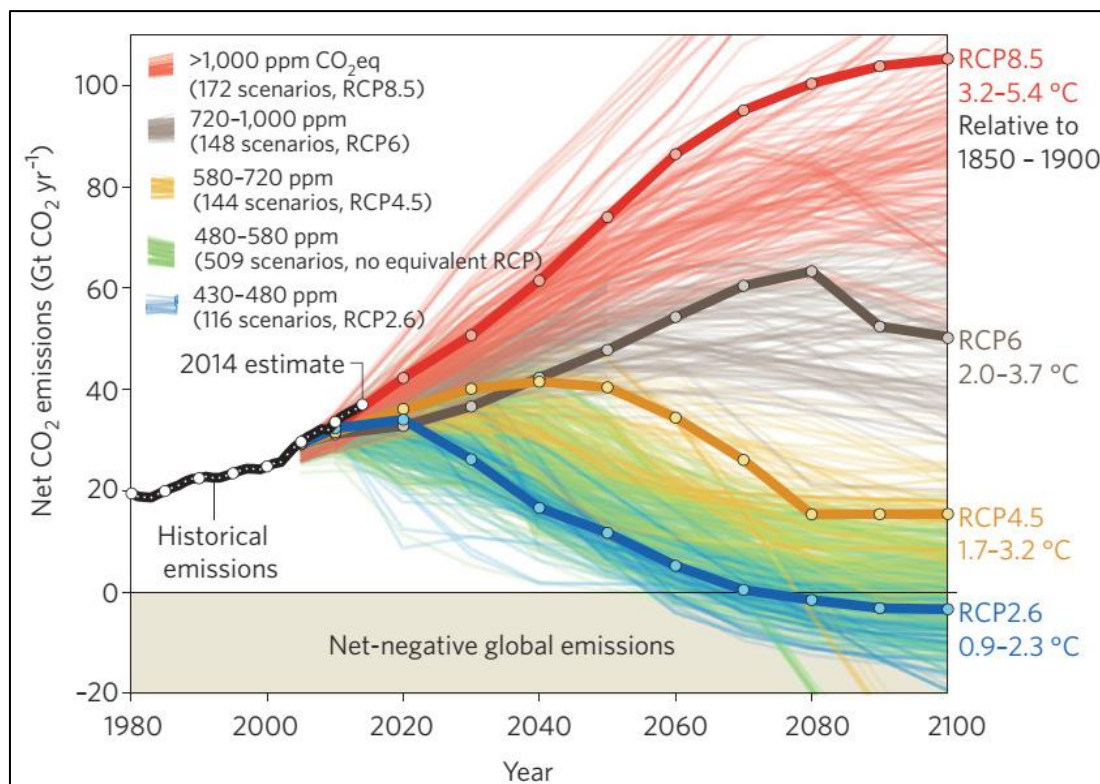
2.1.1 Clima

La caracterización climática comprende una descripción detallada de los diferentes tipos de climas presentes en la región del Biobío. En la franja costanera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa se presenta un clima templado húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales. Hacia el interior, el clima templado costero húmedo presenta precipitaciones de alrededor de 1.330 mm anuales, con un período seco de cuatro meses. En la parte norte de la región predomina el clima templado mediterráneo, extendiéndose hacia la zona intermedia, bordes orientales de la Cordillera de la Costa y sectores más bajos de la precordillera (BCN, 2023).

En el Anexo 11.01 se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger, así como los diagramas ombrotérmicos, 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 CCSM4. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 11.01.

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



Fuente: (Fuss, et al., 2014)

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

2.1.2 Dimensión socioeconómica y cultural

La región del Biobío se sitúa en el límite sur de la zona central del país y tiene un área de 24.021 km². El Censo 2017 determinó que en la región del Biobío hay un total de 1.556.805 habitantes, siendo la única región de la Macrozona Sur con una población de más de 1 millón de habitantes, lo que representa un 8,86% de la población nacional, posicionándose como la tercera región con mayor población del país (INE, 2017). La pirámide población ha evolucionado desde una tendencia progresiva, hacia una tendencia estacionaria (INE, 2017).

El Producto Interno Bruto (PIB) de la región del Biobío consignado por el Banco Central de Chile (referencia) al año 2022, corresponde a \$15.265 mil millones de pesos, representando el 5,81% a nivel nacional. En términos sectoriales, se destaca la industria manufacturera (23,8%), seguida por servicios personales (17,6%) y servicios financieros y empresariales (10,4%). Respecto al sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos, este alcanza un 4,7% del PIB regional, el sector agropecuario-silvícola el 3,3% y por último el sector minero con 0,3% de participación del PIB regional (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 del Biobío 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 (Mm³/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, 2022). 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 11.02.

Tabla 2.2-1 Estimación demanda hídrica APU actual y futura - Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda hídrica APR (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	657	662	671	673	673
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	33.555	33.589	34.361	34.890	35.361
083	Río Biobío	41.739	41.963	42.575	42.861	43.067
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	12.855	12.905	13.248	13.486	13.697
085	Río Carampangue	1.393	1.402	1.418	1.422	1.423
086	Costeras Carampangue - Lebu	311	313	317	317	318
087	Río Lebu	3.465	3.486	3.523	3.532	3.535
088	Costeras Lebu-Paicaví	0	0	0	0	0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		93.975	94.320	96.113	97.181	98.074

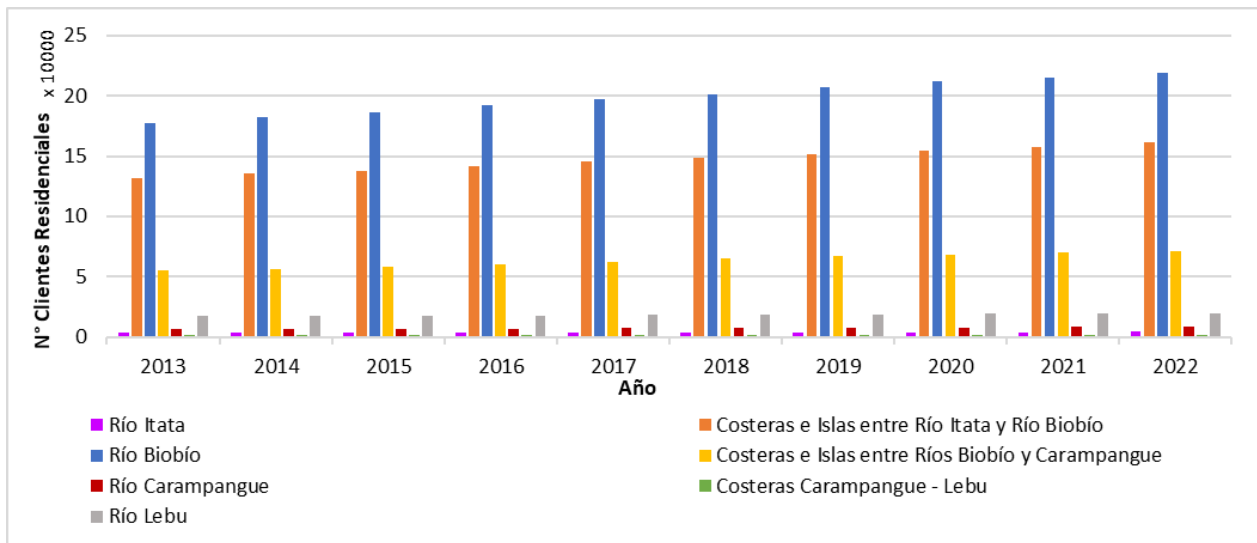
Fuente: Elaboración propia en base a SISS (2023).

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

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

cuencas Río Biobío (código BNA 083) y cuencas Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (código BNA N°082), en donde operan los sistemas de producción Concepción, Chiguayante, Talcahuano, Parque Industrial Coronel, entre otros, que abastecen a la mayor población de la región.

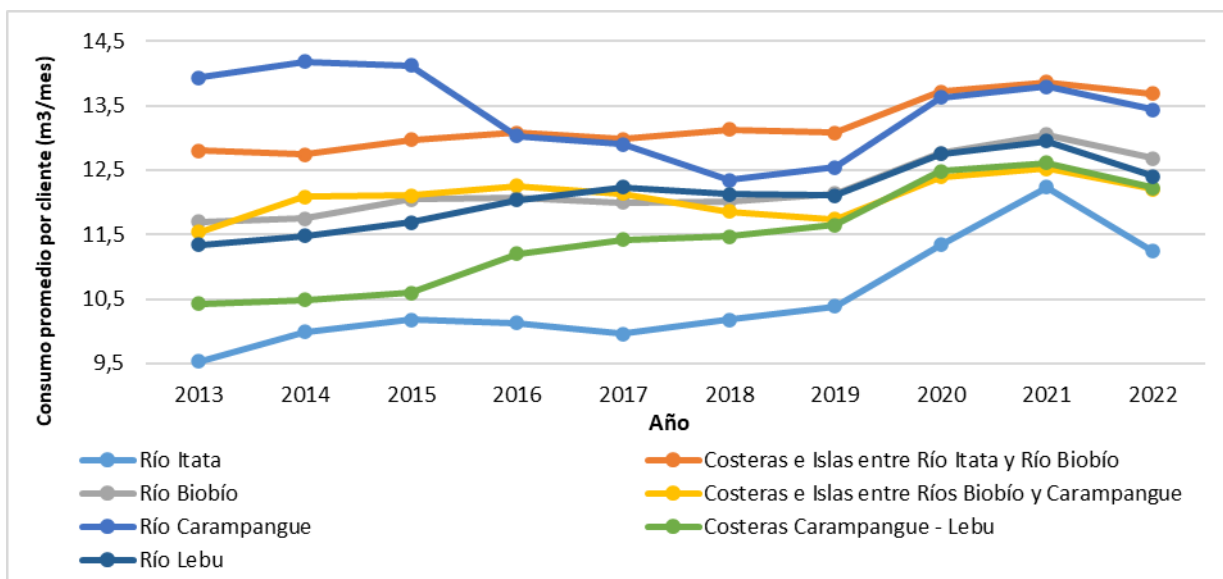
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales lo que representan el 96% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los clientes residenciales presentan en promedio un aumento en la tasa de crecimiento de un 0,3%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de clientes residenciales para las cuencas de la región para 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 3,9m³/mes (Figura 2.2-2). Cabe destacar, las cuencas que más consumo promedian son la cuenca del Río Carampangue (código BNA 085) y las cuencas Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (código BNA 082).



Fuente: SISS (2023)

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

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 del Biobío.

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 11.02.

Tabla 2.2-2 Estimación demanda hídrica APR actual, por subcuenca BNA, región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica APR (Mm³/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	98	99	139	140	140
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	330	333	555	557	557
083	Río Biobío	3.896	3.930	5.223	5.239	5.243
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	442	446	489	491	491
085	Río Carampangue	74	74	103	103	103
086	Costeras Carampangue-Lebu	206	208	228	229	229

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica APR (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
087	Río Lebu	172	173	207	208	208
088	Costeras Lebu-Paicaví	646	652	798	801	801
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	504	509	575	577	578
Total		6.369	6.423	8.319	8.344	8.351

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

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 Biobío, 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 del Biobío, donde se observa un incremento en la población rural de un 16% para las cuencas Río Biobío (código BNA 083) y Río Lebu (código BNA 087), un 10% en las cuencas Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (código BNA 082) y Costeras Carampangue – Lebu (código BNA 086) y menos de un 10% para el resto de las cuencas, para el año 2055 respecto de la población actual.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Población rural en áreas con APR (hab)				
		2022	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	2.070	2.088	2.113	2.120	2.122
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	5.816	5.866	6.419	6.438	6.444
083	Río Biobío	73.947	74.580	87.303	87.570	87.647
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	8.754	8.829	9.481	9.510	9.518
085	Río Carampangue	1.460	1.472	1.491	1.495	1.496
086	Costeras Carampangue-Lebu	4.116	4.151	4.556	4.570	4.573
087	Río Lebu	3.320	3.348	3.957	3.970	3.974
088	Costeras Lebu-Paicaví	12.360	12.466	13.208	13.248	13.260
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	9.372	9.452	9.900	9.930	9.938
Total		121.215	122.252	138.428	138.850	138.972

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 2% de aumento en el consumo para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica sin APR (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	39	39	40	40	40
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	191	192	194	195	195
083	Río Biobío	618	621	629	631	631
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	10	10	10	10	10
085	Río Carampangue	28	28	28	28	28
086	Costeras Carampangue-Lebu	0	0	0	0	0
087	Río Lebu	3	3	3	3	3
088	Costeras Lebu-Paicaví	109	109	111	111	111
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	43	43	43	43	43
Total		1.039	1.045	1.058	1.061	1.062

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 2% 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 del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Población rural en áreas sin APR (hab)				
		2022	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	2.129	2.141	2.167	2.174	2.176
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	10.469	10.526	10.655	10.687	10.697
083	Río Biobío	33.863	34.048	34.464	34.569	34.599
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	523	525	532	534	534
085	Río Carampangue	1.516	1.525	1.543	1.548	1.549
086	Costeras Carampangue-Lebu	0	0	0	0	0
087	Ro Lebu	154	155	157	158	158
088	Costeras Lebu-Paicaví	5.951	5.984	6.057	6.075	6.081
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	2.331	2.343	2.372	2.379	2.381
Total		56.936	57.247	57.947	58.124	58.174

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región del Biobío, 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 del 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 11.02.

Tabla 2.2-6 Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

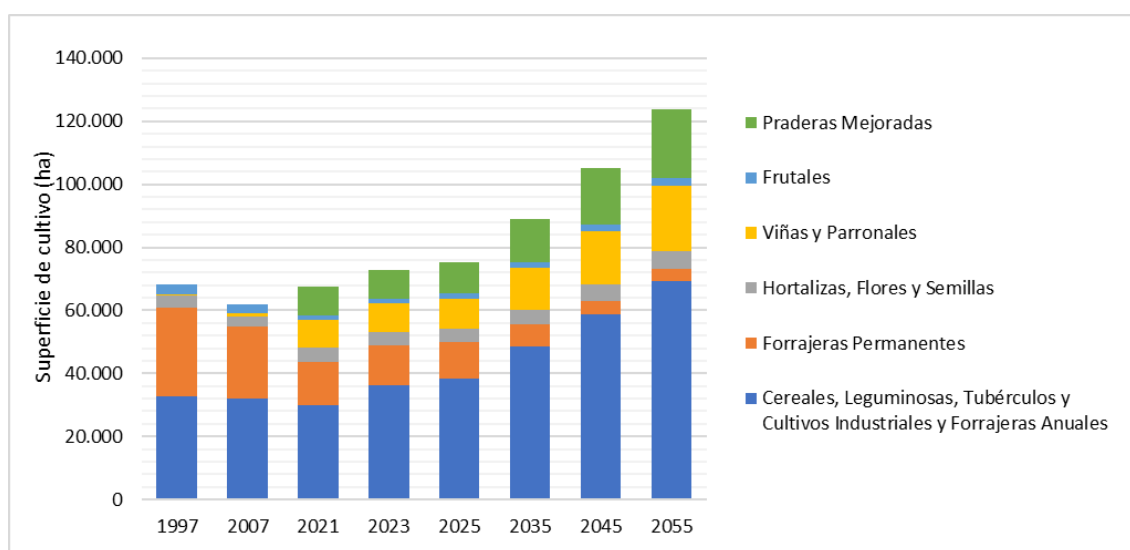
Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	24.129	29.682	33.561	35.289	44.001
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	7.273	8.194	9.561	10.005	11.803
083	Río Biobío	1.386.287	1.667.974	1.937.158	1.933.266	2.538.284
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	1.566	1.781	1.643	1.797	2.076
085	Río Carampangue	4.077	4.795	5.230	5.462	6.698
086	Costeras Carampangue - Lebu	2.170	2.473	3.041	3.498	4.191
087	Río Lebu	671	809	955	1.088	1.375
088	Costeras Lebu-Paicaví	4.374	5.103	5.626	5.908	7.049
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	1.546	1.837	2.064	2.161	2.777
Total		1.432.093	1.722.648	1.998.839	1.998.474	2.618.254

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 se espera en la región un incremento del 83% en la demanda de agua para el período comprendido entre los años 2023 y 2055. El aumento previsto de la demanda, basado en datos censales históricos, se atribuye principalmente al aumento de la superficie cultivada de viñas, parronales, praderas mejoradas y el grupo que incluye cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales y forrajeras anuales (Figura 2.2-3). Cabe mencionar que en el año 2045 se observa una disminución en la demanda, la

cual se atribuye al ligero aumento en las estimaciones de precipitación en comparación con el año 2035. Este incremento resulta en una reducción de los requerimientos de riego.

Los datos recopilados en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), muestran un cambio significativo en las áreas destinadas a diferentes tipos de cultivos durante el periodo 2007-2021. Se observa una reducción de la superficie dedicada a gran parte de los cultivos y un aumento significativo en la de viñas, parronales y praderas mejoradas (Figura 2.2-3). Se estima que esta tendencia se mantendrá constante según las proyecciones hasta el año 2055. Este cambio en el tipo de cultivo podría atribuirse a la mejor adaptación de las viñas y parronales a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros frutales³.



Fuente: Elaboración propia.

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

En lo que respecta a la evolución de la demanda hídrica por tipo de cultivo, destacan como principales consumidores de agua el grupo que incluye cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales y forrajerías anuales, así como el grupo de viñas y parronales, según las proyecciones para el periodo 2023 a 2055.

Respecto al grupo de cultivo que incluye cereales, para el año 2023, se estima una demanda de 753.124 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 1.526.835 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 103% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Respecto a los cultivos de viñas y parronales se estima una demanda de 193.078 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los

³ <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8543/NR33603.pdf?sequence=42&isAllowed=y>

473.214 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 145% en la demanda hídrica.

El aumento de la demanda 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 y por otro lado también contribuye el aumento de la superficie de cultivo. 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.

La disminución de la demanda en el resto de los cultivos se atribuye principalmente a la reducción de la superficie cultivada durante el periodo 1997-2021 y su proyección al año 2055.

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) se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que la demanda ejercida por el sector de generación eléctrica consta de dos componentes en su uso: la no consuntiva (centrales hidroeléctricas) y la consuntiva (centrales termoeléctricas que utilizan agua para sus sistemas de enfriamiento). Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-7 y Tabla 2.2-8, 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 11.02.

Tabla 2.2-7 Estimación demanda hídrica consuntiva Generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	0	0	0	0	0
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	0	0	0	0	0
083	Río Biobío	4.003	4.863	6.548	8.021	7.454
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	113.987	108.624	99.478	78.347	73.651
085	Río Carampangue	0	0	0	0	0
086	Costeras Carampangue - Lebu	0	0	0	0	0
087	Río Lebu	0	0	0	0	0
088	Costeras Lebu-Paicaví	0	0	0	0	0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		117.990	113.487	106.026	86.368	81.105

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de Tabla 2.2-7, la demanda hídrica consuntiva para la generación eléctrica se concentra en las cuencas Río Bio-Bio y Costeras e Islas entre Ríos Bio-Bio y Carampangue, donde se albergan distintas termoeléctricas. Las proyecciones futuras indican una disminución en esta demanda, en línea con la tendencia a la baja alza observada en los datos históricos de generación eléctrica en los últimos años.

Tabla 2.2-8 Estimación demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	0	0	0	0	0
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	0	0	0	0	0
083	Río Biobío	38.326.137	33.315.447	32.007.388	27.647.177	23.168.577
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	0	0	0	0	0
085	Río Carampangue	0	0	0	0	0
086	Costeras Carampangue - Lebu	0	0	0	0	0
087	Río Lebu	0	0	0	0	0
088	Costeras Lebu-Paicaví	0	0	0	0	0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		38.326.137	33.315.447	32.007.388	27.647.177	23.168.577

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2.2-8 muestra una disminución en la demanda hídrica no consuntiva, el cual está vinculado a diversas hidroeléctricas que, de acuerdo a los datos históricos, han experimentado una baja en la generación eléctrica en los últimos años.

2.2.5 Minero

Se estimó la demanda hídrica ejercida por las principales faenas mineras identificadas (todas de tipo consuntiva), representadas por la minería del carbón.

Para actualizar los datos de producción, se utilizó el último el “Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales” (COCHILCO, 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 11.02.

Tabla 2.2-9 Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
083	Río Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
085	Río Carampangue	6,3	6,4	7,2	7,9	5,7
086	Costeras Carampangue - Lebu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
087	Río Lebu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
088	Costeras Lebu-Paicaví	12,5	12,7	14,3	15,8	11,4
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	6,3	6,4	7,2	7,9	5,7
Total		25,1	25,5	28,7	31,6	22,8

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda de agua en la región, como se evidencia en la Tabla 2.2-9, no muestra una tendencia clara 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.

Además, es importante destacar que, debido a la disponibilidad de datos de producción minera a nivel regional, la demanda de agua se distribuyó equitativamente entre las operaciones mineras ubicadas en la misma región. Por este motivo, en la Tabla 2.2-9 se pueden observar valores idénticos para las cuencas de los ríos Carampangue y Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región.

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: uno correspondiente al Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) de la Superintendencia de Servicios Sanitarios asociado a industrias que son parte del área de concesión de una empresa sanitaria y otro el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) de la Superintendencia del Medio Ambiente asociado a las unidades fiscalizables.

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 (acápito 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 2.2.10 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 11.02.

Tabla 2.2.10 Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	0	0	0	0	0
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	666	755	1.381	1.529	1.904
083	Río Biobío	66.275	75.102	137.407	152.036	189.351
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	45.512	51.573	94.358	104.404	130.029
085	Río Carampangue	0	0	0	0	0
086	Costeras Carampangue - Lebu	0	0	0	0	0
087	Río Lebu	1	1	3	3	4
088	Costeras Lebu-Paicaví	0	0	0	0	0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		112.454	127.431	233.149	257.972	321.288

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 2.2.10, 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 186% 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 23,8% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 125% 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 2008 de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Las superficies plantas consideradas corresponden a especies forestales exóticas. Estas superficies fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.11, 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 11.02.

Tabla 2.2.11 Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	415.011	283.774	207.794	150.000	156.588
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	871.231	499.253	365.578	263.901	275.490
083	Río Biobío	5.201.796	4.036.140	2.955.465	2.133.469	2.227.159
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	238.923	217.802	159.486	115.128	120.184
085	Río Carampangue	1.024.579	930.206	681.144	491.699	513.292
086	Costeras Carampangue - Lebu	346.402	313.849	229.816	165.898	173.183
087	Río Lebu	793.278	724.719	530.676	383.080	399.903
088	Costeras Lebu-Paicaví	886.064	787.650	576.757	416.345	434.628
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	681.210	578.190	423.380	305.626	319.048
Total		10.458.494	8.371.583	6.130.096	4.425.146	4.619.475

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de la demanda forestal, como se indica en Tabla 2.2.11 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 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 y 2007 (INE, 2007; INE, 1997) 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 2.2.12, 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 11.02.

Tabla 2.2.12 Estimación demanda hídrica Pecuaría actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	69	66	54	49	44
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	95	90	76	72	58
083	Río Biobío	1.939	1.861	1.569	1.473	1.089
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	73	74	80	85	100
085	Río Carampangue	47	38	10	4	0
086	Costeras Carampangue - Lebu	74	64	26	12	0
087	Río Lebu	32	30	22	19	10
088	Costeras Lebu-Paicaví	206	188	115	86	19
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	98	84	41	35	0
Total		2.633	2.495	1.993	1.835	1.320

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2.12, se observa una tendencia a la baja de la demanda durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Esta disminución se asocia, de acuerdo a la información censal, a una disminución de las cabezas de ganado bovina, ovina, porcina y equina en el periodo histórico (2007 a 2021) de las cabezas de ganado en la cuenca y que se proyecta hasta el año 2055.

2.2.9 Acuícola

Para la estimación de la demanda acuícola no consuntiva en la región fueron localizados los centros acuícolas “en tierra” del 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. 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 2.2-13, 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 11.02.

Tabla 2.2-13 Estimación demanda Acuícola actual y futura – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Río Itata	0	0	0	0	0
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	4.825	2.626	1.961	947	947
083	Río Biobío	4.114.592	4.071.196	2.512.957	912.757	912.757
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	0	0	0	0	0
085	Río Carampangue	0	0	0	0	0
086	Costeras Carampangue - Lebu	0	0	0	0	0
087	Río Lebu	0	0	0	0	0
088	Costeras Lebu-Paicaví	0	0	0	0	0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		4.119.417	4.073.822	2.514.918	913.704	913.704

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-13, la proyección de la demanda acuícola muestra una tendencia a la baja. La totalidad de esta demanda proyectada, basada en datos históricos de producción, se concentra mayoritariamente en la cuenca Río Bio-Bio. Es importante destacar que, dado que las proyecciones indican una demanda nula para los años 2055, se ha mantenido constante, de forma conservadora, la estimación correspondiente al año 2045.

2.2.10 Caudal de reserva para turismo 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 Tabla 2.2.14. 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 11.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario ADI Alto del Bio-Bío (SP2-057) y Reserva Nacional Ñuble (WDPa-090) en la cuenca del Río Biobío y Sitio Prioritario ADI Lleu – Lleu (SP2-061) en la cuenca Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región.

Tabla 2.2.14 Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región del Biobío

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm³)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Biobío	391	293	334	341	367	880	1.365	1.135	1.077	1.089	1.068	794	9.134
Cost. e Islas entre R. Paicaví y Lim. Reg.	21	11	8	10	32	99	175	130	99	73	48	35	741
Total	412	304	342	351	399	979	1.540	1.265	1.176	1.162	1.116	829	9.875

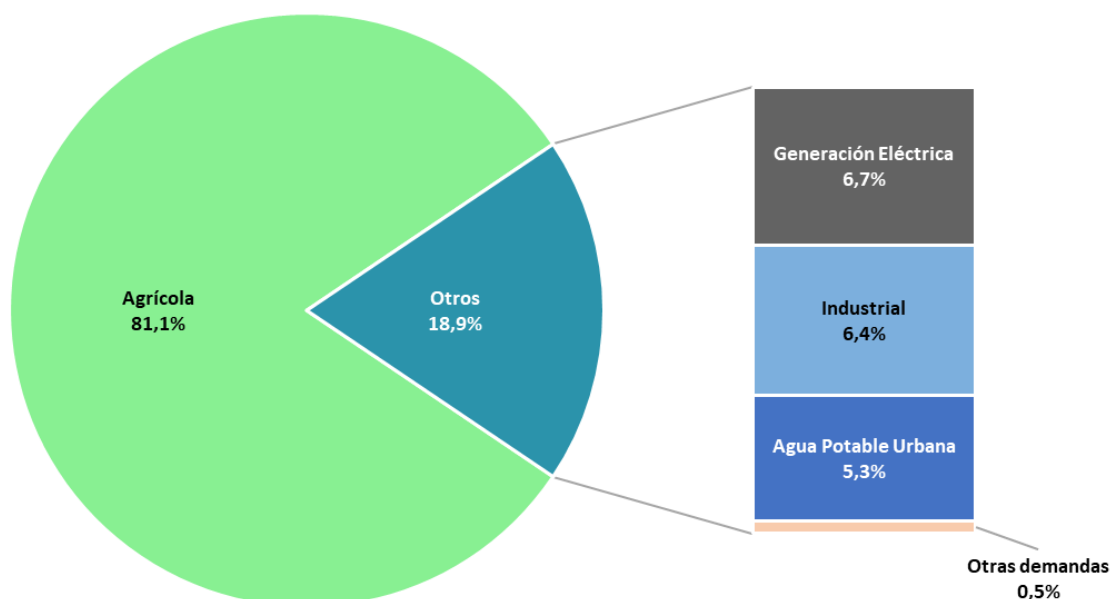
Fuente: Elaboración propia.

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 demanda hídrica consuntiva en la región de Biobío en el año 2023, destacando el sector agrícola como el principal demandante consuntivo de agua para uso productivos, seguido por la generación eléctrica consuntiva. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 11.02.



Fuente: Elaboración propia.

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

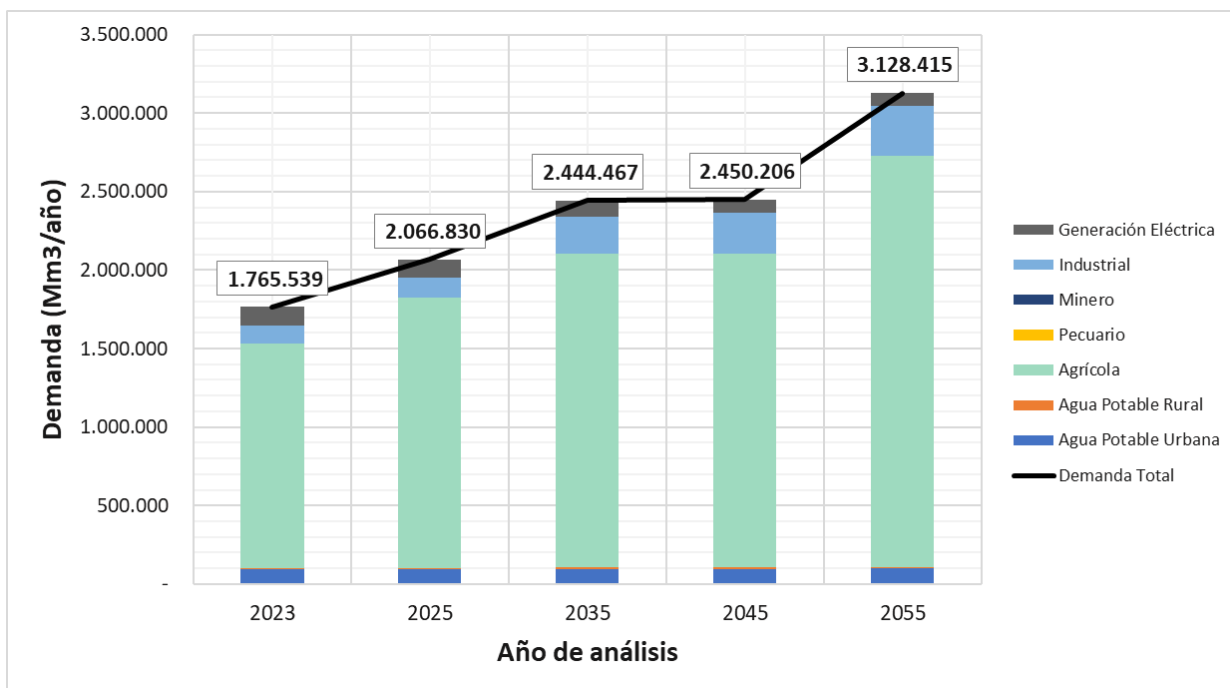
En la Tabla 2.2-15 y la Figura 2.2-4 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápites anteriores, se espera un aumento de aproximadamente un 77% de las demandas totales en el periodo 2023-2055.

Este incremento se atribuye principalmente al aumento del 83% en la demanda agrícola y al incremento del 186% en la demanda del sector industrial durante el mismo periodo. El sector de generación eléctrica muestra la mayor disminución, con un descenso del 2,7% en el periodo comprendido entre 2023 y 2055.

Tabla 2.2-15 Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región del Biobío

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
081	Rio Itata	24.953	30.509	34.425	36.151	44.858
082	Costeras e Islas entre Rio Itata y Rio Bio-Bio	41.919	42.961	45.934	47.053	49.683
083	Rio Bio-Bio	1.504.139	1.795.693	2.130.480	2.142.896	2.784.488
084	Costeras e Islas entre Ríos Bio-Bio y Carampangue	174.435	175.403	209.296	198.610	220.044
085	Rio Carampangue	5.597	6.316	6.768	6.999	8.230
086	Costeras Carampangue-Lebu	2.761	3.058	3.612	4.056	4.738
087	Rio Lebu	4.341	4.499	4.710	4.850	5.132
088	Costeras Lebu-Paicaví	5.239	5.955	6.554	6.810	7.881
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	2.155	2.436	2.688	2.781	3.360
Total		1.765.539	2.066.830	2.444.467	2.450.206	3.128.415

Fuente: Elaboración propia.

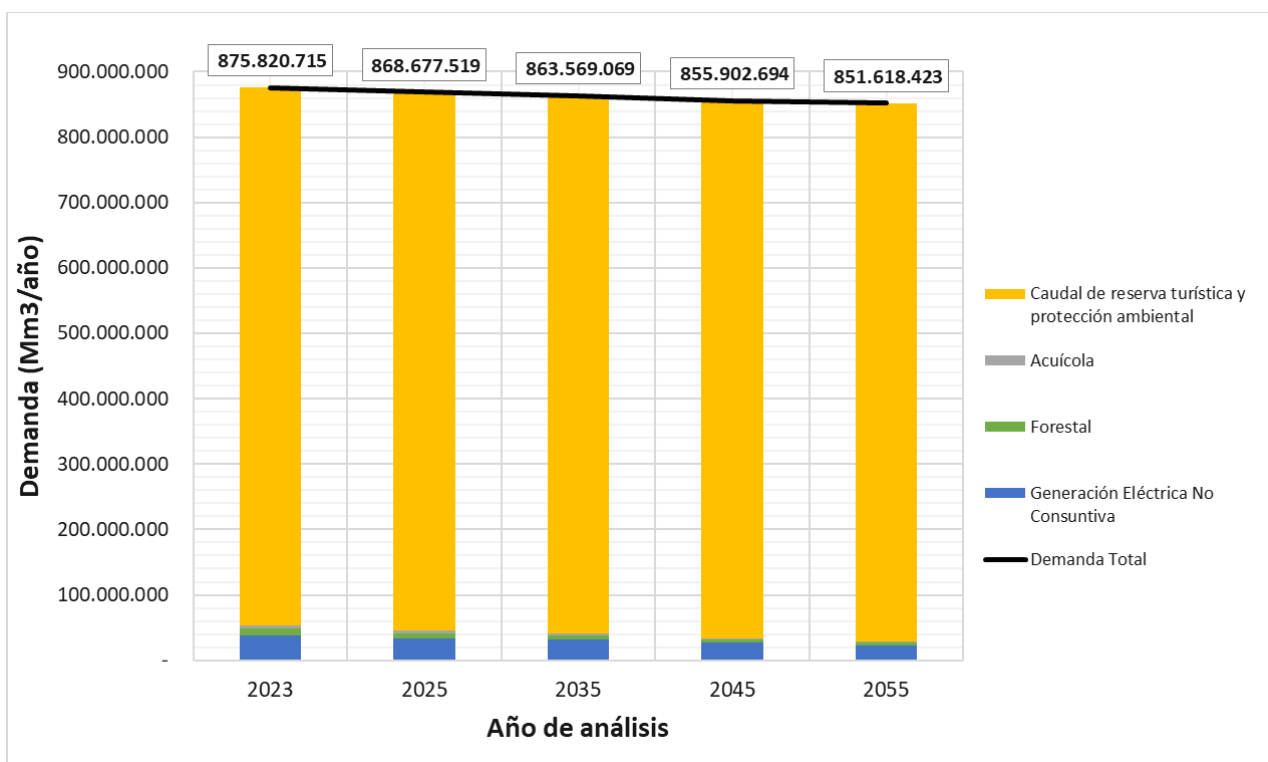


Fuente: Elaboración propia.

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 y acuícola poseen demandas 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.

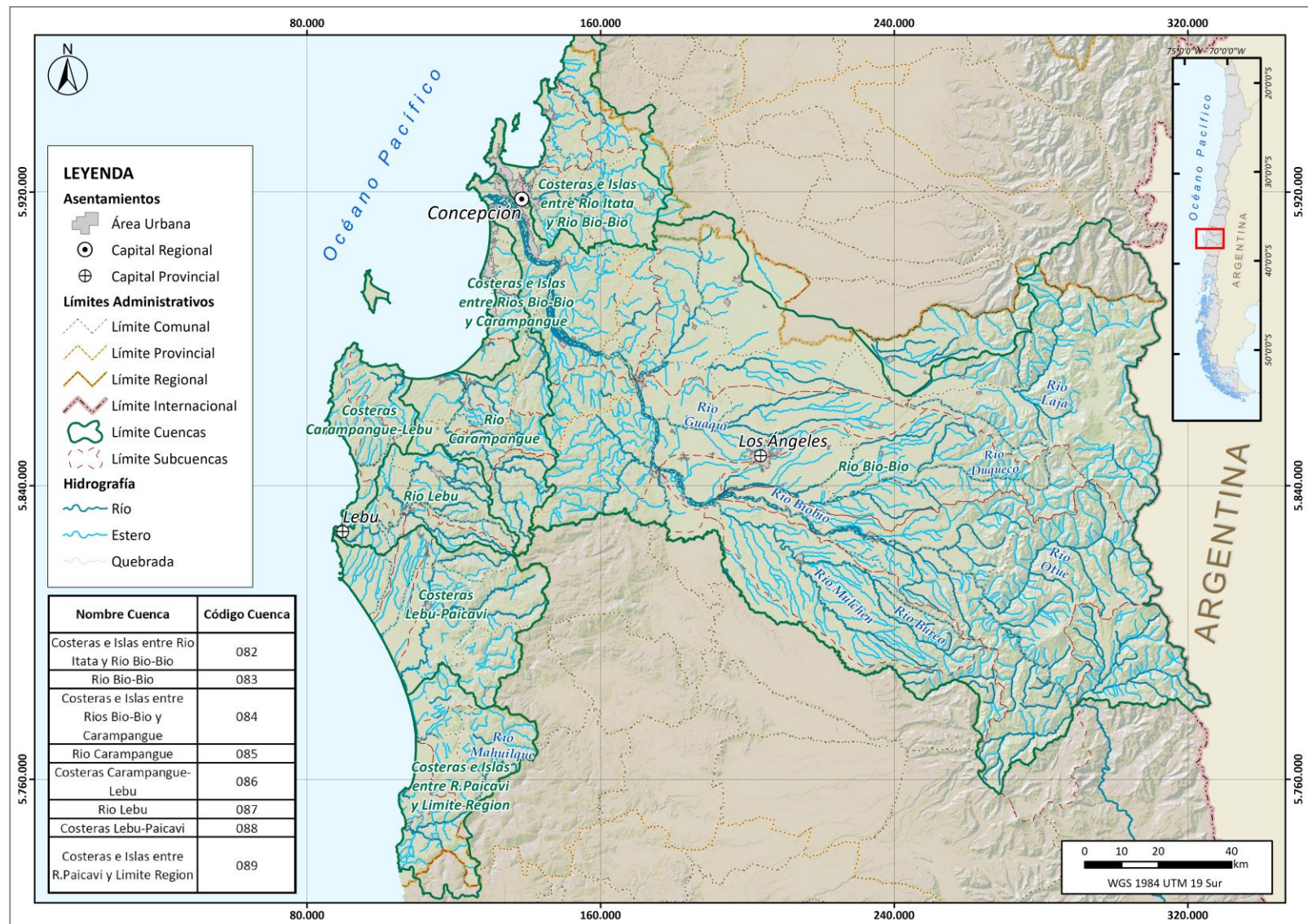
Figura 2.2-6 Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

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 del Biobío, 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 (2021).

Figura 2.3-1 Cuencas y subcuencas de la región del Biobío según clasificación BNA

2.3.1.1 Agua superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

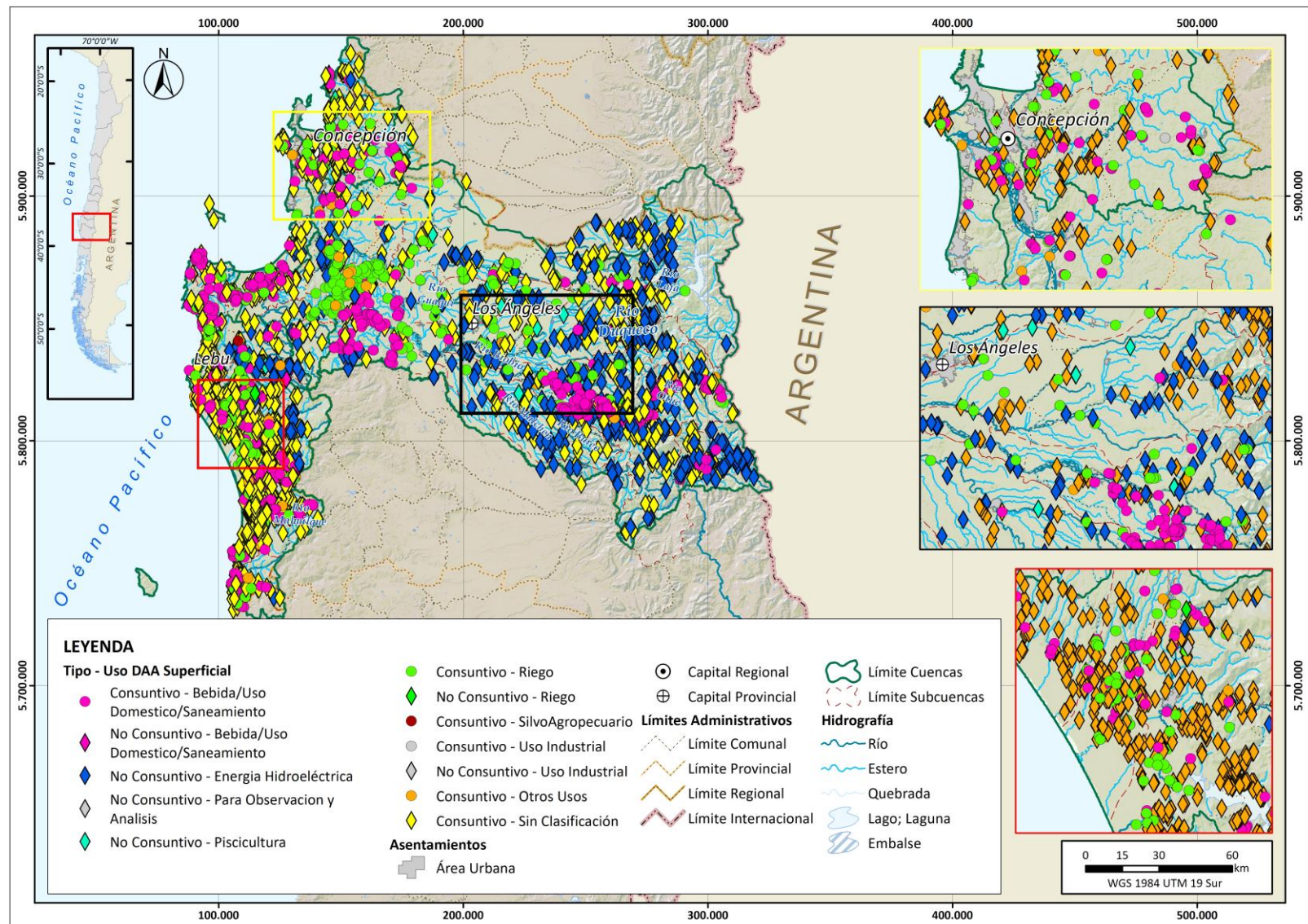
Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_VIII_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la región del Biobío existen 5.970 DAA superficiales registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 2.349.075,5 litros por segundo constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo con el 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 11.02.

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.

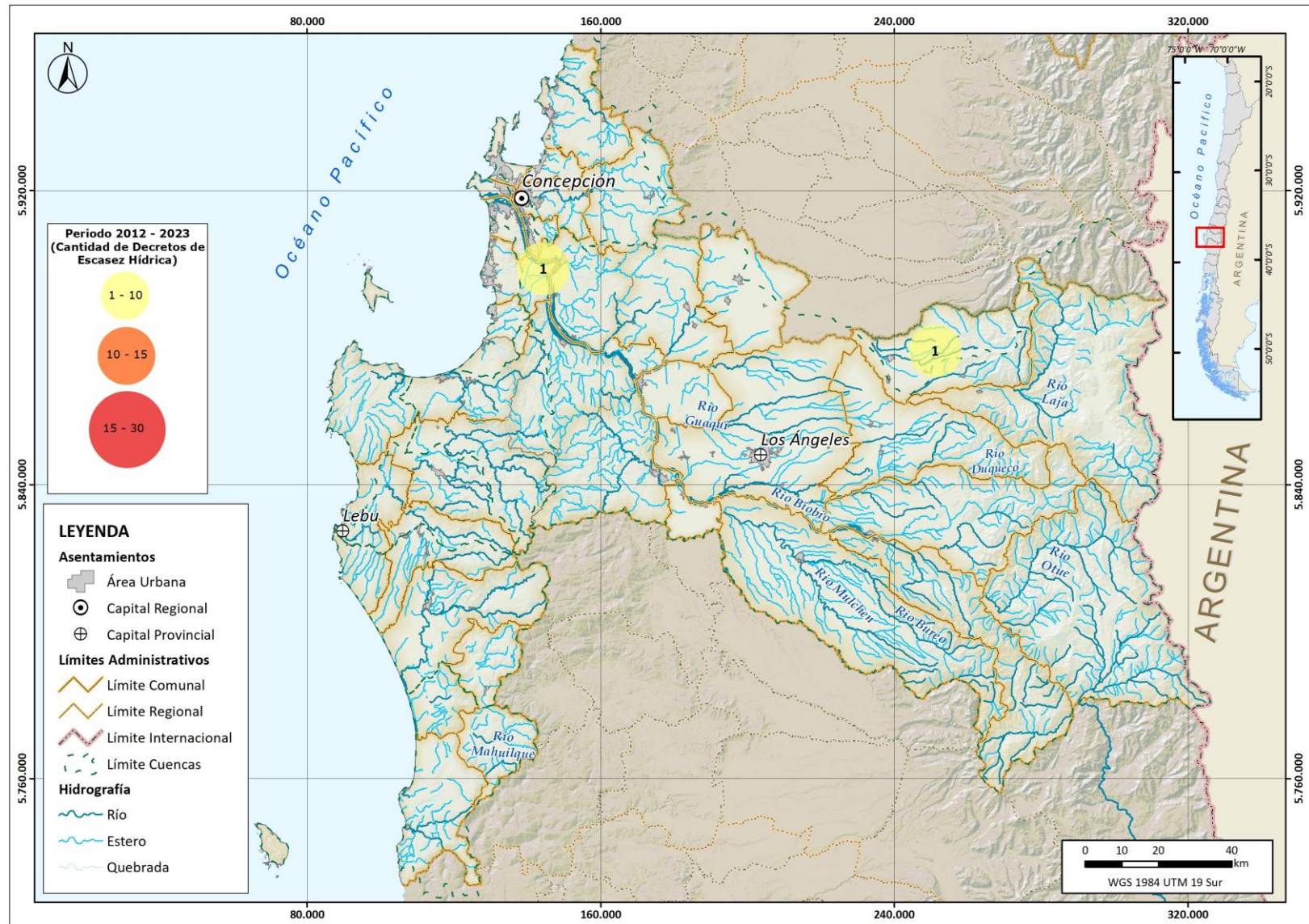
De acuerdo a lo anterior, las restricciones sobre aguas superficiales en la región corresponden a: Declaración de Agotamiento del Río Laja desde sus nacientes y Bocatomas Canal Siberia (Resolución DGA Exenta N°1858 de fecha de 25 de agosto del 1952), Decreto de reserva en Río Queuco (Resolución DGA Exenta N°1789 de fecha de 20 de octubre del 2009) y Decreto de reserva en Río Pingueral (Resolución DGA Exenta N°1193 de fecha de 09 de noviembre de 2016). En la Figura 2.3-3 se presentan las restricciones vigentes para aguas superficiales. Por su parte, no existen decretos de escasez vigentes en la región, en la Figura 2.3-4 se muestran las zonas con decretos de escasez históricos en la región. 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 11.03.



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

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

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



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

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

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 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 cuencas que componen la región se presentan en el Anexo 11.03.01.

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. Asimismo, a partir de la selección del GCM representativo de la región se obtuvieron las curvas de excedencia para el periodo futuro, definido como la ventana 2025-2055.

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 la región

Cód. Cuenca	Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
082	Costeras e Islas entre Rio Itata y Rio Bio-Bio	452.806	395.445
083	Rio Bio-Bio	19.638.221	18.253.969
084	Costeras e Islas entre Ríos Bio-Bio y Carampangue	201.523	177.937
085	Rio Carampangue	1.032.719	906.496
086	Costeras Carampangue-Lebu	280.240	239.942
087	Rio Lebu	595.348	520.471
088	Costeras Lebu-Paicaví	1.259.483	1.124.111
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	1.079.148	971.465

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 de la región presentan una disminución porcentual entre 7,0% y 14,4%.

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)
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Bio-Bio	20,96	0,0
083	Río Bio-Bio	847,49	5,22
084	Costeras e Islas entre Ríos Bío-Bio y Carampangue	11,03	0,0
085	Río Carampangue	38,26	0,0
086	Costeras Carampangue-Lebu	35,39	0,0
087	Río Lebu	22,63	0,0
088	Costeras Lebu-Paicaví	51,30	0,0
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	40,52	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM CCSM4 proyecta una disminución de aproximadamente 3,02 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 analizada con mayor detalle en estudios específicos para cada zona. Dado que esta situación se considera una brecha de información, se propondrá incluir dichos estudios como iniciativas habilitantes para la implementación de servicios de infraestructura.

2.3.1.2 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneos concedidos

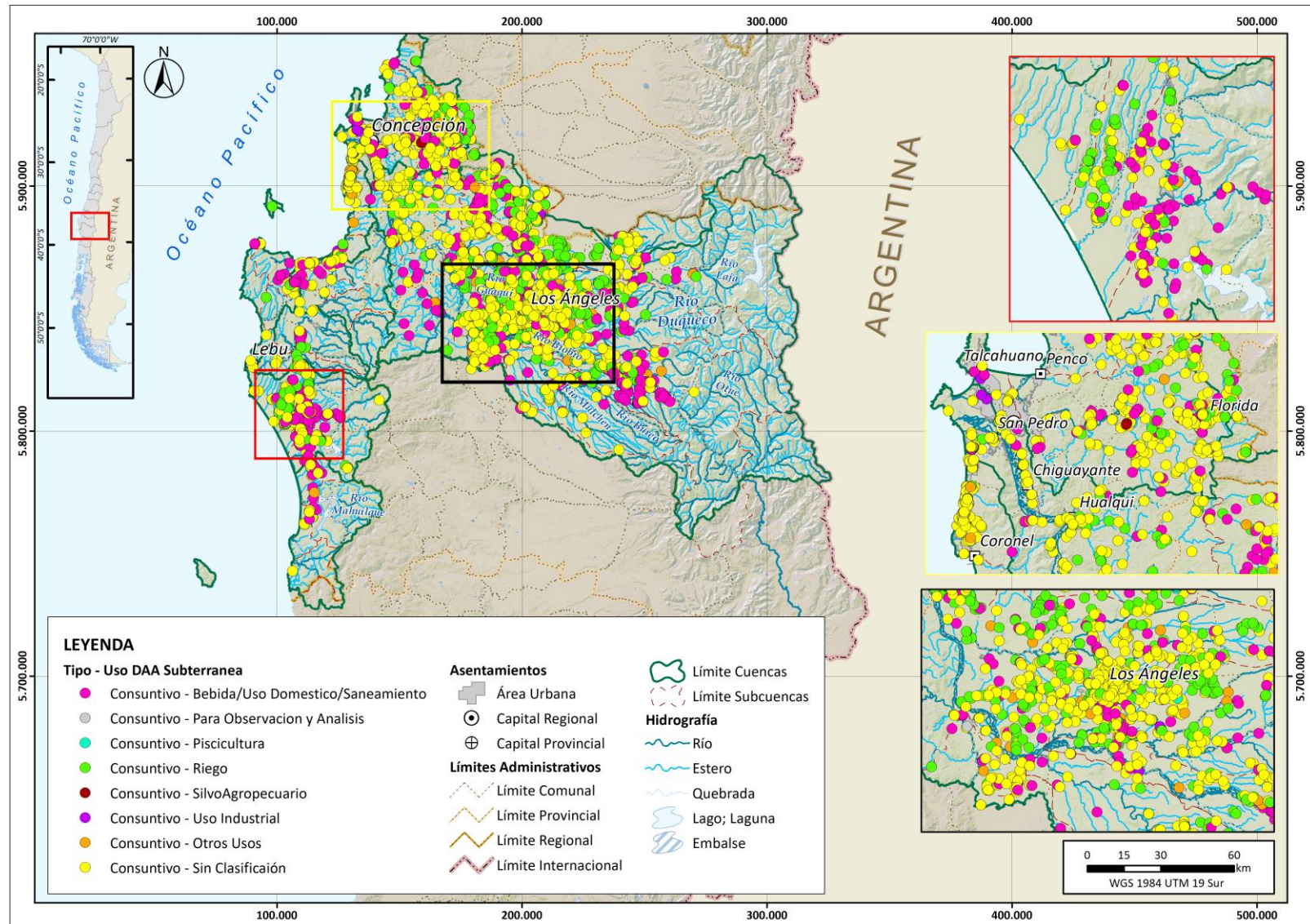
Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_VIII_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la región del Biobío existen 3.029 DAA subterráneas registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 21.827,7 litros por segundo 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 11.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

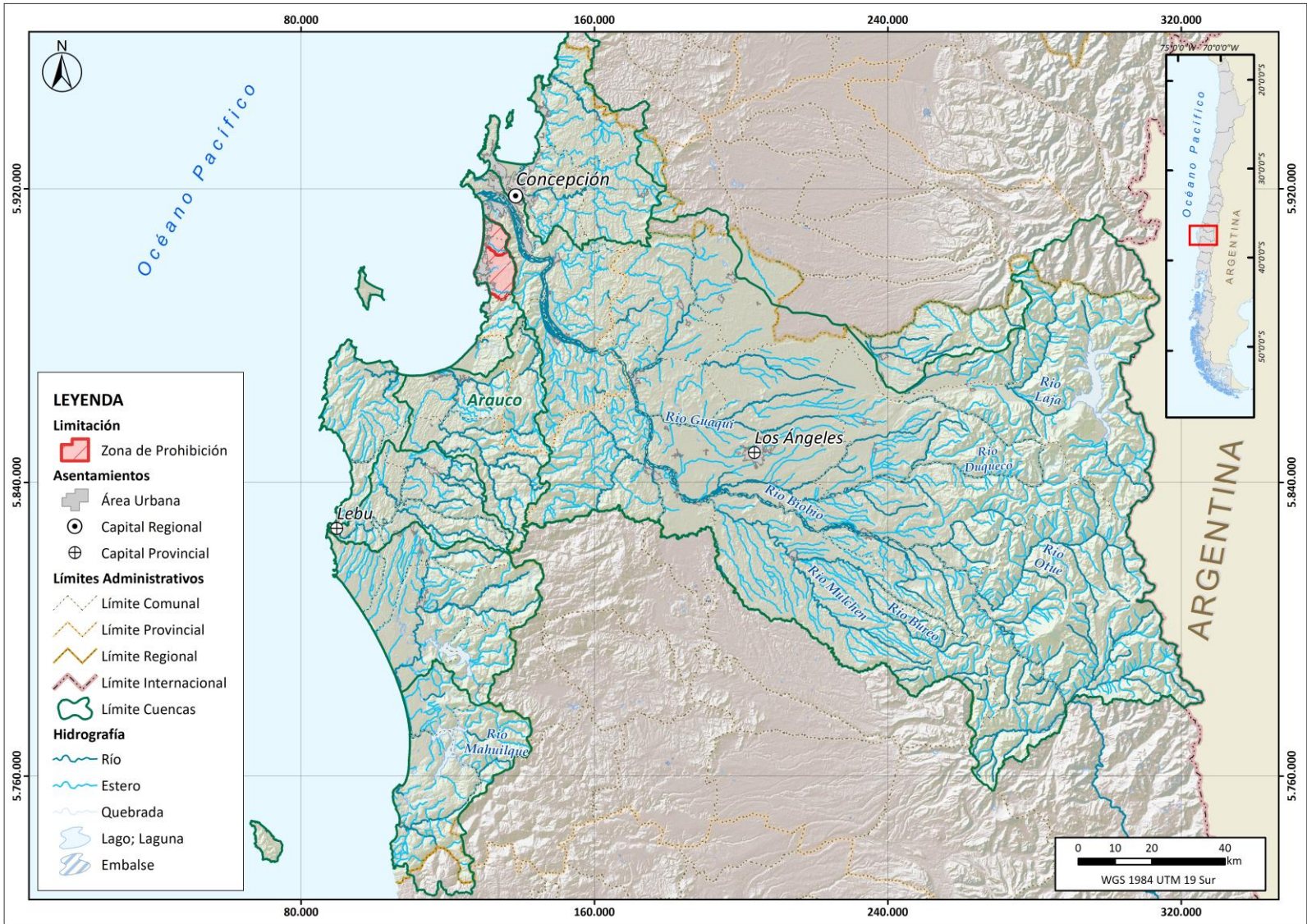
Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua subterráneas, en un periodo de análisis 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 2.3-3 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas, el cual coincide con la información DGA al año 2020. No se visualizan en esta región restricciones de 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 11.03.



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

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



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

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

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. 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 4.2.1.ii.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Recarga (mm ³ /año)	Fuente
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	3,55x10 ¹⁶	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuencas costeras e islas entre el Río Itata y Río Biobío (DGA, 2022)
083	Río Biobío	1,46x10 ¹⁸	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Biobío (DGA, 2021)
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	-	-
085	Río Carampangue	9,24x10 ¹⁶	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuenca del Río Lebu, Río Carampangue y Carampangue - Lebu (DGA, 2022)
086	Costeras Carampangue-Lebu	5,69x10 ¹⁶	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuenca del Río Lebu, Río Carampangue y Carampangue - Lebu (DGA, 2022)
087	Río Lebu	6,73x10 ¹⁶	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuenca del Río Lebu, Río Carampangue y Carampangue - Lebu (DGA, 2022)
088	Costeras Lebu-Paicaví	-	-
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	-	-

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 (CCSM4) 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 4.2.1.ii.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	1.126	-8,8	1.027
083	Río Biobío	46.462	-7,6	42.924
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	-	-8,4	-
085	Río Carampangue	2.930	-8,7	2.675
086	Costeras Carampangue-Lebu	1.807	-9,2	1.641
087	Río Lebu	2.135	-8,9	1.944
088	Costeras Lebu-Paicaví	-	-8,7	-
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	-	-8,4	-

Fuente: Elaboración propia

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 ii. En el Anexo 11.03 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 evento extremos, a partir del uso del GCM representativo (que no necesariamente es el que caracteriza los eventos extremos futuros), 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 31% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, en todas las cuencas se proyecta un pequeño aumento en los años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 11.03.02).

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

Cod Cuenca	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	87.6	114.8	31.1
083	Río Biobío	114.2	131.2	14.8
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	95.3	119.7	25.6
085	Río Carampangue	144.3	159.3	10.4

Cod Cuenca	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
086	Costeras Carampangue-Lebu	90.9	106.7	17.3
087	Río Lebu	109.6	114.4	4.4
088	Costeras Lebu-Paicaví	82.5	84.7	2.8
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región	79.8	79.0	-1.0

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 (2019) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C.

En relación a los eventos extremos históricos, en base a Eridanus (2018) 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.

Cabe destacar que, en el periodo descrito, la región del Ñuble era considerada como una provincia, siendo esta parte de la región del Biobío, por lo que los datos en la Tabla 2.3-6 al ser de carácter regional, no se puede identificar el número total de eventos ocurridos históricamente en la región con las limitaciones actuales.

Tabla 2.3-6 Eventos extremos históricos en la región del Biobío, periodo 1912-2017

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	285	285
Aluvión	2	2

Nota: tabla contiene eventos de la región del Ñuble, considerada en el periodo de análisis como parte de la región del Biobío-

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, se observan ciento noventa y cinco (195) eventos de sistema frontal, y diez (10) remociones en masa. Por otra parte, también se identifican eventos denominados déficit hídrico que afectan a toda la región.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan sesenta y siete (67) inundaciones afectando a todas las cuencas de la región. 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 del Biobío, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
081	Río Itata	X	
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	X	
083	Río Biobío	X	
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	X	
085	Río Carampangue	X	
086	Costeras Carampangue-Lebu	X	
087	Ro Lebu	X	
088	Costeras Lebu-Paicaví	X	
089	Costeras e Islas entre R.Paicaví y Límite Región	X	

Nota: Cuencas afectadas en rojo.

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

2.3.3 Calidad de aguas

Se presenta a continuación la calidad de aguas de la región del Bio Bío en cada cuenca:

- En la cuenca del río Itata (Código BNA: 081), la calidad de las aguas se caracteriza principalmente por parámetros fisicoquímicos. Los valores de pH presentan una alta variabilidad a lo largo de toda la cuenca. En algunos sectores, se observan niveles cercanos al límite de la norma, mientras que en las zonas aguas abajo se registran valores más ácidos de lo permitido por la Norma N°409, especialmente en pozos que abastecen a la ciudad de Quellón, como los de los sistemas APR Puerto Coyaco y Villa Tennessee. En la zona norte, en el límite de la región, se detecta un pH de 8,6, que también excede los límites establecidos por la misma norma.

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), los valores registrados en todo el acuífero son relativamente bajos, con un máximo de 458 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y, en general, permanecen por debajo de 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En relación con los sólidos disueltos totales (TDS), los valores observados son inferiores a 340 mg/L, a excepción del pozo APR Nueva Aldea, que alcanza los 940 mg/L, aunque sigue dentro de los márgenes aceptados por la normativa vigente.

Por otro lado, las temperaturas del agua varían entre 10°C y 27°C, siendo las máximas registradas principalmente en los ríos Ñuble, Diguillín e Itata. Las temperaturas mínimas se concentran en la zona oriental de la Depresión Intermedia, cerca de la ciudad de Coihueco (DGA, 2019).

- La calidad de las aguas en la zona de Costeras e Islas entre el río Itata y el río Biobío (código BNA: 082) fue evaluada mediante una campaña de muestreo para análisis hidroquímico, siguiendo la Norma NCh 409 de Agua Potable. En general, las muestras analizadas cumplen con los valores permitidos tanto en la Norma NCh 409 como en la NCh 1333, con algunas excepciones. Se registró un pH de 6,45 en el sector de Villa Esperanza, lo que se encuentra cercano al límite inferior permitido. Además, se detectaron concentraciones de sodio (Na) al sur de la cuenca, alcanzando 62,4 mg/L, mientras que el hierro (Fe) superó los niveles permitidos por la NCh 409 en 7 de las 10 muestras analizadas. Por último, el manganeso (Mn) también excedió el valor máximo permitido en 3 de las 10 muestras (DGA, 2022).
- Los resultados del estudio de la DGA (2019) revelaron que la composición química del agua subterránea en la cuenca del río Biobío (Código BNA: 083) corresponde predominantemente a aguas bicarbonatadas, con tendencia cálcica y sódica. No obstante, en las zonas costeras, esta composición cambia de forma natural debido al aumento de cloruros, alcalinidad y conductividad, como consecuencia de la influencia del agua de mar que avanza desde el oeste. En cuanto a los parámetros de calidad de agua subterránea, comparados con los valores establecidos por la Norma NCh 409, se observa que la mayoría se encuentra dentro de los límites normativos, excepto algunos pozos donde se detectaron excedencias en el pH, arsénico (As), hierro (Fe) y manganeso (Mn). Además, cerca del 30% de los pozos presentan niveles elevados de potasio (K), lo que podría estar relacionado con un origen antrópico vinculado al exceso de nutrientes. Este fenómeno también ha sido observado en aguas superficiales en ciertas áreas de la cuenca.

La Calidad de agua superficial ha sido caracterizada según los límites establecidos por la Norma secundaria de Calidad del Río Bio bío (NSCA Biobío) (DS N°9, Ministerio del Medio Ambiente, 27 noviembre del 2015). En este contexto, las zonas altas de la cuenca se clasifican como de “Buena Calidad”, mientras que en la zona media (Nacimiento - Laja) hasta zona la desembocadura se registran concentraciones elevadas de los parámetros como Nitritos, DQO, OD, ph, metales pasados, microcontaminantes orgánicos tales como fenoles, pentaclorofenol, lindano, aldrín, DDT y derivados. Este incremento es particularmente notable durante el verano, debido a la menor dilución provocada por la reducción de caudales del río. La calidad del agua superficial ha sido caracterizada según los límites establecidos por la Norma Secundaria de Calidad del Río Biobío (NSCA Biobío)

(DS N°9, Ministerio del Medio Ambiente, 27 de noviembre de 2015). En este contexto, las zonas altas de la cuenca son clasificadas como de "Buena Calidad", mientras que en la zona media (desde Nacimiento hasta Laja) y hasta la desembocadura, se registran concentraciones elevadas de diversos parámetros, como nitritos, DQO, OD, pH, metales pesados y microcontaminantes orgánicos (fenoles, pentaclorofenol, lindano, aldrín, DDT y sus derivados). Este incremento es particularmente notable durante el verano, cuando la menor dilución, provocada por la reducción del caudal del río, intensifica la concentración de estos contaminantes.

Cabe destacar que este aumento de concentraciones se atribuye principalmente a las actividades industriales, agrícolas y forestales que se desarrollan a lo largo de la cuenca, desde Santa Bárbara hasta la desembocadura en Concepción. Asimismo, se observa a lo largo de toda la cuenca la presencia de nitrógeno y fósforo en niveles que exceden los límites establecidos por el DS N°9, lo que sugiere un aporte significativo de nutrientes provenientes de diversas fuentes antropogénicas. (DGA, 2021).

- En las cuencas del río Carampangue (Código 085) y las costeras Carampangue-Lebu (Código 086), la caracterización de las aguas subterráneas se realizó en tres puntos de muestreo. Los resultados muestran que las aguas en estas zonas son mayormente cloruradas y/o sulfatadas sódicas, mientras que hacia el este predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas. Además, se detectó la presencia de detergentes en toda la cuenca, lo cual se atribuye a la acumulación de residuos en humedales, sistemas de alcantarillado y fosas sépticas, lo que ha generado una disminución en la calidad de las aguas subterráneas (DGA, 2022).
- En la cuenca del río Lebu (Código 087), la caracterización de las aguas subterráneas se realizó a partir de una campaña de muestreo con tres puntos. Los resultados indican que, en general, las aguas son neutras y de tipo cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Sin embargo, en los puntos ubicados en el centro de la cuenca, el tipo de agua cambia a sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica. En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), los valores son de medios a bajos, y la temperatura se mantiene relativamente constante. Los elementos minoritarios, como el hierro (Fe), se encuentran en concentraciones normales.

Respecto a los parámetros de calidad del agua superficial medidos in situ (conductividad eléctrica, pH, temperatura y oxígeno disuelto), ninguno supera los límites establecidos por la normativa de calidad de agua. Sin embargo, en tres ocasiones, el oxígeno disuelto (OD) estuvo por encima del límite permitido. En cuanto a otros elementos como aluminio, sulfatos, nitratos y fosfatos, ninguno excede los valores normativos establecidos (DGA, 2022).

- En las cuencas Costeras Lebu-Paicaví (Código BNA: 088) y Costeras e Islas entre el río Paicaví y el Límite de la Región (Código BNA: 089), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua. Esta ausencia de datos subraya una importante brecha de información en la caracterización de la calidad hídrica en estas áreas, lo que dificulta una evaluación precisa y detallada de su estado actual y plantea la necesidad de futuras investigaciones para llenar este vacío.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

3.1 INFRAESTRUCTURA HÍDRICA 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 realizará la identificación de infraestructura existente al año 2023 de acuerdo a los catastros y base de datos públicos existentes; luego se analizará 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

En la región de Biobío se han identificado doscientas cincuenta y cinco (255) obras de acumulación. Según el boletín "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" (DGA, 2024), los principales embalses en la región son el embalse Lago Laja, con una capacidad de almacenamiento de 5.582 hm³, el embalse Ralco, con una capacidad de 1.174 hm³ y el embalse Pangue, con capacidad de 83 hm³, los tres ubicados en la cuenca del río Biobío. Según el mismo boletín, el volumen de almacenamiento histórico promedio mensual es de 1.447 hm³ para el embalse Lago Laja

(26% de su capacidad), 490 hm³ para el embalse Ralco (42% de su capacidad) y 71 hm³ para el embalse Pangue (86% de su capacidad).

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

En la región del Biobío se encuentran veintiocho (28) centrales hidroeléctricas, con una capacidad total instalada de generación de energía de 2.016,7 MW. Entre las principales centrales destacan Ralco con 690,1 MW, Pangue con 467 MW y El Toro con 452,6 MW de capacidad de generación eléctrica. Las centrales hidroeléctricas presentes en la región, según registros propios, abarcan una amplia gama de capacidades y se distribuyen en diversas comunas, incluyendo Antuco, Santa Bárbara, Alto Biobío, Negrete, Quilleco, Los Ángeles, y Mulchén, entre otras. Es importante destacar la diversidad en la capacidad y propietarios de estas centrales, lo que refleja la importancia de la energía hidroeléctrica en la región del Biobío.

3.1.1.3 Infraestructura de distribución y sistemas de riego

A partir de la información disponible por CNR (2020), se tiene registro de mil sesenta y siete (1.067) bocatomas dentro de la región del Biobío. La base de datos no cuenta con la información detallada sobre el uso de cada una de ella por ello se destaca solamente el total.

Por otro lado, en el PEGH en la cuenca del Biobío (2021), se presenta información de bocatomas a partir de un catastro realizado por CONIC-BF (DGA) en el año 2000, en donde se visualizan 646 bocatomas en la cuenca, lo que contrasta de lo presentado por MINAGRI (2013) quienes definieron 1.426 bocatomas dentro de la cuenca del Biobío. A partir de este último catastro mencionado, se desprende que el 3% de bocatomas presentan elevación mecánica, y un 97% corresponde a tipo gravitacional. También se hace referencia a bocatomas de tipo eventual o permanente, donde el 90% corresponde a bocatoma de tipo eventual, y solo el 10 % corresponden a bocatomas de tipo permanente (DGA, 2021).

Respecto a la red de canales, en la región de Biobío se identifican aproximadamente 3.260 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Biobío, donde se concentra aproximadamente el 92% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula.

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

i. Zonas urbanas

En la región del Biobío se identifican dos (2) concesiones de agua potable, operadas por Aguas San Pedro y ESSBIO, abarcando un total de 55 comunas y áreas correspondientes

a 1.057,28 km² y 718,17 km², respectivamente SiSS, (2023). Respecto al tratamiento de aguas servidas, se registran un total de 81 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) en la región. De estas, 31 utilizan el método de lodos activados, 28 cuentan con emisarios submarinos, 12 operan con lagunas aireadas, y 10 con sistemas de tratamiento semiconcentrado (SiSS, 2019).

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 (%)	Producción 2055(m3/año)
081	Río Itata	2	1.316.083	2,4%	1.348.985
082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	8*	63.105.432	9,1%	69.401.910
083	Río Biobío	18*	67.864.477	4,6%	71.138.164
084	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	4	18.409.760	19,8%	22.941.306
085	Río Carampangue	3	2.384.656	4,1%	2.486.069
086	Costeras Carampangue - Lebu	1*	630.095	-10,4%	570.656
087	Río Lebu	3*	6.221.906	-0,6%	6.186.765

*Los Territorios operacionales se encuentran en más de una cuenca.

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 del Biobío

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
ESSBIO	Concepción	Concepción
	San Pedro de la Paz	San Pedro de la Paz
	Lota	Lota
	Laja	Laja
	Carampangue	Carampangue
	Ramadillas	Ramadillas
	Penco – Lirquén	Penco – Lirquén
	Lebu	Lebu
	Curanilahue	Curanilahue
	Cabrero	Cabrero
	Contulmo	Contulmo

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
	Cañete	Cañete
	Arauco	Arauco
	Negrete	Negrete
	Los Álamos	Los Álamos
	Chiguayante	Chiguayante
	Coronel	Coronel
	Yumbel	Yumbel
	Quilaco	Quilaco
	Rafael	Rafael
	Los Ángeles	Los Ángeles
	Florida	Florida
	Monte Águila	Monte Águila
	Quilleco	Quilleco
	Santa Bárbara	Santa Bárbara
	San Rosendo	San Rosendo
	Nacimiento	Nacimiento
	Santa Juana	Santa Juana
	Hualqui	Hualqui
	Dichato	Dichato
	Huepil	Huepil
	Tucapel	Tucapel
	Mulchén	Mulchén
	Tomé	Tomé
	Lomas Coloradas	Lomas Coloradas
	Punta de Parra	Punta de Parra
Aguas San Pedro	Concesión Parque Industrial Coronel - Camino San Pedro – Coronel	Coronel – San Pedro de la Paz

Fuente: Elaboración propia en base a ESSBIO (2023) y Aguas San Pedro (2023).

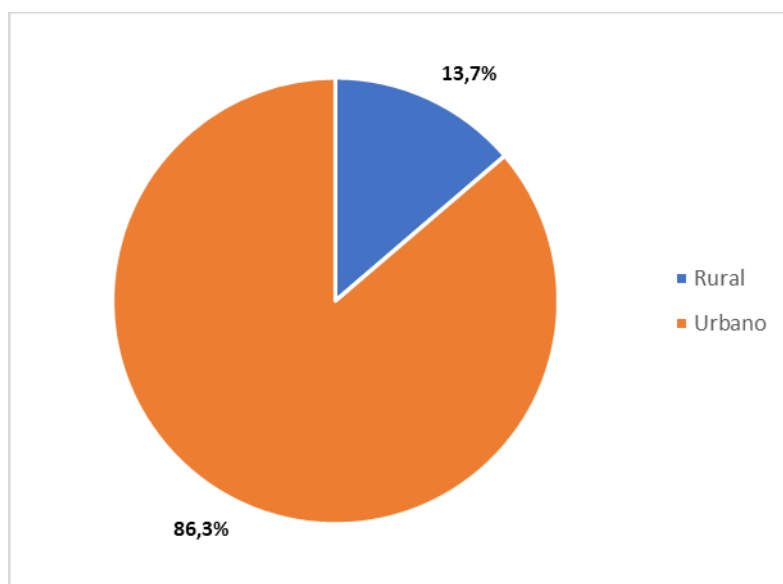
De acuerdo a lo señalado en el Informe de Gestión de Servicios Sanitarios 2022 (SISS, 2023) uno de los objetivos principales en la gestión de sus concesiones es mantener “un abanico de alternativas para hacer frente a posibles agravamientos de las condiciones, producto del cambio climático”, asegurando 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 del Biobío, en las áreas concesionadas, alcanza un 91,5%.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 13,7% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región del Biobío, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 78.782 viviendas y 177.790 habitantes aproximadamente (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017)

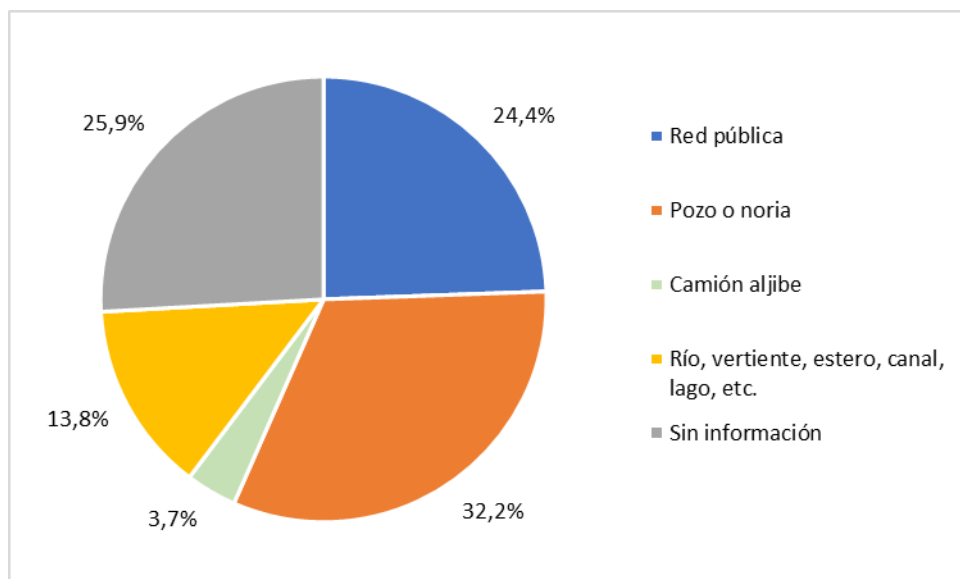
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región del Biobío 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 25,9% 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 del Biobío.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 74,1% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 24,4% (19.007) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁴ (ver Figura 3.1-2).

⁴ 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.



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

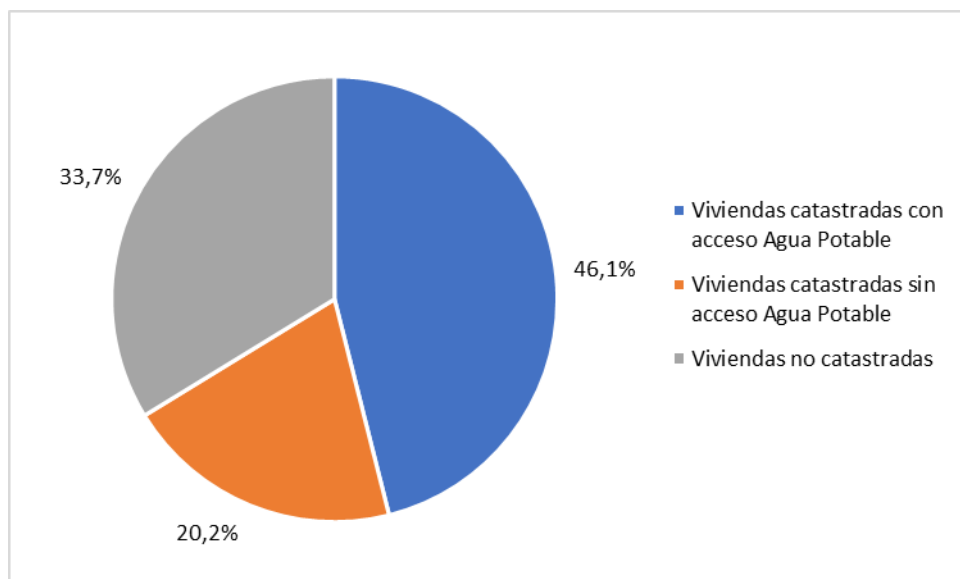
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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) en 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 (SICVIR, 2020), considera veinticinco (25) de las treintatré (33) comunas de la región, las cuales concentran el 66,3% (52.195 viviendas) del total de viviendas rurales de la región.

Bajo los datos otorgados por este indicador, un 46,1% (36.288) de las viviendas rurales de la región presenta conexión a la red de agua potable, mientras que un 20,2% (15.907 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 66,3% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 20,2% 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 33,7% del total de viviendas rurales de la región del Biobío.



Fuente: Elaboración propia en base a SICVIR (2021).

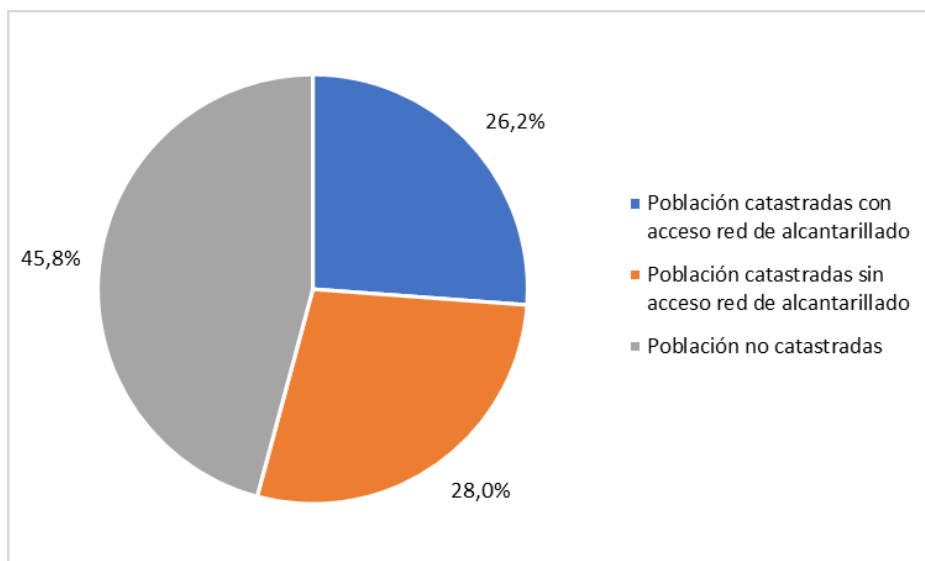
Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región del Biobío

Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con ciento ochenta y un (181) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región del Biobío, los cuales abastecen a veintiocho (28) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional (177.790 habitantes), existe un número estimado de 130.491 beneficiarios (73,4%) dejando una brecha de información del 26,6% del abastecimiento de agua del total de población rural.

Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS, 2022) igualmente presenta un listado de SSR para la región, con un total de cincuenta (50) sistemas distribuidos en veinte (20) comunas. Estos sistemas de agua potable rural abastecen aproximadamente a 87.416 beneficiarios (49,2%) dejando una brecha de información respecto al suministro de agua de alrededor del 50,8% de la población total rural regional.

b) Saneamiento

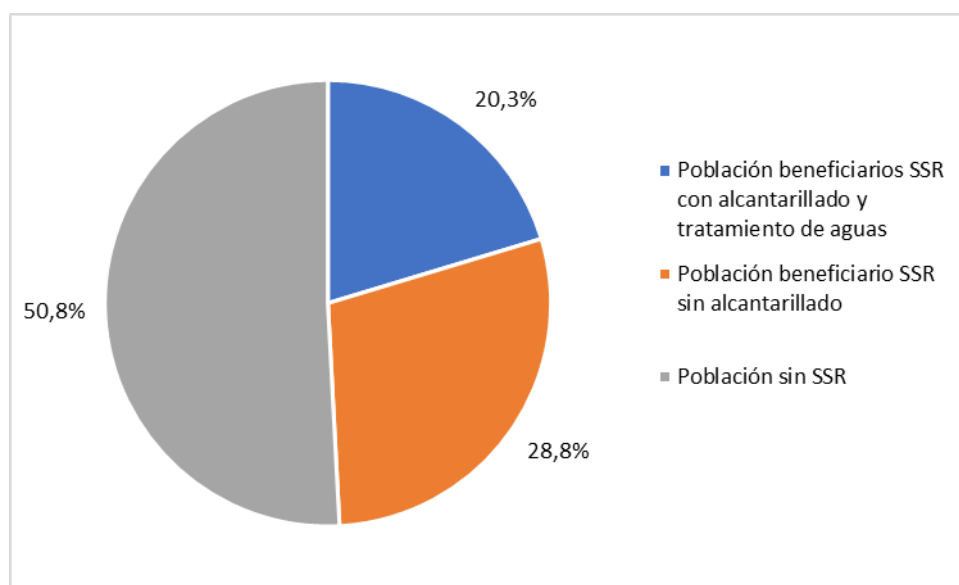
De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (SICVIR, 2020) el cual considera veintiún (21) de las treintaitrés (33) comunas de la región, concentrando el 54,2% del total de la población rural de la región, se observa que el 26,2% de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado, mientras que un 20% no presenta acceso a la red de alcantarillado. Por último, se observa una brecha de información del 45,8% del total de la población rural (ver Figura 3.1-4).



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

Figura 3.1-4 Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región del Biobío según el indicador BS13

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la (SISS, 2023) se menciona que del total de beneficiarios SSR, un 20,3% (36.164 beneficiarios), presenta servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas y un 28,8% (51.252 beneficiarios) no presentan alcantarillado. (ver Figura 3.1-5).



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

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 11.02.

3.1.1.5 Pozos

Se identificaron un total de 2.048 pozos de extracción en la región del Biobío, de los cuales el 18,21% se destinan a bebida, uso doméstico y saneamiento, mientras que el 57,96% no presenta una clasificación definida. Además, se registraron 406 pozos para riego, representando el 19,82% del total, y 21 pozos para uso industrial, entre otros usos. Mayor información se presenta en el Anexo 11.01 (DGA, 2023).

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

En la región del Biobío, el único acuífero que presentaría las características necesarias para caracterizarlo como nueva fuente de agua, es el acuífero de Talcahuano, ubicado entre las cuencas Río Biobío y Costeras e Islas entre R. Itata y R. Biobío, ya que según estudios realizados por la DGA consiste en un acuífero detrítico de comportamiento libre, relacionado con los ríos Andalién y Biobío, que no presentaría afección por bombeos (DGA, 2022). Por otra parte, el MOP (2021), en la Mesa de Infraestructura Verde Regional de Biobío, proyecta tres proyectos de exploración y prospección de acuíferos profundos destinados a la explotación sustentable de agua subterránea en las cuencas Río Biobío, Río Carampangue, Río Itata, Costeras e Islas entre R-. Itata y R. Biobío, Costeras e Islas entre R. Biobío y R. Carampangue, Costeras Carampangue-Lebu, Río Lebu, Costeras e Islas entre R. Paicaví y Límite Región, y Costeras Lebu-Paicaví (Diario Concepción, 2022).

ii. Recarga artificial de acuíferos

La región no cuenta con infraestructura de recarga artificial de acuíferos. Sin embargo, existe un estudio de evaluación de recarga de acuíferos que determinó las zonas favorables para la realización de proyectos de recarga artificial en la cuenca Río Biobío (Muñoz, 2021).

iii. Desalinización

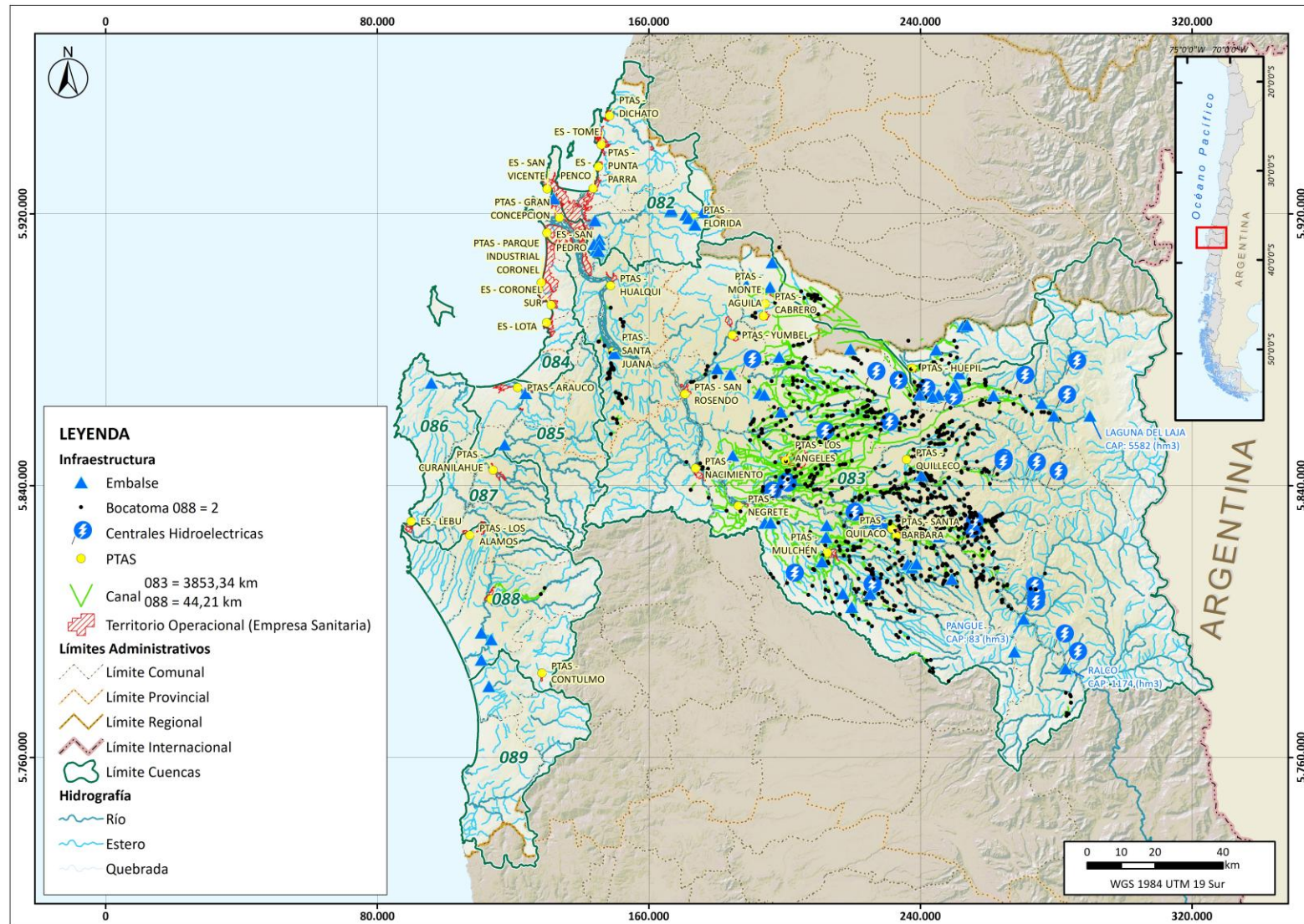
De acuerdo a la información proporcionada por ACADES (2023), la región cuenta con una planta desalinizadora perteneciente a la Central Térmica Santa María de Colbún, ubicada en la cuenca Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue, la cual es de uso industrial y cuenta , con una capacidad de 33 L/s. Por otra parte, existe el proyecto piloto Planta Desaladora Comunitaria en la Caleta Chome, ubicada en la cuenca Río Biobío, la cual se encuentra operativa y su uso es destinado a agua potable de las comunas aledañas con una capacidad de 0,27 L/s (Municipalidad de Hualpén, 2022). A su vez, la Caleta Punta Lavapié, ubicada en la cuenca Costeras Carampangue – Lebu, cuenta con una planta gestionada por la Universidad de Concepción para la provisión de agua potable en la comuna de Arauco (OTLUDEC, 2019)

iv. Cosecha de aguas lluvia

La Universidad de Biobío a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de Biobío se encuentra desarrollando un proyecto de cosecha de aguas lluvias y niebla que tiene como objetivo proveer de agua potable a las comunas de Santa Bárbara, Cañete y Hualqui, ubicadas en las cuencas Río Biobío y Costeras Lebu-Paicaví (Universidad del Biobío, 2023). Por otra parte, en el año 2017, se llevó a cabo un Proyecto FIA que consistió en un plan de reconstrucción productiva y restauración ecológica a través de la implementación de sistemas colectores de aguas lluvia en predios de residentes de la comuna de Florida, ubicada en la cuenca Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (FIA, 2017). A su vez, en la comuna de Antuco en la cuenca Río Biobío, INDAP implementó un sistema de recolección de agua lluvias de 6 unidades para uso en la pequeña agricultura (INDAP, 2014).

v. Uso de aguas servidas tratadas

En la región del Biobío, no existe la capacidad de reutilizar aguas previamente utilizadas por sistemas industriales o domiciliarios (DGA, 2022).



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 del Biobío

3.1.1.7 Infraestructura de defensa fluvial y aluvional

Dentro de la región del Biobío 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.

A partir de lo anterior, se consideran los planes maestros de aguas lluvias con estado tramitado para la región presentados en la Tabla 3.1-3

Tabla 3.1-3 Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región del Biobío

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Concepción	Concepción	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (82) y Río Biobío (83)	D.S. N°1907 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Talcahuano – San Pedro de la Paz - Chiguayante	Talcahuano, Hualpén, San Pedro y Chiguayante	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (82) y Río Biobío (83)	D.S. N°1942 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Los Ángeles	Los Ángeles	Río Biobío (83)	D.S. N°398 del 19-08-2014
Plan Maestro de Aguas Lluvias Lota - Coronel	Lota y Coronel	Río Biobío (83), Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue (84) y Río Carampangue (85)	D.S. N°399 del 04-09-2014
Plan Maestro de Aguas Lluvias Penco - Tomé	Penco, Tomé con la localidad de Dichato	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (82)	D.S. N°60 del 24-04-2020

Fuente: Elaboración en base a CIDOH y recopilación de antecedentes.

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 del Biobío

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Av San Andres, Calle Alonso Garcia de Ramon, Canal Tierras Coloradas, Calle Benjamin Subercaseaux, Calle Canto Del Valle, Call, Magallanes, Av Abdon Cifuentes, Psj Benjamin Subercaseaux, Psj Navarra, Av Jorge Alessandri, Psj Francisco Lasso De La Vega, Calle Padre Alonso De Ovalle, Calle 1, Calle 2, Calle Portada De La Tarde, Calle Descanso Del Sol, Calle Nicolas, Calle 105, Psj 10, Condominio 1940, Condominio 1842, Calle 101, Río Andalen, Psj Dos, Psj Coñuepen, Calle Madrigal, Calle Granada, Psj Aragon, Calle Las Acacias, Calle	Existente	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Bio-Bio

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Misionero Martin De Salvia, Av Campos Deportivos, Avenida Andalien, Calle Uno, Pasaje Avellano, Psj Coiron, Calle Pedro Mayoral, Av Central, Calle 3, Calle Hernando Santillana, Calle Pedro Marino, Calla Abdon Cifuentes, Calle Boldos, Calle Anibal Pinto, Av Laguna Redonda, Calle El Lingue, Calle Diego De Almagro, Canal, Calle Almirante Rivas, Calle El Golf, Psj 14, Calle El Roble, Calle Cataluña, Av Veintiuno De Mayo, Calle Mencia De Los Nidos, Vega Monumental, Calle Arturo Fernandez Vial, Calle Caupolicán, Calle General Cruz, Calle Janequeo, Av Vicuña Mackenna, Calle Ongolmo, Calle Manuel Bulnes, Calle Jose Joaquin Prieto, Autopista General Bonilla, Calle Alvaro Bazan, Calle Lientur, Call, Eduardo Barrios, Psj Uno, Psj Francisco De Orellana, Calle Alnavillo, Psj Benito Perez Galdoz, Calle Gregorio Mendel, Calle Luis Durand, Calle Hernan De Solar, Calle Juan De Dios Rivera, Psj 21, Calle Doctor Miguel Campos, Calle Victor Sola, Manzano, Psj Carlos Silva Vildosola, Psj Cuarta Longitudinal, Calle Fernando Santivan, Psj Manuel Rojas, Calle Jose De Garro, Calle Abdon Cifuentes, Av Via Interlagunas, Canal Palomares, Las Ulloas, Calle 21 De Mayo, Av España, Calle Los Andes, Psj Los Alamos, Av Ignacio Collao, Av General Novoa, Estero Nongen, Calle Sofanor Parra, Calle Lago Villarrica, Calle Los Lirios, Calle Los Abedules, Psj 2, Av General Bonilla, Calle Arturos Perez Canto, Psj 6, Psj Huascar, Psj 7, Psj Ocho, Calle Caleuche, Ps, Capellan Praderras, Calle Nueva Uno, Calle Tegualda, Calle Lago Lanalhue, Callejon Puchacay, Psj Belisario Zañartu, Av Ignacio Callao, Calle H Gonzalez, Psj Membrillar, Calle Irarrazaval, Av J.M. Garcia, Calle Maipu, Psj Tres, Calle Los Acacios, Calle Las Heras, Av Irarrazaval, Calle Diego De Oro, Calle Las Torres, Calle Manuel Gutierrez, Calle Carelmavida, Canal El Manzano N°1, Canal El Manzano N°2, Calle Balmaceda, Calle Nueva 2, Psj C, Psj F, Calle Lincoln, Calle Misionero Nicolas Mascardi, Calle Padre Juan De Vascones, Psj Carelmavida, Psj Cayumanqui, Psj Veinte, Calle Misionero Antonio De La Laguna, Psj Los Lingues,		

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Psj Los Laureles, Psj 31, Estero Puchacay, Psj 3, Calle 4, Calle 6, Av Jorge Glacaman, Psj Los Nogales, Calle Monguen, Calle Julio Dieste, Calle Los Alamos, Calle Los Mimbres, Calle La Obra, Psj Rio Calle Calle, Calle Rio Loa, Calle Rio Palena, Ps, Rio Damas, Calle Rio Itata, Calle Rio Elqui, Psj Rio Yelcho, Psj Yervas Buenas, Psj Monseñor Mardones, Calle Rafael De La Sota, Psj 18, Calle 5, Calle Independencia, Calle Providencia, Camino Anonguen, Calle Costanera, Psj Los Tilos, Psj Jose Maria Castro, Psj 42, Canal Villa Huascar, Cantera Giacaman, Decantador y Psj K		
Miraflores, Vega Monumental, Calle 1, Calle Tres, Doctor Santa Cruz, Calle Temistocles Rojas, Calle Manuel Bulne, Calle Jose Joaquin Prieto, Calle Salas, Av Arturo Prat, Calle General Cruz, Av Los Carrera, Calle Las Heras, Calle Lincoyan, Calle Serrano, Calle Angol, Calle Caupolican, Calle Freire, Calle Tucapel, Calle Lautaro, Calle Ongolmo, Calle Castellon, Av Paicavi, Calle Anibal Pinto, Calle Colo Colo, Calle Orompello, Av Bernardo O Higgins, Calle Maipu, Canal Pocitas, Calle San Martin, Calle Galvarino, Calle Nonguen, Calle Floretti, Calle Irrazaval, Calle Lientur, Calle Roosevelt, Calle Ainavillo, Acceso A Pedro De Valdivia, Calle Blanco, Calle Sanders, Av Inglesa, Psj Bianchi, Calle Sargento Aldea, Calle Victor Lamas, Calle Rancagua, Av Pedro De Valdivia, Av Alemania, Calle Sanhueza, Peatonal Arrau Mendez, Calle Cochrane Calle Francisco Bilbao, Calle Francisco Bilbao, Calle Francisco Bilbao, Av Chacabuco, Calle Desiderio Sanhueza, Calle E Rengo, Veteranos Del 79, Calle Ongolmo, Calle Michimalongo, Calle Victoria, Calle Los Sauces, Calle Las Vegas, Calle Janequeo, Calle Edmundo Larenas y Calle Alto Cura		Rio Bio-Bio
Av Jorge Alessandri, Calle Ramon Carrasco, Canal Tierras Coloradas, Calle Canto Del Valle, Calle 1, Camino A Penco, Avenida Andalien, Calle Los Naranjos, Calle Madrigal, Calle Tucapel, Av Paicavi, Calle Ongolmo, Calle Anibal Pinto, Calle Jorge Washington, Calle Ejercito, Calle Arturo Fernandez Vial, Calle Doctor Santa Cruz, Psj Uno, Calle Marina De Chile, Miraflores, Cuarto Centenario, Calle Jose	Proyectado	Costeras e Islas entre Rio Itata y Rio Bio-Bio

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Joaquin Prieto, Av Vicuña Mackenna, Calle Carriel Sur, Calle Ainavillo, Calle 2, Calle Alnavillo, Calle Manuel Gutierrez, Calle 7, Psj Cuarta Longitudinal, Calle Alvaro Bazan, Psj Francisco De Orellana, Calle Marta Brunet, Calle Mariano Latorre, Calle Eduardo Barrios, Psj Manuel Rojas, Calle Luis Durand, Calle Fernando Santivan, Psj 14, Calle Cataluña, Av Via Interlagunas, Humedales Tucapel Bajo, Tucapel, Laguna Redonda, Canal Palomares, Av Ignacio Collao, Psj Ocho, Av General Novoa, Callejon Puchacay, Calle Los Acacios, Calle Irrarrazaval, Calle Santa Clara, Calle Camilo Henríquez, Sector Camino a Penco, Av Principal, Calle Bellavista, Av Andalien, Las Ulloas, Andalien Sur, Calle Diego De Oro, Estero Puchacay, Calle Misionero Nicolas Mascardi, Calle Uno, Calle Central, Camino Anonguen, Calle Rio Itata, Calle Lago Villarrica, Calle Caleuche, Cantera Giacaman, Calle Rengo, Calle Janequeo, Calle Alonso García De Ramon y Calle Descanso Del Sol		
Av Veintiuno de Mayo, Empalme a Juan Pablo Segundo, Miraflores, Calle Rodolfo Briceño, Doctor Santa Cruz, Rodolfo Briceño, Cuarto Centenario, Calle José Joaquín Prieto, Calle Guillermo Matta, Calle General Cruz, Calle Vicente Pérez Rosales, Av Costanera, Calle Temistocles Rojas, Av Bernardo OHiggins, Av Via Interlagunas, Av Los Carrera, Calle Irrarrazaval, Calle Camilo Henriquez, Calle Roosevelt, Av Alemania, Av Pedro De Valdivia, Av Inglesa, Calle Alonso De Arcilla, Calle Las Canchas, Acceso A Pedro De Valdivia, Calle Malaquias Concha, Calle Mahuzier, Calle Francisco Bilbao, Calle Maipu, Calle Baldomero Sanchez, Calle Lastarria, Av Padre Hurtado, Estacion F.F.C.C, Av Los Carreras, Av Chacabuco, Call E Rengo, Calle Victor Lamas, Calle Augusto D Halmar, Calle Cochrane, Veteranos Del 79, Av Arturo Prat, Calle Desiderio Sanhueza, Calle Aníbal Pinto, Calle Edmundo Larenas, Calle Yervas Buenas, Calle Esfuerzo, Calle Chorillos, Calle Blanco, Calle Angol y Calle Ejercito		Rio Bio-Bio

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

No hay obras de control aluvional en la región.

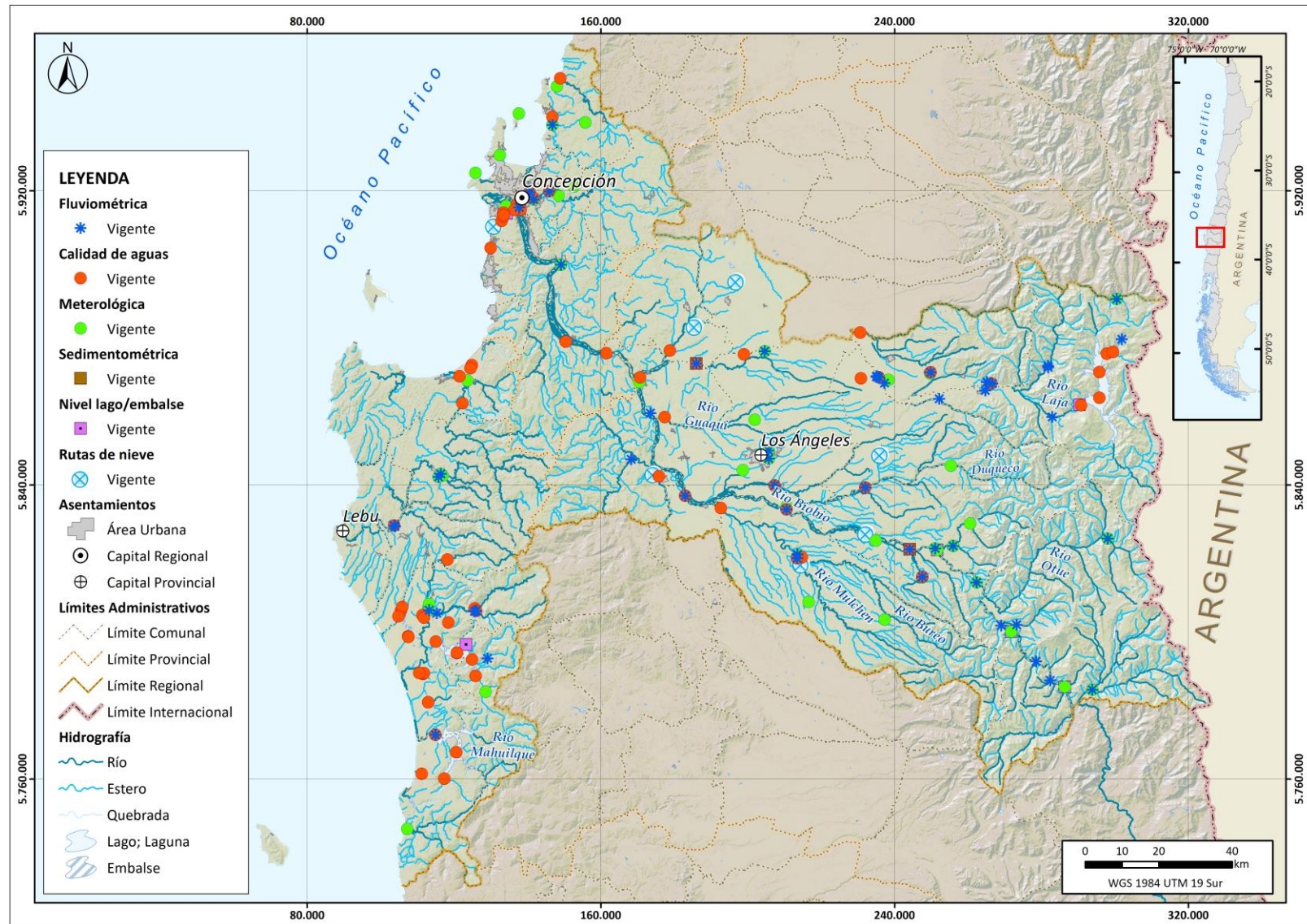
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región de Biobío se encuentran 199 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 11.01 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. La infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas Río Biobío y Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío.

Tabla 3.1-5 Estaciones de monitoreo de la región Biobío

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	70	0
Fluviométrica	55	0
Meteorológica	49	0
Nivel de pozo	8	0
Sedimentométrica	3	0
Nivel de lagos y embalses	6	0
Glaciológica	0	0
Rutas de nieve	8	0
Total	199	0

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



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

Figura 3.1-7 Red hidrométrica de la región de Biobío

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 del Biobío entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 11.04.

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	18
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	7
	Defensa fluvial y aluvional	4
	Desalinización	0
	Infraestructura de riego	6
	Infraestructura de distribución de agua	4
	Obras de acumulación de agua	1
	Reúso de aguas residuales	3
	Redes de aguas lluvias	12
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	1
	Drenaje de aguas	1
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	2
	Conservación de riberas	2
	Total	61
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	7
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	0
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	4
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	0
	Conservación y restauración de riberas y cauces	4
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	4
	Estudios obras de acumulación de agua	1

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	1
	Conservación obras de riego	0
	Estudio sistemas de riego	2
	Estudios contaminación de aguas	2
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	1
	Estudio obras de distribución de aguas	3
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	11
	Estudio de reúso de aguas	1
	Diagnóstico de OUA y DAA	1
	Estudios para abastecimiento de agua potable	3
	Total	45
Medidas de gestión	Creación de capital humano	12
	Análisis situación legal DAA	4
	Fortalecimiento y formalización de OUA	6
	Reservas de agua	1
	Manejo de quebradas	1
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	1
	Manejo de normas ambientales e hídricas	3
	Planes y políticas	10
	Total	38
Total, general		144

Fuente: Elaboración propia.

A partir del total de 144 iniciativas presentadas en la Tabla 3.1-6, se identificaron aquellas que contaban con al menos una de las siguientes características básicas: identificación del problema, monto asociado, responsable de la iniciativa y fecha de ejecución. El total se presenta 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	50	30	33	39
Infraestructura hídrica no estructural	24	18	17	28
Medidas de gestión	21	12	15	18

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	Perfil
	Redes de aguas lluvias	3	Perfil
	Defensa fluvial y aluvional	3	Perfil
	Conservación de riberas	1	Diseño
Medida de gestión	Planes y políticas	1	Perfil

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
ESSBIO S.A.	2022	Concepción	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, nueva PEAS, renovación de red de AS y reposición equipos PEAS
		San Pedro de la Paz	Aumento de capacidad PTAP, reposición e inclusión de equipos PTAP, nueva PEAS y renovación de red de AS
		Lota	Obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, reposición equipos PEAS, nueva PEAS, refuerzo de colectores
		Laja	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevas obras de distribución de AP

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Carampangue	Mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PEAS
		Ramadillas	Mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PEAS
		Penco - Lirquén	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, aumento de capacidad PEAP, obras de distribución, reposición equipos PEAS y aumento de capacidad PTAS
		Lebu	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, aumento de capacidad PEAP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, construcción PEAP y reposición equipos PEAS
		Curanilahue	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, renovación de red de AS y nueva PTAS
		Cabrero	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PEAS
		Contulmo	Mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS y aumento de capacidad PTAS
		Cañete	Nueva PTAP y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Arauco	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, obras de distribución y aumento de capacidad PTAS
		Negrete	Captaciones, obras de distribución, obras de almacenamiento y

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			potabilización, reposición equipos PEAS
		Los Álamos	Captaciones, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, reposición equipos PEAP y aumento de capacidad PTAS
		Chiguayante	Mejoramientos en la red de distribución de AP
		Coronel	Captaciones, nueva PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, obras de distribución, reposición e inclusión de equipos PTAP, aumento de capacidad PEAS y reposición equipos PEAS
		Yumbel	Captaciones, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, nueva PEAS, renovación de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Quilaco	Captaciones, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PTAS y obras de distribución
		San Rafael	Mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevas redes de AS y nueva PTAS
		Los Ángeles	Captaciones, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAP, reposición equipos PEAS y refuerzo de red de AS
		Florida	Ampliación capacidad de producción de AP, obras de almacenamiento y potabilización y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Monte Águila	Aumento de capacidad PTAP, mejoramientos en la red de

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			distribución de AP, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS
		Quilleco	Mejoramientos en la red de distribución de AP
		Santa Barbara	Mejoramientos en la red de distribución de AP, reposición equipos PEAS y refuerzo de red de AS
		San Rosendo	Aumento de capacidad PTAP, reposición equipos PEAP y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Nacimiento	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, reposición equipos PEAS, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS
		Santa Juana	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PTAS, aumento de capacidad PEAS y obras de distribución
		Hualqui	Aumento de capacidad PTAP, aumento de capacidad PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, reposición equipos PEAP y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Tucapel	Captaciones, mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PEAS
		Mulchén	Captaciones, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, refuerzo de red de AS, aumento de capacidad PEAS y aumento de capacidad PTAS
		Tomé	Captaciones, obras de distribución, nuevas obras de distribución de AP y renovación de red de AS

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Punta de Parra	Captaciones, aumento de capacidad PEAP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, aumento de capacidad PTAS
Aguas San Pedro S.A.	2022	Parque Industrial - Coronel	Captaciones, ampliación PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, ampliación PEAP, obras de distribución, ampliación PEAS, aumento de capacidad PTAS

Fuente: Elaboración en base a SISS (2023).

Por último, en la Tabla 3.1-10 se consideran los planes maestros de aguas lluvias proyectadas y en desarrollo para la región.

Tabla 3.1-10 Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región del Biobío

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto	Estado decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Arauco, Curanilahue, Lebu y Cañete	Arauco, Curanilahue, Lebu y Cañete	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue (84), Costeras Carampangue-Lebu (86), Río Carampangue (85), Río Lebu (87), Costeras Lebu-Paicaví (88), Costeras e Islas R. Paicaví y Límite Región (89)	s/i	En preparación

Fuente: Elaboración en base a CIDOH y recopilación de antecedentes.

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 3.1-11 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 11.04.

Tabla 3.1-11 Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° iniciativas	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
	Producción-distribución de	APR concentrado	41	13.476.776	16.636.469

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° iniciativas	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	agua potable y tratamiento aguas servidas	APR semi concentrado	204	47.567.250	58.286.728
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	24	10.070.663	11.135.942
		Conservación, mantención y ampliación de SSR existentes	8	594.211	612.964
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	28	10.390.946	12.500.049
		Explotación de obras de riego	5	1.368.821	1.907.455
	Infraestructura de acumulación de agua	Grandes obras de riego	9	2.740.168	3.858.024
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	30	10.667.436	13.126.817
		Evacuación y drenaje de aguas lluvias	75	70.564.090	85.291.426
	Defensa fluvial y aluvional	Manejo de cauces	28	22.113.176	26.403.847
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Actualización	2	59.403	84.056
	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	34	13.525.347	16.102.569
Medidas de gestión	Planes y políticas	Planes maestros de obras fluviales	6	366.633	369.807

Fuente: Elaboración en base a MOP (2023) .

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

4.1 BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO

Se estimó la brecha hídrica para cada cuenca (BNA) de 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, en caso de existir, por lo que no todas las cuencas disponen de esta información. Finalmente, para las proyecciones de oferta, se consideraron los caudales del GCM representativo de la región obtenido del BHN, 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 en la ventana futura como la variación en la recarga futura. En el Anexo 11.05 se presentan los gráficos con las brechas para cada cuenca.

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:

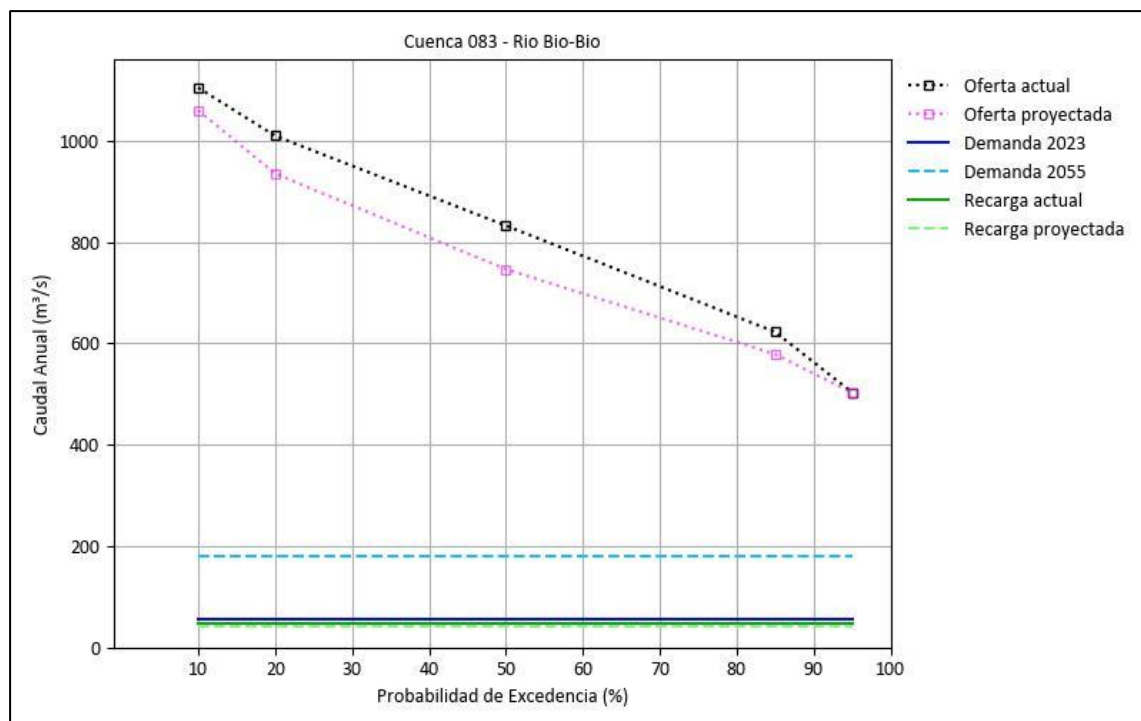
- **Criterio 1:** Se evalúa si la demanda total de la cuenca supera la oferta superficial⁵ en la misma considerando diferentes probabilidades de excedencia. Se considera una **cuenca crítica** aquella donde la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%; una **cuenca 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

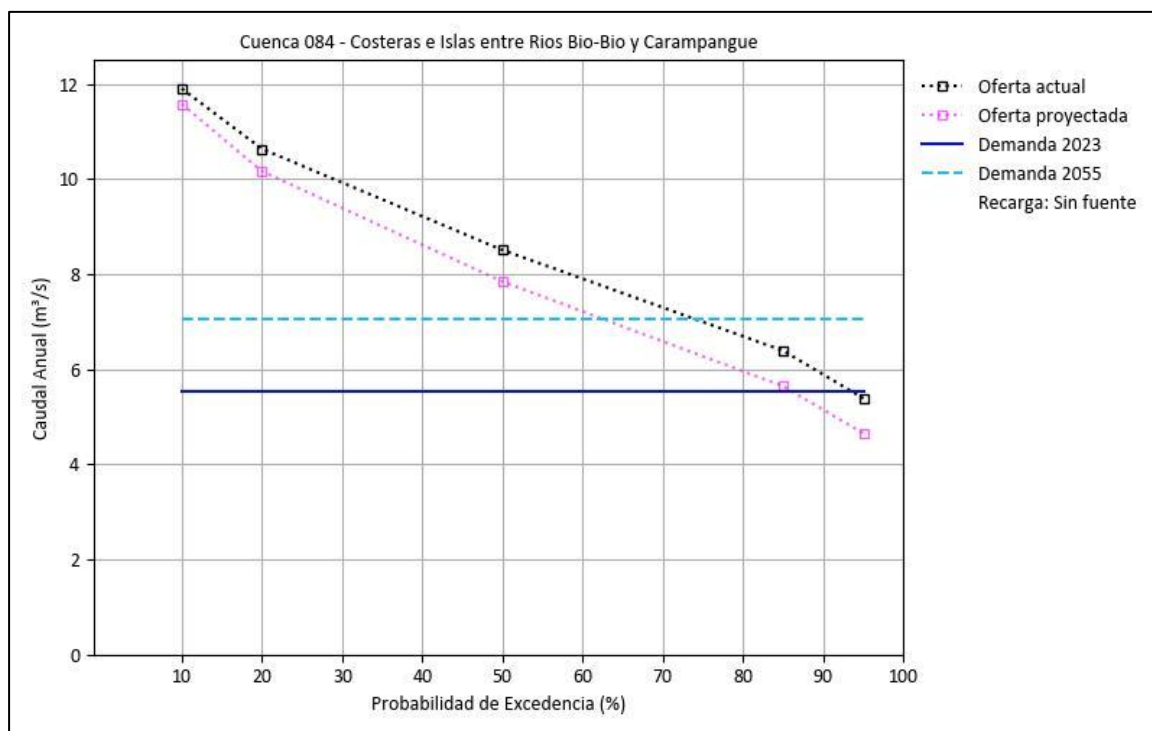
Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-3 se observa que todas las cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles**. No obstante, se debe considerar que la cuenca Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue (BNA 084) posee una restricción para el uso aguas subterráneas, por lo que finalmente se reclasifica a **cuencas en estrés**, situación que empeora a futuro (ver Tabla 4.1-1). En la Figura 4.1-1 se muestra el caso para la cuenca del río Biobío (BNA 083), la más grande de esta región y en la Figura 4.1-2 el caso de la cuenca BNA 084, la única de la región que presenta una situación de estrés.

⁵ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)



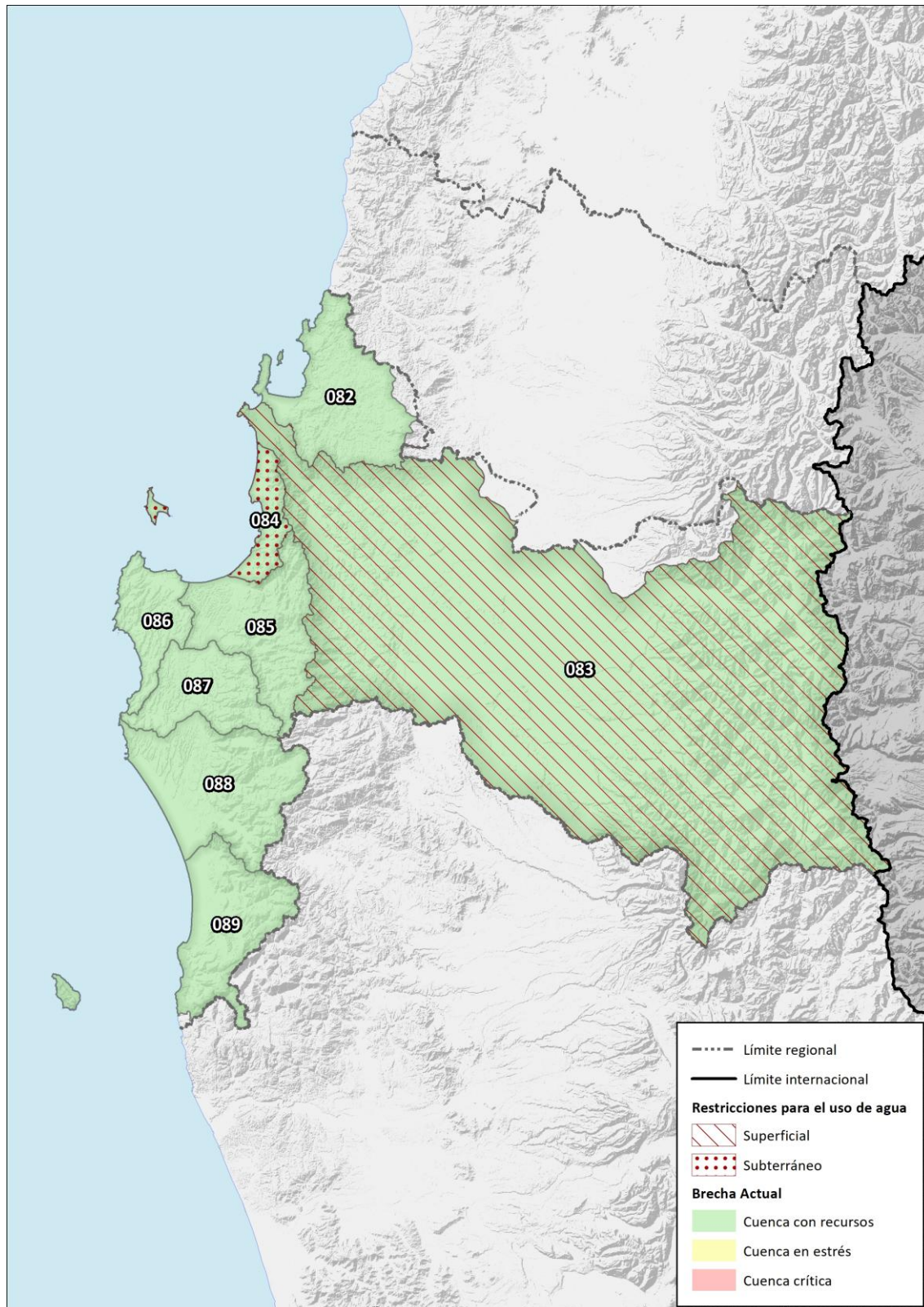
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 083



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-2 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 084



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-3 Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región del Biobío

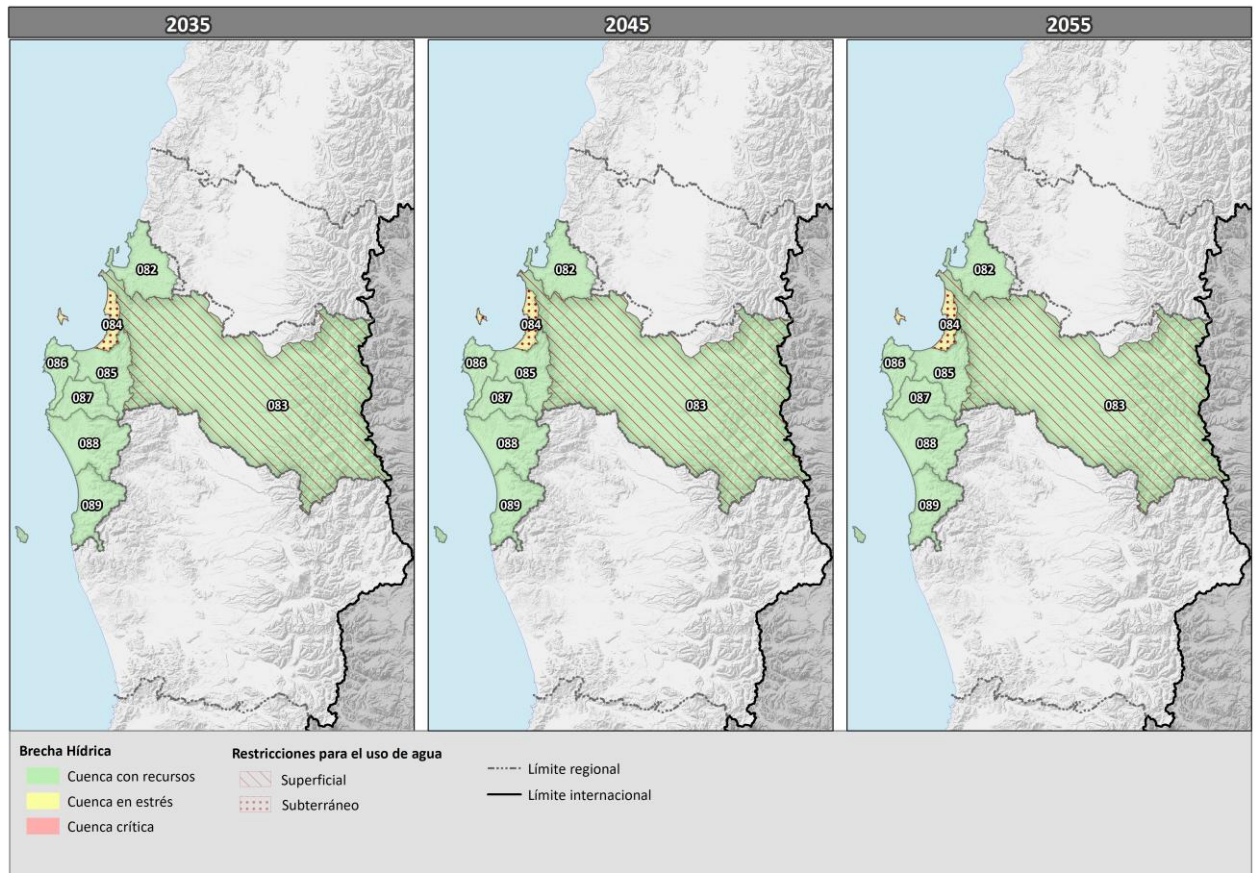
Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región del Biobío

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
082	Costeras e Islas entre Rio Itata y Rio Bio-Bio	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
083	Rio Bio-Bio	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
084	Costeras e Islas entre Rios Bio-Bio y Carampangue	En estrés	Crítica	Crítica	Crítica
085	Rio Carampangue	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
086	Costeras Carampangue-Lebu	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
087	Rio Lebu	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
088	Costeras Lebu-Paicavi	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
089	Costeras e Islas entre R.Paicavi y Limite Region	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que solo una cuenca se encuentra en una situación de estrés o crítica al año 2025, sin que exista una mejora en las ventanas futuras. No obstante, se debe considerar que, según el balance hídrico de la cuenca, el estado de las cuencas es con recursos o en estrés a futuro, pero que si se consideran las restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales están en solo una cuenca de la región), la situación es de estrés o crítica. Si bien estas restricciones no estarán siempre presentes, se consideran de igual forma para las ventanas lejanas, lo que se puede ver en la Figura 4.1-4.

Complementario a lo anterior es importante mencionar que una fuente de recursos hídricos utilizados en las cuencas corresponde 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. 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. Finalmente, en lo que respecta a esta región, solo la cuenca Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue (BNA 084) presenta una situación compleja, pero donde no se dispone de una estimación de la recarga para un completo entendimiento de la brecha hídrica existente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-4 Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región del Biobío

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 25,9% y 33,7% de las viviendas rurales regional.
- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 26,6% y 50,8% de la población rural regional.
- No se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre el 45,8% y el 50,8% la población rural regional.
- En las cuencas Costeras Lebu-Paicaví (Código BNA: 088) y Costeras e Islas entre el río Paicaví y el Límite de la Región (Código BNA: 089), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua. Esta ausencia de datos subraya una importante brecha de información en la caracterización de la calidad hídrica en estas áreas, lo que dificulta una evaluación precisa y detallada de su estado actual y plantea la necesidad de futuras investigaciones para llenar este vacío.
- No existen estudios o planes de reúso de aguas servidas.

- No se posee real conocimiento de la situación de la cobertura y acceso al agua potable en áreas rurales debido a que el indicador SICVIR, el cual es el más completo, deja fuera de análisis las comunas de Concepción, Coronel, Chiguayante, San Pedro de La Paz, Talcahuano, Tomé, Hualpén y Los Ángeles.
- No se posee real conocimiento de la situación de la cobertura y acceso al alcantarillado en áreas rurales, debido a que el indicador SICVIR, el cual es el más completo, deja fuera de análisis las comunas de Concepción, Coronel, Chiguayante, Lota, San Pedro de La Paz, Talcahuano, Tomé, Hualpén Tirúa, Antuco, Alto Biobío y Los Ángeles.
- 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.
- 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.
- En las cuencas Costeras Lebu-Paicaví (Código BNA: 088) y Costeras e Islas entre el río Paicaví y el Límite de la Región (Código BNA: 089), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua.

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.
- No se presentan catastros históricos a nivel regional y comunal con la totalidad de eventos extremos ocurridos.

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 infraestructura para el consumo humano, por cuenca región del Biobío

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue-Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu-Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii entre un 33% y un 49% de las viviendas rurales no presentan acceso a la red de agua potable, mientras que no se cuenta con la información de alrededor de un 26% y un 34% de la totalidad de las viviendas rurales de la región.	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Carencia de un suministro adecuado de servicios básicos en todas las comunas, junto con la falta de asistencia técnica necesaria para la formulación de proyectos. Necesidad de identificar y mejorar los sistemas de abastecimiento hídrico en zonas vulnerables, a través de un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) para optimizar su operación y mantenimiento.	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
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii alrededor de un 28% de la población rural declara no presentar acceso a la red de alcantarillado, mientras que no se cuenta con la información de entre un 45% a un 50% de la totalidad de la población rural regional.	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentradas y desconcentradas	Necesidad de identificar y mejorar los sistemas de abastecimiento hídrico en zonas vulnerables, a través de un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) para optimizar su operación y mantenimiento.	Total, de APR existentes por cuenca	Alta: Más de 50 APR en la cuenca Media: Entre 10 y 50 APR en la cuenca Baja: Menos de 10 APR en la cuenca	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	4	1	1	1	1	2	2
La proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región del Biobío, presenta un incremento en la población rural de un 16% para las cuencas Río Biobío (código BNA 083) y Río Lebu (código BNA 087), un 10% en las cuencas Costeras e Islas entre Río itata y Río Biobío (código BNA 082) y Costeras Carampangue – Lebu (código BNA086) y menos de un 10% para el resto de las cuencas, para el año 2055 respecto de la población actual. Para las áreas sin presencia de APR, se observa una proyección del 2% de aumento en la población para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región. (ver acápite 2.2.2)	Aumento de la demanda de agua potable en áreas sin planificación y sin disponibilidad suficiente.		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 =2	1	1	2	2	1	1	1	2	1
En base a los análisis desarrollados en el acápite 2.2.1 se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales lo que representan el 92,6% 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 aumento en la tasa de crecimiento de un 0,3%	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	1	1	1	1	1	1	1	N/A	N/A
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 35,3% a nivel regional. Donde las localidades de Concepción, Huepil, Lebu, Quilaco y Ramadillas, presentan pérdidas sobre el 50%; por otra parte, Cabrero, Carampangue, Coronel, Lomas Coloradas, Penco - Lirquén y Talcahuano se han mantenido bajo un 20% de pérdidas. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)		Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Pérdidas 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	2	2	2	2	2	4	4	2	N/A

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 infraestructura para el consumo humano, por cuenca región del Biobío (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue-Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu-Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
De acuerdo a la información proporcionada por ACADES (2023), la región cuenta con una planta desalinizadora perteneciente a se destaca la existencia del proyecto de la Central Térmica Santa María de Colbún, ubicada en la cuenca Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue, la cual es de uso industrial y cuenta de uso industrial, con una capacidad de 33 L/s. Por otra parte, existe el proyecto piloto Planta Desaladora Comunitaria en la Caleta Chome, ubicada en la cuenca Río Biobío, la cual se encuentra operativa y su uso es destinado a agua potable de las comunas aledañas con una capacidad de 0,27 L/s (Municipalidad de Hualpén, 2022). A su vez, la Caleta Punta Lavapié, ubicada en la cuenca Costeras Carampangue – Lebu, cuenta con una planta gestionada por la Universidad de Concepción para la provisión de agua potable en la comuna de Arauco (OTLUDEC, 2019) La Universidad de Biobío a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de Biobío se encuentra desarrollando un proyecto de cosecha de aguas lluvias y niebla que tiene como objetivo proveer de agua potable a las comunas de Santa Bárbara, Cañete y Hualqui, ubicadas en las cuencas Río Biobío y Costeras Lebu- Paicavi (Universidad del Biobío, 2023). Por otra parte, en el año 2017, se llevó a cabo un Proyecto FIA que consistió en un plan de reconstrucción productiva y restauración ecológica a través de la implementación de sistemas colectores de aguas lluvia en predios de residentes de la comuna de Florida, ubicada en la cuenca Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío (FIA, 2017). A su vez, en la comuna de Antuco en la cuenca Río Biobío, INDAP implementó un sistema de recolección de agua lluvias de 6 unidades para uso en la pequeña agricultura (INDAP, 2014).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Insuficiencia en la generación de infraestructura estratégica para la seguridad hídrica, lo que limita la capacidad de gestionar sosteniblemente el recurso hídrico y asegurar un uso eficiente y sustentable, especialmente en la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Carencia en la evaluación de la factibilidad de reutilizar agua por el sector sanitario.	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	1	1	4	4	4	4	1	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 infraestructura para el desarrollo económico, por cuenca región del Biobío

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue-Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu-Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
En la región de Biobío, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 63%. Esta eficiencia varía entre un 44% y un 69%, siendo la cuenca "Río Biobío" la que presenta el valor más bajo, y la cuenca "Río Lebu" el valor más alto. Esta disparidad en la eficiencia de aplicación de riego 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 Anexo 11.02).	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Deficiencias en los sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes en el sector Biobío Centro, y una falta de programas de apoyo efectivos para pequeños agricultores de secano, dificultando la mejora de la productividad y sostenibilidad agrícola en una región clave para la economía local.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023). Con Relevancia para agricultores de Secano Costero de la Región	Eficiencia de riego ≤ 50% o Relevancia a agricultores Secano Costero 50% < Eficiencia de riego < 65% Eficiencia de riego ≥ 65%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	2	1	1	1	4	4
En la región de Biobío se identifican aproximadamente 3.260 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Biobío, donde se concentra aproximadamente el 92% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula. 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 11.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.	Deficiencias en los sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes en el sector Biobío Centro, y una falta de programas de apoyo efectivos para pequeños agricultores de secano, dificultando la mejora de la productividad y sostenibilidad agrícola en una región clave para la economía local.	Longitud total de canales de riego	Concentra más del 50% de los canales de la región. Concentra entre el 10 y el 50% de los canales de la región. Concentra menos del 10% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de Biobío aumentará en un 83% para el año 2055. A pesar de que en los últimos 14 años se ha observado una reducción de la superficie dedicada a gran parte de los cultivos y un aumento significativo en la de viñas, parronales y praderas mejoradas, los cuales muestran una mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros cultivos, aún es necesario, dadas las proyecciones, fomentar 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.	Deficiencias en los sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes en el sector Biobío Centro, y una falta de programas de apoyo efectivos para pequeños agricultores de secano, dificultando la mejora de la productividad y sostenibilidad agrícola en una región clave para la economía local.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 80% 50% < Variación ponderada de la demanda < 80% Variación ponderada de la demanda ≤ 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
En la región de Biobío, actualmente se identifican 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).	Descoordinación entre las instituciones con atribuciones en la gestión del agua de la cuenca (Juntas de vigilancia, organizaciones de usuarios, organismos del Estado, etc.).	Insuficiente apoyo a las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) en el sector Biobío Precoordinera, con una falta de regularización de derechos de agua y financiamiento adecuado para proyectos de riego, limitando el desarrollo agropecuario y la eficiencia en el uso del agua en áreas críticas.	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	N/A	4	2	4	4	4	4	4	4
En la región de Biobío, después de la actividad agropecuaria-silvícola, la industria manufacturera se destaca como el principal sector económico que demanda recursos hídricos en la actualidad. Se espera que la demanda total de agua de la industria manufacturera aumente en un 186% en el periodo 2023-2055. Ante este escenario, es crucial implementar tecnologías innovadoras y eficientes para una gestión sostenible del recurso hídrico en el sector industrial (mayor detalle en acápite 2.2.6 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	-	Variación porcentual de la demanda hídrica industrial (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 75% 30% < Variación ponderada de la demanda < 75% Variación ponderada de la demanda ≤ 30%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	4	4	1	1	1	1	1

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 infraestructura para el desarrollo económico, por cuenca región del Biobío (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue-Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu-Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
En la región de Biobío se han identificado doscientas cincuenta y cinco (255) obras de acumulación. Según el boletín "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" de abril de 2024 de la DGA, los principales embalses en la región son el embalse Lago Laja, con una capacidad de almacenamiento de 5.582 hm³, el embalse Ralco, con una capacidad de 1.174 hm³ y el embalse Pangue, con capacidad de 83 hm³, los tres ubicados en la cuenca del río Biobío. Según el mismo boletín, el volumen de almacenamiento histórico promedio mensual es de 1.447 hm³ para el embalse Lago Laja (26% de su capacidad), 490 hm³ para el embalse Ralco (42% de su capacidad) y 71 hm³ para el embalse Pangue (86% de su capacidad). Hasta la fecha de elaboración de este estudio, no se dispone de información sobre el volumen actual embalsado del resto de las obras. Sin embargo, las proyecciones de la oferta hídrica superficial indican una tendencia a la baja hasta el año 2055, lo que podría resultar en una reducción de los volúmenes embalsados (ver acápite 2.3.1.1 del estudio para más detalle). Estos datos sugieren la necesidad de diversificar las fuentes de agua y planificar la gestión del recurso hídrico a largo plazo.	Disminución de aportes superficiales a obras de acumulación.	Carencia de gestión eficiente del recurso hídrico que compromete la seguridad hídrica y el desarrollo armónico del riego, exacerbada por insuficiente apoyo institucional para proyectos en sectores de riego y secoano. Carencia de un sistema regional de adaptación productiva a los efectos del cambio climático mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas, que incluya la determinación de la infraestructura necesaria para optimizar el uso del agua y mejorar la gestión del recurso.	Disminución de la oferta hídrica superficial (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial ≥ 10% 5% < variación de la oferta hídrica superficial < 10% Disminución de la oferta hídrica superficial ≤ 5%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	4	2	4	4	4	4	4	4
En la región de Biobío se han implementado obras multipropósito destinadas a garantizar el suministro de agua mediante fuentes no convencionales, así como proyectos futuros en esta línea. Estas obras abarcan la instalación de desaladoras y la cosecha de aguas lluvias, distribuidas en 4 cuencas de la región. En las demás cuencas, no se han identificado obras en funcionamiento ni proyectos futuros hasta el momento (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.	Carencia de gestión eficiente del recurso hídrico que compromete la seguridad hídrica y el desarrollo armónico del riego, exacerbada por insuficiente apoyo institucional para proyectos en sectores de riego y secoano. Carencia de un sistema regional de adaptación productiva a los efectos del cambio climático mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas, que incluya la determinación de la infraestructura necesaria para optimizar el uso del agua y mejorar la gestión del recurso.	Presencia de obras o proyectos 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	1	1	1	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

4.2.4 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 la 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 del Biobío

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue -Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu- Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
La región del Biobío, con su destacada producción de cereales y frutas, enfrenta problemas significativos de contaminación por agroquímicos debido a las prácticas intensivas en la agricultura. La falta de manejo adecuado de estos productos afecta la calidad del suelo y del agua.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	Deficiente protección y gestión de cursos de agua y acuíferos, lo que impide asegurar adecuadamente el uso del agua para consumo humano y compromete la sostenibilidad de los recursos hídricos vitales para la región.	Calidad de agua, parámetro nitrato en la Cuenca	Sobre el límite permitido de 50 mg/L=Alta criticidad. Entre 40 a 50 mg/L=Media criticidad. Bajo 40 mg/L=baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	s/i	1	1	1
La calidad del agua en el Biobío se deteriora por las descargas de aguas servidas tanto en zonas urbanas como rurales, incluyendo ciudades como Concepción y Chillán. La escasez hídrica es un desafío adicional que agrava estos problemas.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Deficiente protección y gestión de cursos de agua y acuíferos, lo que impide asegurar adecuadamente el uso del agua para consumo humano y compromete la sostenibilidad de los recursos hídricos vitales para la región.	% de 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	4	4	4	4
En el Biobío, donde la actividad minera es más prominente, la alta demanda hídrica de este sector puede contribuir a la contaminación de fuentes de agua. Los eventos hidroclimáticos extremos pueden exacerbar este riesgo.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones		Ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Alta Criticidad (Valor 4): Ocurrencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones Baja Criticidad (Valor 1): Inexistencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
El uso intensivo de recursos naturales en el Biobío para actividades agrícolas e industriales afecta los ecosistemas acuáticos, agravado por la variabilidad climática y los cambios en los flujos hidrológicos.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	-	Tasa de deforestación en la región del Biobío en los últimos 20 años. Datos de MAPBIOMAS Chile, abril de 2024. Se calcula como: Tasa de Deforestación Anual (%) = (bosque nativo al inicio - bosque nativo final / bosque nativo al inicio) × (T/100). T es el periodo de 20 años.	Alta criticidad: Tasa de deforestación anual mayor al 2%. Media criticidad: Tasa de deforestación anual entre 1% y 2%. Baja criticidad: Tasa de deforestación anual menor al 1%.	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	1	2	1	2	2	2	1	1
La falta de normas secundarias para la calidad de aguas superficiales en Biobío impide una adecuada restauración de cuerpos lacustres y humedales afectados por la eutrofización, como el Humedal de Los Batros.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas superficiales	-	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	2	2	2	2	4	2
La falta de normas secundarias para aguas subterráneas en el Biobío es crucial para prevenir la contaminación de acuíferos utilizados en zonas agrícolas y urbanas.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas	-	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	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 del Biobío (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue -Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu- Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
A pesar de algunas mejoras en infraestructura en la región, la frecuencia y eficacia del monitoreo de calidad de aguas en el Biobío sigue siendo un desafío importante.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Insuficiencia en el catastro y diagnóstico de la red de monitoreo existente para el control de la extracción de aguas superficiales, y necesidad de implementar una red de telemetría más robusta que asegure una extracción adecuada. Necesidad de establecer redes de monitoreo para nieves y glaciares, así como para la calidad del agua subterránea, lo que es fundamental para una gestión integral del recurso hídrico en la cuenca. Ausencia de una red de sensoramiento eficiente para el monitoreo constante de las variables hídricas de humedales y ecosistemas asociados, crucial para complementar y enriquecer la información hidro-meteorológica y ecológica existente. Deficiencia en el levantamiento exhaustivo de la información sobre los flujos de contaminantes en la cuenca del Biobío, limitando la capacidad para desarrollar planes de gestión y modelamiento matemático eficaces.	Existencia de estaciones fluviométricas, de monitoreo de calidad de agua, Niveles	Alta Criticidad: No cuenta con estaciones fluviométricas o estaciones de calidad de aguas Media Criticidad: Cuenta con al menos de 10 estaciones fluviométricas y al menos de 10 estaciones de calidad de aguas, No distribuidas en la cuenca. Baja Criticidad: Cuenta con más de 20 estaciones fluviométricas y más de 20 estaciones de calidad de aguas, bien distribuidas en la cuenca	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	4	1	4	4	4	4	4	4
La insuficiencia del caudal ambiental en humedales ribereños y otras áreas naturales del Biobío afecta su capacidad para mejorar la calidad del agua y mantener servicios ecosistémicos esenciales.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos	-	Índice Compuesto de Criticidad Ambiental = Valor de Calidad del Agua + Valor de Criticidad de Humedales	Alta Criticidad: Oferta hídrica menor al 40% del caudal ambiental necesario. Media Criticidad: Oferta hídrica entre 40% y 75% del caudal ambiental necesario. Baja Criticidad: Oferta hídrica mayor al 75% del caudal ambiental necesario.	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	1	1	4	1	1	2	2
Los humedales en el Biobío proporcionan servicios ecosistémicos clave, como la regulación del agua y la conservación de la biodiversidad. La degradación de estos servicios por la insuficiencia del caudal ambiental es una preocupación creciente.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	-	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): Porcentaje de Protección < 5% Media Criticidad (2): 5% ≤ Porcentaje de Protección < 25% Baja Criticidad (1): Porcentaje de Protección ≥ 25%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	2	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

4.2.5 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 4.2-3 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 del Biobío

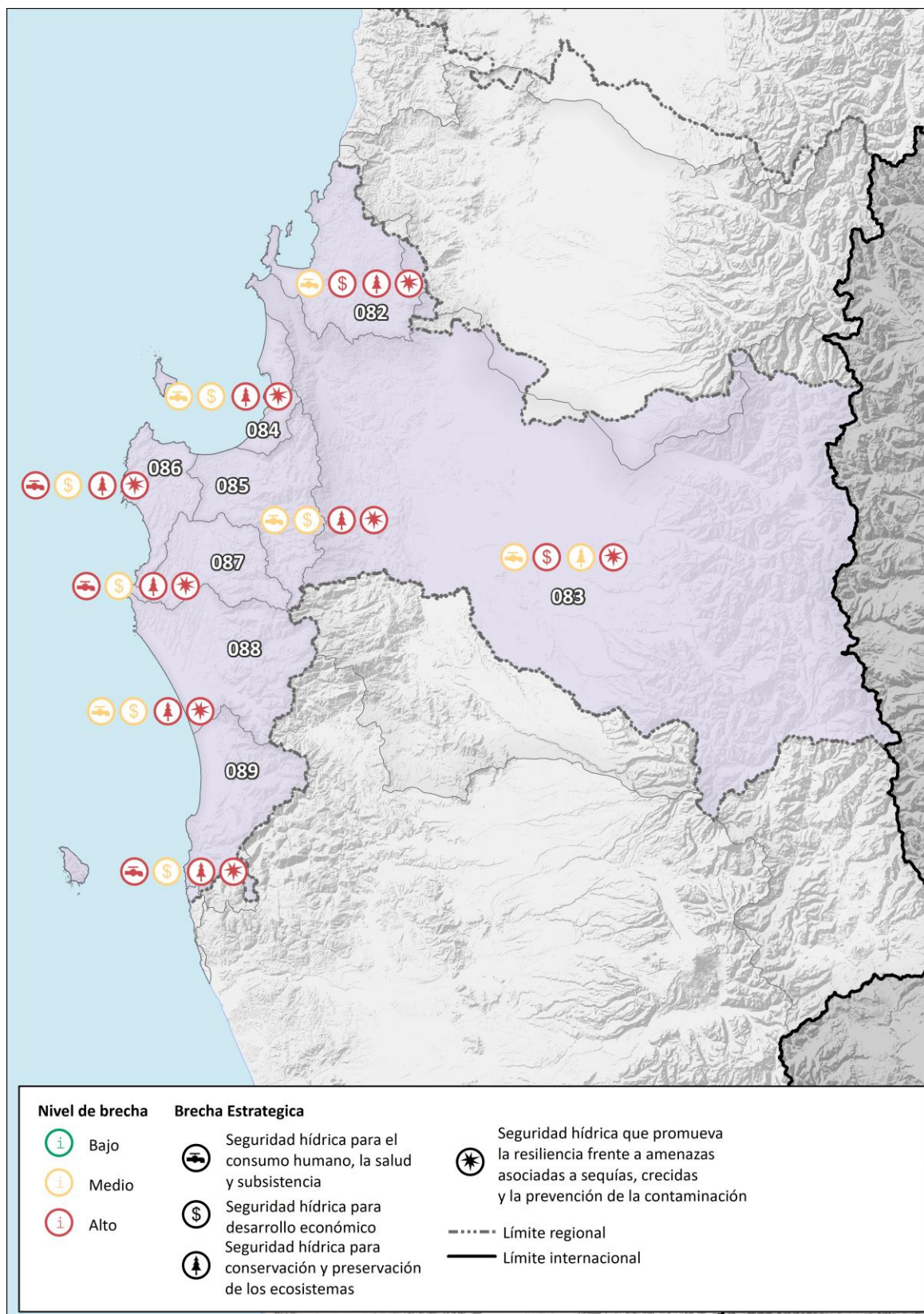
Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Itata	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Biobío	Río Biobío	Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue	Río Carampangue	Costeras Carampangue-Lebu	Río Lebu	Costeras Lebu-Paicavi	Costeras e Islas entre Río Paicavi y Limite Región
En la región del Biobío no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional. No obstante, se identifican planes maestros de aguas lluvia para las comunas de Concepción, Lota, coronel, Los Ángeles, Penco y Tomé.	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Deficiencias en la planificación y gestión de riesgos de desastres en las ciudades de la región, comprometiendo la protección de la vida y la mitigación de impactos que puedan afectar la competitividad regional.	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 20% de Pp24 en eventos extremos o Cuenta con Planes Maestros de Aguas Lluvias Variación porcentual entre 1 y 20% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 1% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	4	4	4	4	2	2	2	1
En la región del Biobío no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Insuficiencia en infraestructuras resilientes que protejan a las personas frente a condiciones climáticas adversas, limitando la capacidad de garantizar la seguridad y la adaptación al cambio climático. Necesidad de evaluar los efectos del cambio climático en eventos extremos desde un punto de vista meteorológico e hidrológico para prevenir sequías e inundaciones, y reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semiurbana.	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	4	4	4	4	2	2	2	2	2
En la región del Biobío no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Insuficiencia en infraestructuras resilientes que protejan a las personas frente a condiciones climáticas adversas, limitando la capacidad de garantizar la seguridad y la adaptación al cambio climático. Necesidad de evaluar los efectos del cambio climático en eventos extremos desde un punto de vista meteorológico e hidrológico para prevenir sequías e inundaciones, y reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semiurbana.	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 Histórica de eventos de inundación o aluvién. 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	4	4	4	4	4	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

4.2.6 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 del Biobío

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

En este acápite se presenta las brechas relativas a las obras de infraestructura hídrica, específicamente vinculadas a la disponibilidad de información hídrica.

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**
 - Proyectar la región del Biobío con altos estándares de infraestructura inclusiva, promoviendo el bienestar de sus habitantes mediante la provisión de espacios públicos de calidad y servicios sanitarios rurales, favoreciendo la equidad, integración y ordenamiento territorial. Además, reconocer y respetar los derechos de aguas ancestrales de las comunidades indígenas, fomentando un uso eficiente del agua que priorice su disponibilidad para consumo humano, conciliando esta prioridad con la vocación productiva de la región. Identificar y mejorar los sistemas de abastecimiento hídrico en zonas vulnerables a través de un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) para optimizar su operación y mantenimiento. Asegurar el suministro de servicios básicos en todas las comunas, proporcionando asistencia técnica para la formulación de proyectos municipales, con el fin de acercar la cobertura de servicios públicos a toda la región, adaptándose a las particularidades de cada territorio.
 - Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica, potenciando la gestión sostenible del recurso hídrico para lograr un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Priorizar el uso de agua para consumo humano, asegurando la disponibilidad de nuevas fuentes de agua con derechos regularizados, protegiendo los cursos de agua y acuíferos, y

coordinando a las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego mediante instrumentos flexibles. Evaluar la factibilidad de reutilizar y regenerar agua por sector industrial o sanitario, y promover un sistema regional de reciclaje y tratamiento de residuos para mejorar la sostenibilidad ambiental de la región.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Valorar y respetar la biodiversidad de la región del Biobío mediante la promoción de un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico que garantice la seguridad hídrica. Impulsar un desarrollo armónico del riego y el acceso al agua en sectores de riego y seco, apoyando institucionalmente la concreción de proyectos. Redefinir los Sistemas de Humedales y Acuíferos (SHACs) en la cuenca del Biobío, evaluar la eficiencia del agua intrapredial según método de riego y proponer mejoras, y definir los deslindes de los principales cauces de la cuenca. Promover un sistema regional de adaptación productiva a los efectos del cambio climático mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas, determinando la infraestructura necesaria para optimizar el uso del agua y mejorar la gestión del recurso incorporando elementos innovadores que consideren tanto la disponibilidad del agua como las regulaciones e infraestructuras asociadas.
- Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica y potenciar la gestión sostenible del recurso hídrico, asegurando un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Fortalecer las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) en el sector Biobío Precordillera, regularizando los derechos de agua y proporcionando financiamiento y apoyo técnico para proyectos de riego, con respaldo de un Centro de Investigación que impulse el desarrollo silvoagropecuario. En el sector Biobío Centro, desarrollar sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes y sostenibles, junto con programas de apoyo para pequeños agricultores de seco. En el seco interior, consolidar a las OUA con derechos de agua regularizados y sistemas de riego tecnificados. En el sector Pencopolitano y de Reconversión, garantizar derechos de agua regularizados y comunidades organizadas, con sistemas de riego tecnificados y uso de energías renovables. Mejorar la eficiencia del uso de aguas en los ríos Malleco y Renaico, fortalecer las OUA, reglamentaciones, y establecer programas de transferencia tecnológica y gestión del agua. Fomentar la generación de infraestructura pública con un enfoque en el desarrollo sustentable, inclusión y equidad territorial, promoviendo empleos de calidad en un entorno productivo diversificado y sostenible. Impulsar el sector agroalimentario como objetivo clave de la acción de fomento productivo mediante políticas públicas regionales que incluyan la gestión de riego y el fortalecimiento del capital humano y comercial del sector.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Promover una región que valora y respeta su biodiversidad mediante el fomento de acciones que prioricen un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico. Asegurar que el territorio priorice el uso del agua para consumo humano, protegiendo sus cursos de agua y acuíferos, y fomentando la coordinación entre las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego a través de instrumentos flexibles.
- Desarrollar un levantamiento exhaustivo de la información sobre los flujos de contaminantes en la cuenca del Biobío para la elaboración de futuros planes de gestión y modelamiento matemático de la contaminación. Implementar un plan de gestión de contaminantes, particularmente nutrientes, presentes en las aguas superficiales de la cuenca. Catastrar y diagnosticar la red de monitoreo existente para el control de la extracción de aguas superficiales en canales, y proponer una red de telemetría que asegure la correcta extracción. Establecer redes de monitoreo de nieves y glaciares, así como de la calidad del agua subterránea en la cuenca del Biobío. Proponer e implementar una red de asesoramiento para el monitoreo constante de las variables hídricas de los humedales y ecosistemas asociados, determinando las zonas y variables necesarias para complementar la información hidro-meteorológica y ecológica existente. Diseñar y poner en marcha una herramienta basada en el análisis del microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un contexto de cambio climático.

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

- Fomentar una región que valora y respeta su biodiversidad, garantizando la protección de las personas frente a condiciones climáticas adversas mediante infraestructuras resilientes, y promoviendo estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático para convertir la región en un atractivo turístico y un territorio integrado. Proveer servicios de infraestructura que protejan frente a peligros y riesgos socio-naturales, reduciendo la afectación a la vida, los sistemas productivos y los territorios. Evaluar, desde un punto de vista meteorológico e hidrológico, los efectos del cambio climático en eventos extremos que puedan ocasionar sequías e inundaciones, y reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semiurbana en la cuenca del Biobío. Diseñar e implementar una herramienta basada en el análisis de microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un escenario de cambio climático. Fortalecer la planificación y gestión de riesgos de desastres en las ciudades de la región, proteger la vida y mitigar impactos que puedan afectar la competitividad, generar e implementar programas de inversión pública para mitigar riesgos de desastres naturales y antrópicos, y fortalecer

el capital humano especializado en riesgos y desastres, promoviendo competencias a nivel local y el desarrollo de una plataforma integral de información de recursos y capacidades.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región del Biobío (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 144 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, defensa fluvial y aluvional, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, drenaje de aguas, reúso de aguas residuales, redes de aguas lluvias, 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 del Biobío

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica SH Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	Proyectar la región del Biobío con altos estándares de infraestructura inclusiva, promoviendo el bienestar de sus habitantes mediante la provisión de espacios públicos de calidad y servicios sanitarios rurales, favoreciendo la equidad, integración y ordenamiento territorial. Además, reconocer y respetar los derechos de aguas ancestrales de las comunidades indígenas, fomentando un uso eficiente del agua que priorice su disponibilidad para consumo humano, conciliando esta prioridad con la vocación productiva de la región. Identificar y mejorar los sistemas de abastecimiento hídrico en zonas vulnerables a través de un diagnóstico exhaustivo de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) para optimizar su operación y mantenimiento. Asegurar el suministro de servicios básicos en todas las comunas, proporcionando asistencia técnica para la formulación de proyectos municipales, con el fin de acercar la cobertura de servicios públicos a toda la región, adaptándose a las particularidades de cada territorio.	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	
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	
	Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica, potenciando la gestión sostenible del recurso hídrico para lograr un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Priorizar el uso de agua para consumo humano, asegurando la disponibilidad de nuevas fuentes de agua con derechos regularizados, protegiendo los cursos de agua y acuíferos, y coordinando a las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego mediante instrumentos flexibles. Evaluar la factibilidad de reutilizar y regenerar agua por sector industrial o sanitario, y promover un sistema regional de reciclaje y tratamiento de residuos para mejorar la sostenibilidad ambiental de la región.	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	Valorar y respetar la biodiversidad de la región del Biobío mediante la promoción de un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico que garantice la seguridad hídrica. Impulsar un desarrollo armónico del riego y el acceso al agua en sectores de riego y secano, apoyando institucionalmente la concreción de proyectos. Redefinir los Sistemas de Humedales y Acuíferos (Sachs) en la cuenca del Biobío, evaluar la eficiencia del agua intrapredial según método de riego y proponer mejoras, y definir los deslindes de los principales cauces de la cuenca. Promover un sistema regional de adaptación productiva a los efectos del cambio climático mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas, determinando la infraestructura necesaria para optimizar el uso del agua y mejorar la gestión del recurso incorporando elementos innovadores que consideren tanto la disponibilidad del agua como las regulaciones e infraestructuras asociadas.	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
	Generar infraestructura estratégica para la seguridad hídrica y potenciar la gestión sostenible del recurso hídrico, asegurando un uso eficiente y sustentable, con especial atención a la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas. Fortalecer las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) en el sector Biobío Precordillera, regularizando los derechos de agua y proporcionando financiamiento y apoyo técnico para proyectos de riego, con respaldo de un Centro de Investigación que impulse el desarrollo silvoagropecuario. En el sector Biobío Centro, desarrollar sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas eficientes y sostenibles, junto con programas de apoyo para pequeños agricultores de secano. En el secano interior, consolidar a las OUA con derechos de agua regularizados y sistemas de riego tecnificados. En el sector Pencopolitano y de Reconversión, garantizar derechos de agua regularizados y comunidades organizadas, con sistemas de riego tecnificados y uso de energías renovables. Mejorar la eficiencia del uso de aguas en los ríos Malleco y Renaico, fortalecer las OUA, reglamentaciones, y establecer programas de transferencia tecnológica y gestión del agua. Fomentar la generación de infraestructura pública con un enfoque en el desarrollo sustentable, inclusión y equidad territorial, promoviendo empleos de calidad en un entorno productivo diversificado y sostenible. Impulsar el sector agroalimentario como objetivo clave de la acción de fomento productivo mediante políticas públicas regionales que incluyan la gestión de riego y el fortalecimiento del capital humano y comercial del sector.	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
			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

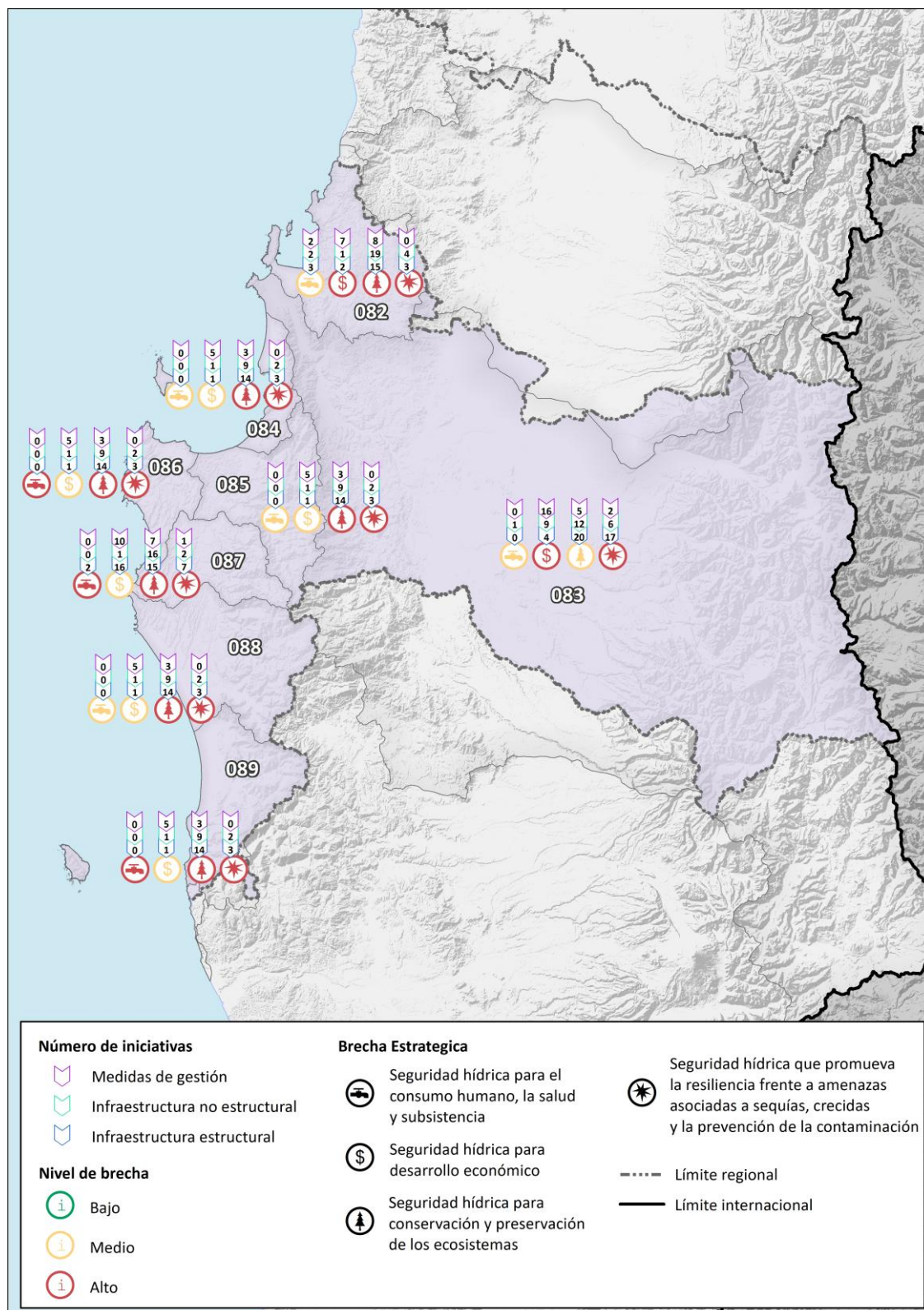
Fuente: Elaboración propia

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

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica SH Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D3. Conservación y preservación de los ecosistemas	Promover una región que valora y respeta su biodiversidad mediante el fomento de acciones que prioricen un desarrollo sustentable y armónico, con una gestión eficiente del recurso hídrico. Asegurar que el territorio priorice el uso del agua para consumo humano, protegiendo sus cursos de agua y acuíferos, y fomentando la coordinación entre las instituciones públicas y privadas locales para facilitar el acceso al riego a través de instrumentos flexibles.	Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Creación de capital humano Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas
	Desarrollar un levantamiento exhaustivo de la información sobre los flujos de contaminantes en la cuenca del Biobío para la elaboración de futuros planes de gestión y modelamiento matemático de la contaminación. Implementar un plan de gestión de contaminantes, particularmente nutrientes, presentes en las aguas superficiales de la cuenca. Catastrar y diagnosticar la red de monitoreo existente para el control de la extracción de aguas superficiales en canales, y proponer una red de telemetría que asegure la correcta extracción. Establecer redes de monitoreo de nieves y glaciares, así como de la calidad del agua subterránea en la cuenca del Biobío. Proponer e implementar una red de asesoramiento para el monitoreo constante de las variables hídricas de los humedales y ecosistemas asociados, determinando las zonas y variables necesarias para complementar la información hidro-meteorológica y ecológica existente. Diseñar y poner en marcha una herramienta basada en el análisis del microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un contexto de cambio climático.		Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
			Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
		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
		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	Fomentar una región que valora y respeta su biodiversidad, garantizando la protección de las personas frente a condiciones climáticas adversas mediante infraestructuras resilientes, y promoviendo estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático para convertir la región en un atractivo turístico y un territorio integrado. Proveer servicios de infraestructura que protejan frente a peligros y riesgos socio-naturales, reduciendo la afectación a la vida, los sistemas productivos y los territorios. Evaluar, desde un punto de vista meteorológico e hidrológico, los efectos del cambio climático en eventos extremos que puedan ocasionar sequías e inundaciones, y reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semiurbana en la cuenca del Biobío. Diseñar e implementar una herramienta basada en el análisis de microbioma para el monitoreo de la calidad microbiológica del agua y la vigilancia epidemiológica en un escenario de cambio climático. Fortalecer la planificación y gestión de riesgos de desastres en las ciudades de la región, proteger la vida y mitigar impactos que puedan afectar la competitividad, generar e implementar programas de inversión pública para mitigar riesgos de desastres naturales y antrópicos, y fortalecer el capital humano especializado en riesgos y desastres, promoviendo competencias a nivel local y el desarrollo de una plataforma integral de información de recursos y capacidades.	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 4.2-1 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 del Biobío

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre aspectos técnicos y disponibilidad de información

Revisando la cartera de proyectos en la Región del Biobío y sus fichas BIP, se identifican varias falencias técnicas que han contribuido a observaciones y solicitudes de corrección. Para el proyecto de construcción de obras fluviales en los ríos Rehue, Picoiquen, Huequén y Vergara, se recomienda avanzar sin observaciones, con el objetivo de abordar el aumento de crecidas en áreas urbanas y periurbanas de Angol. El proyecto de diagnóstico del plan maestro de aguas lluvias de Angol requiere incorporar al municipio como contraparte técnica y resolver problemas relacionados con financiamiento y asesoría. En el proyecto de mejoramiento de los cauces de los esteros Quilque y Paillihue, se identifican problemas de rentabilidad negativa, tasas de descuento incorrectas, costos subvalorados, y falta de desgloses presupuestarios, exigiendo ajustes detallados. Para la construcción del colector Manuel Rojas, tramo interior, se solicita clarificar problemas de inundación, enviar planos y presupuestos detallados, y justificar la expropiación y su costo.

En el proyecto de construcción de defensas fluviales en el río Laja, sector Laja, se requiere completar los requisitos de la norma 2009 para prefactibilidad, adjuntar planos y esquemas, justificar el presupuesto estimado, entregar una evaluación técnico-económica, certificar el dominio de la propiedad, y definir quién se hará cargo de los costos de mantención. Para la construcción de defensas fluviales en el río Renaico, sector San Gabriel, se solicita mejorar la descripción de actividades, detallar gastos administrativos, justificar ítems del presupuesto, y entregar antecedentes de licitaciones similares. Además, en el proyecto de mejoramiento del canal Biobío Norte, se debe utilizar la tasa social de descuento y los factores de mano de obra vigentes según la metodología establecida por MIDEPLAN. Estas observaciones subrayan la importancia de una planificación minuciosa y justificaciones claras para asegurar la viabilidad y aprobación de los proyectos.

Para el análisis de incertidumbre, se seleccionaron los proyectos del Banco Integrado de Proyectos (BIP) del Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MIDESO) considerando ciertos criterios específicos. En primer lugar, se incluyeron solo aquellos proyectos ubicados en la región en estudio y relacionados exclusivamente con el sector “Recursos Hídricos”. Además, la selección se limitó a proyectos con financiamiento previsto entre 2015 y 2024 que se encontraban en las etapas de perfil, prefactibilidad o factibilidad.

Los proyectos seleccionados para el análisis corresponden a aquellos cuyo Resultado de Análisis Técnico Económico (RATE) indica recomendación favorable (RS) o no

recomendación, ya sea por falta de información (FI), objeciones técnicas (OT) o incumplimiento de normativas (IN).

En función del Resultado de Análisis Técnico Económico (RATE) se identificaron los subsectores con mayor cantidad de proyectos no recomendados. Para esto se calculó el porcentaje de proyectos no recomendados respecto al total de proyectos en cada subsector. Esta comparación permitió determinar los subsectores con mayores dificultades para alcanzar una recomendación favorable, proporcionando una base para analizar las causas de las no recomendaciones en aquellos subsectores con porcentajes elevados de proyectos no aprobados.

Posteriormente, se revisaron las fichas de Iniciativas de Inversión (IDI) de los proyectos no recomendados en estos subsectores, con el fin de identificar las causas específicas de su no aprobación. Esta revisión proporcionó información crucial para reducir la incertidumbre en futuras evaluaciones.

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

Servicios Sanitarios (APR)	• Viabilidad técnica y legal: Se requiere contar un análisis técnico detallado que compare las alternativas de conexión con otros sistemas, identificando la mejor solución y evaluando su integración. Además, se requiere la certificación de la factibilidad del proyecto, asegurando que los terrenos, derechos de agua y permisos necesarios estén legalmente en orden. • Planificación y viabilidad económica: Se requiere unificar los avances financieros y físicos del proyecto entre la unidad técnica y la DOH, ajustar el presupuesto para reflejar correctamente las partidas ejecutadas y actualizar los precios según el estado actual del proyecto. • Conexión y beneficios de usuarios: Se requiere un listado de los beneficiarios con datos completos y asegurar el compromiso de estos y de las entidades involucradas para los aportes y servicios necesarios. • 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. • Incumplimiento de normativas: Se requiere la presentación de la documentación completa que demuestre la recomendación favorable y las autorizaciones pertinentes para la adjudicación y gastos realizados (COD. BIP 40057474)
Obras de Drenaje Urbano (Evac. Aguas servidas)	• Discrepancias en la ficha IDI: Es necesario actualizar la Ficha IDI conforme a los datos actuales del proyecto, mejorando la justificación en base a lo que existe y no a lo que no existe. También, ordenar y renombrar archivos correctamente para una gestión eficiente y coherente.

	• Viabilidad técnica y legal: Se requiere la aprobación definitiva por parte de organismos clave, junto con servidumbres de paso correctamente inscritas. Además, se requieren los diseños de ingeniería y especificaciones técnicas actualizadas y respaldadas por los responsables, la definición de la situación legal de los terrenos y los permisos necesarios. • Planificación y viabilidad económica: Se requiere actualizar el perfil del proyecto, ajustando el diagnóstico, análisis de oferta y demanda, y la evaluación económica con datos, presupuestos y precios sociales vigentes. Además, la falta de un cronograma detallado afecta la planificación de la ejecución de la obra. • Participación ciudadana y aceptación de la comunidad local: Se requiere consenso y claridad en la comunicación de tarifas, junto con la presencia de comités organizados y un óptimo análisis tarifario. • Operación y viabilidad del sistema: Se requiere un análisis tarifario y una minuta de cálculos de costos de operación y mantenimiento.
--	---

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

ii. Sobre aspectos 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 del Biobío son ejemplos de cómo estos conflictos pueden causar incertidumbres significativas.

En relación a conflictos asociados al recurso hídrico, se presenta el caso de la Central Hidroeléctrica Angostura 2008, su construcción se proyectó en el río Biobío, afectando territorios de comunidades mapuche-pehuenche. A pesar de las numerosas observaciones ciudadanas y denuncias por la falta de una consulta indígena adecuada, el proyecto fue aprobado en 2009. La construcción generó rechazo por sus posibles impactos en el ecosistema y el turismo local. En 2011, un tribunal anuló algunos derechos de agua otorgados a la empresa Colbún, pero la construcción continuó, y en 2013 se inició el llenado del embalse. La central entró en operación en 2014, lo que desencadenó nuevas protestas de las comunidades, e incluso, la Coordinadora Arauco-Malleco (CAM) reivindicó atentados contra la infraestructura del proyecto en señal de rechazo (INDH, 2020).

El conflicto sigue activo, debido a las tensiones con las comunidades pehuenche, que denuncian la degradación ambiental, la pérdida de sitios culturales y los impactos en su entorno. La central ha sido señalada por afectar la biodiversidad y los modos de vida locales. Aunque el gobierno ha intentado mediar entre las partes y la empresa ha

establecido protocolos para gestionar el embalse, las comunidades han mantenido su oposición y han recurrido a instancias internacionales para denunciar el incumplimiento del Convenio 169 de la OIT, que exige la consulta previa a los pueblos indígenas (Radio Biobío, 2022).

Otro conflicto, tiene que ver con la disminución de los niveles de agua en la Laguna del Laja, la cual ha afectado a los regantes y al turismo local. La población responsabiliza a Endesa por un uso excesivo del recurso para sus centrales hidroeléctricas, generando tensiones por un convenio de 1958 que regula el uso del agua. Intentos de mediación no lograron acuerdos y la sequía prolongada ha exacerbado la situación, con la laguna en un nivel críticamente bajo. A pesar de nuevos convenios, el conflicto continúa por el manejo del recurso y su impacto en la región (INDH, 2020).

Por último, se presenta el conflicto por la Central Termoeléctrica Pirquenes, el cual se originó en 2011 cuando se proyectó una planta a carbón de 50 MW cerca de poblados como El Pinar y Laraquete. La comunidad y la Municipalidad de Arauco rechazaron el proyecto debido a posibles daños ambientales y a la salud. La planta fue aprobada sin un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), lo que motivó recursos judiciales que exigían dicha evaluación. En 2016, el proyecto fue rechazado por la Comisión de Evaluación debido a irregularidades y cambios en el uso de suelo, lo que prohibió la instalación de termoeléctricas en la zona (INDH, 2020).

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 guió 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 11.05.

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 11.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

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

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	N° inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	47	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	43	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	13	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	54	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	22	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	3	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	7	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	1	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	22	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	21	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	15	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	19	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	7	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	11	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	51	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	29	-	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	9	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	8	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	24	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	42	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

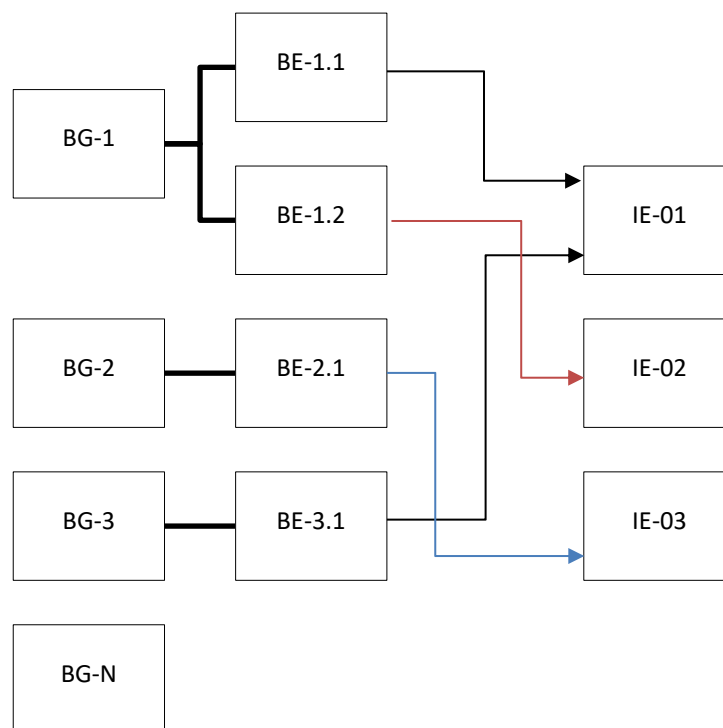
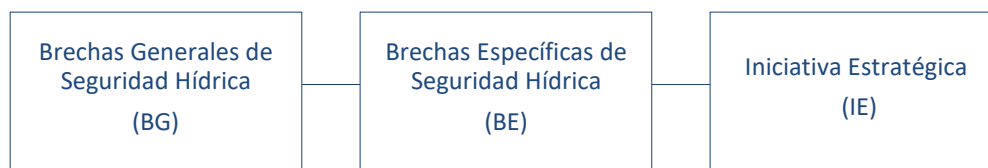
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 11.07 se presenta 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 (BIO), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

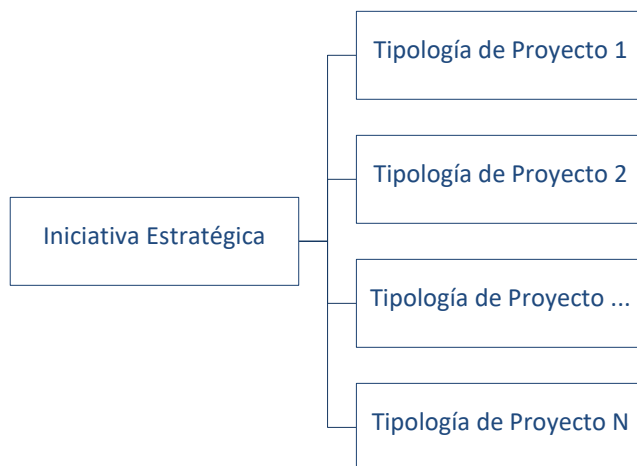
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

Iniciativas Estratégicas	Código Iniciativa Estratégica
Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	BIO-INI-EST-01
Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego, con énfasis en fortalecimiento agrícola	BIO-INI-EST-02
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas	BIO-INI-EST-03
Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza	BIO-INI-EST-04
Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, con énfasis en cambios del patrón hidrológico	BIO-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 del Biobío las Tipologías de proyectos son los presentados en la Tabla 5.2-1.

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

BIO-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
BIO-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
BIO-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
BIO-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
BIO-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 preinversiones 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.

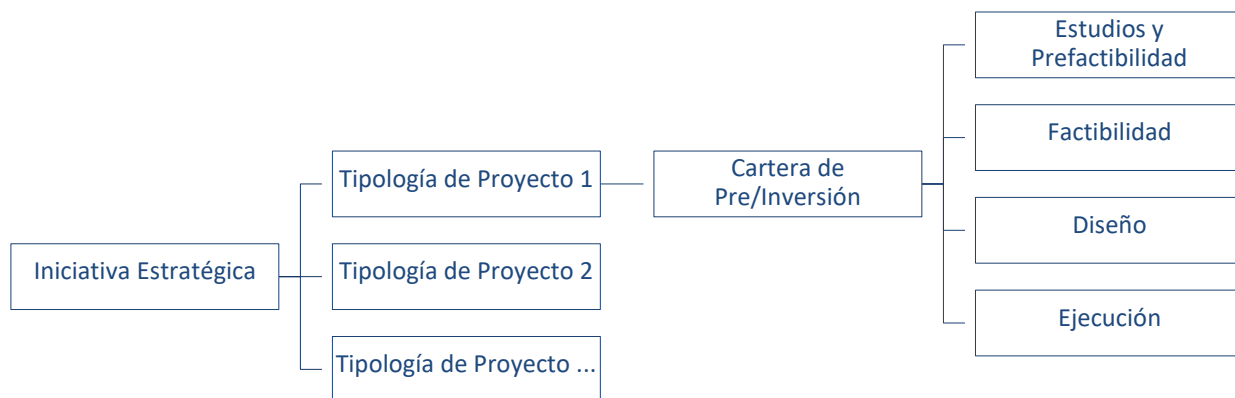


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

Para la conformación de la cartera, se contó 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 (BIO), “IE” el numero correlativo de la Iniciativa estratégica, “TP” la tipología de proyecto a la que pertenece y NN un número de correlativo.

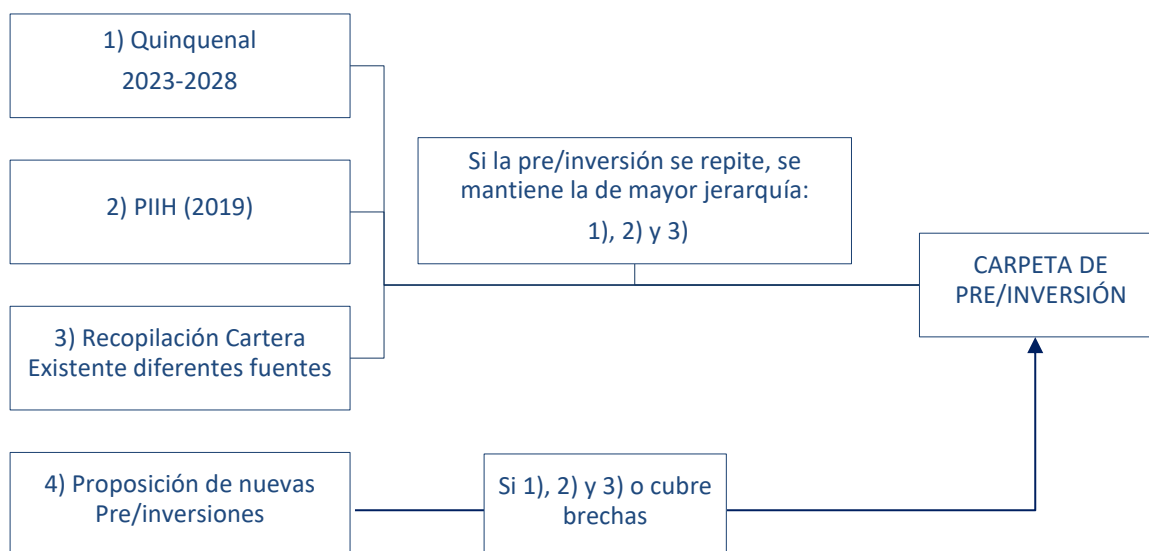


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

Se consideraron los siguientes criterios para determinar las brechas en cada una de las tipologías de proyecto. Los documentos utilizados para la determinación de las inversiones se presentan en el Anexo 11.07.

Tabla 5.3-1 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-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 el 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 11.07.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-2 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-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.
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.

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
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 realizado en el numeral 4.1.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-3 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar BIO-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 Fluviométricas 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 11.07). 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 Fluviométrica. 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 11.07
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 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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 11.07.
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 BIO-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 BIO-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 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
18	ES-2-15				Construcción Planta de Tratamiento, Cuenca	Ejecución	400.000	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
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 Riego.	Diagnóstico de Recursos Hídricos y Demanda de Riego	Ejecución-Prefactibilidad	380.000	no
38	ES-3-01				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Factibilidad	210.000	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
39	ES-3-03			de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	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
63	NE-3-02	4	4-1	Conservación y restauración de	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos	Ejecución	150.000	si

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
				riberas, cauces y humedales	ambientales, económicos y sociales en el territorio			
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				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				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
87	ES-5-01	5	5-3	Diseño, Construcción y Conservación de	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización, Ciudad de	Ejecución-Prefactibilidad	350.000	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
88	ES-5-02			Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias	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. La planilla con el detalle de la cartera de inversiones de cada Iniciativa Estratégica se presenta en el Anexo 11.07.

Tabla 5.5-1 Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas

IE	N° de Inversiones	Costo de Inversiones no Priorizada (M\$)
BIO-INI-EST-01	157	356.001.082
BIO-INI-EST-02	94	262.300.638
BIO-INI-EST-03	108	33.330.279
BIO-INI-EST-04	38	80.726.800
BIO-INI-EST-05	74	104.547.165
TOTAL	471	836.905.965

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 11.07.

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	Incendencia
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 11.07.

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	Incidencia	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 [12]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [10]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Media Baja [5]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Baja [4]: Iniciativas vinculadas a Saneamiento [D1 - AS] Baja [4]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2]	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 [12]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media Alta [10]: 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] Media Baja [5]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Baja [4]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Saneamiento Y Reúso [D1-AS] Baja [4]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2]	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 Bio Bio, este equivale a \$8.000.000 (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 \$27.000.000 (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:

Estudio y/o prefactibilidad

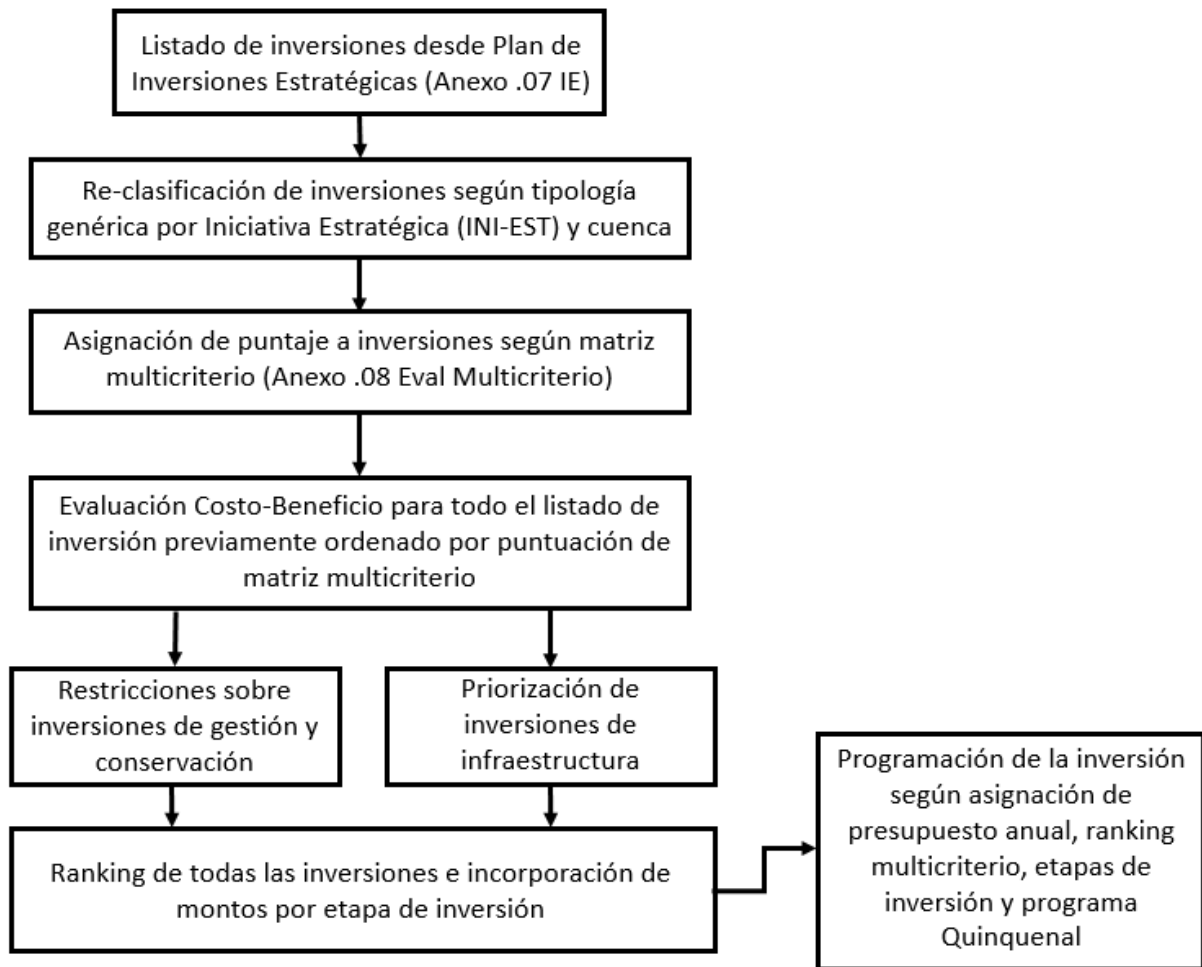
Factibilidad

Diseño

Ejecución

En el caso de las conservaciones, solo se considera la etapa de ejecución.

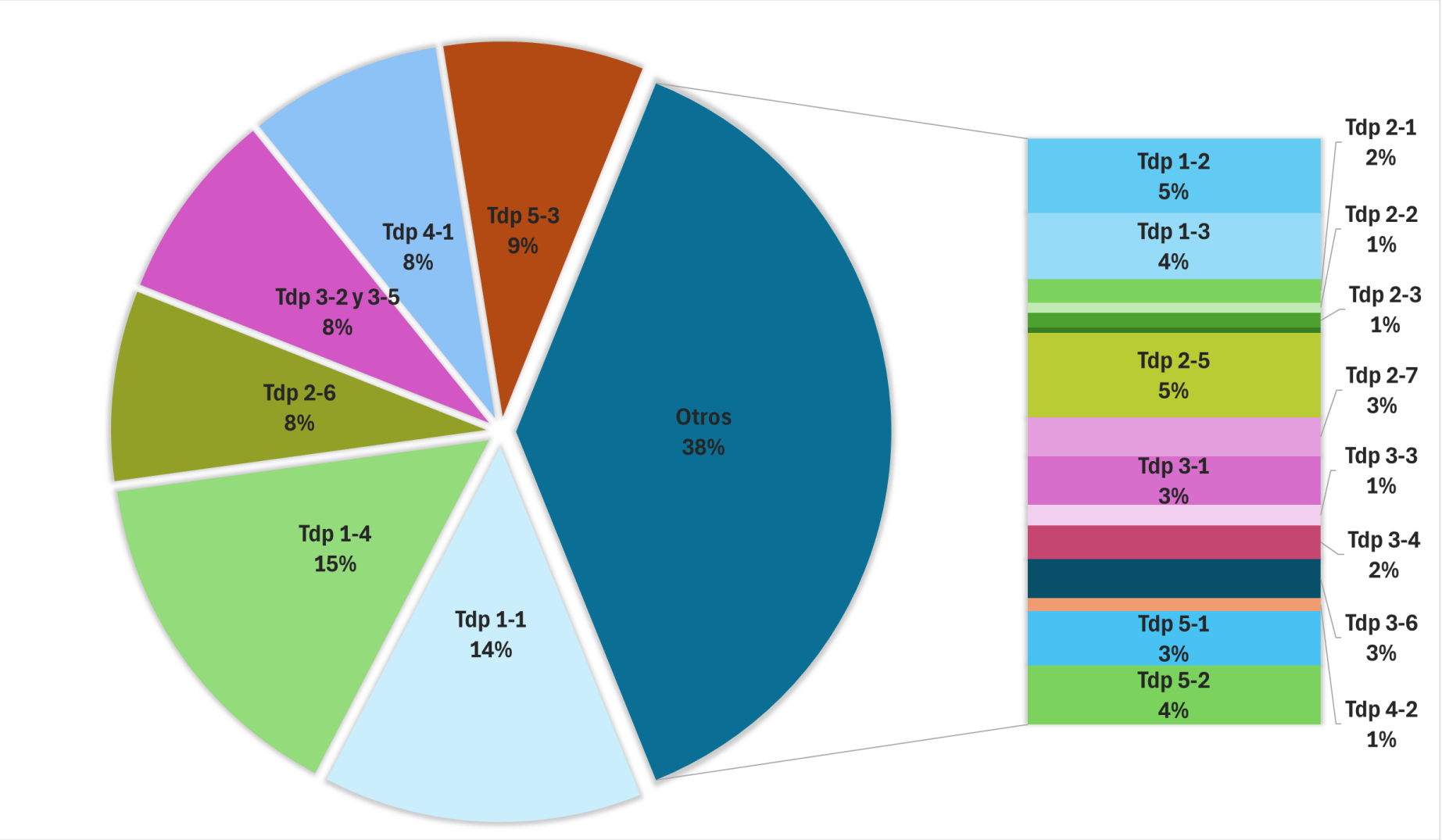
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

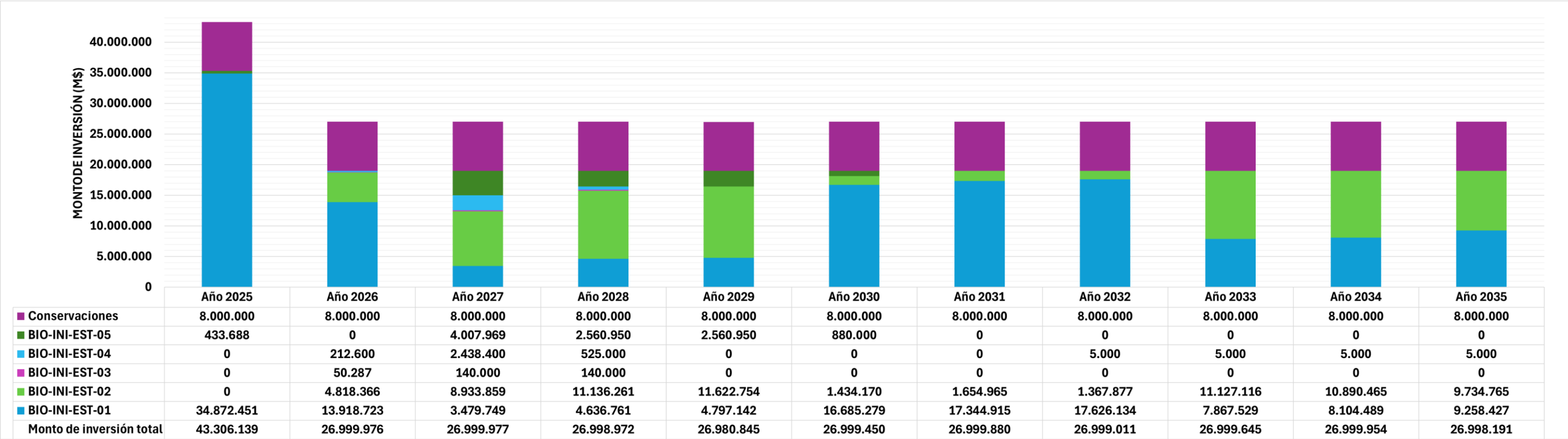
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones 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 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
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

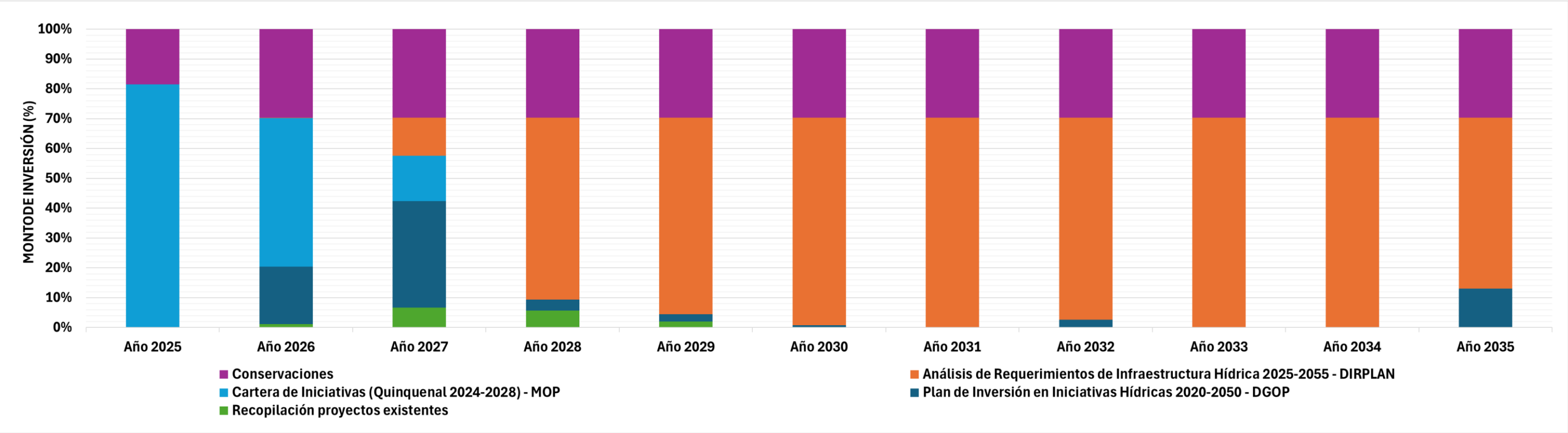
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región del Biobío



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, con énfasis en fortalecimiento agrícola
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, con énfasis en cambios del patrón hidrológico

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-4 Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región del Biobío

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 del Biobío enfrenta un complejo escenario en términos de gestión hídrica, caracterizado por una creciente demanda de agua debido al aumento poblacional y los cambios en los patrones climáticos. Se estima que la población alcanzará los 1.710.192 habitantes para el año 2035, con un notable aumento en las áreas urbanas y rurales. Entre las cuencas más demandantes de agua se encuentran la cuenca del río Biobío (BNA 083) y las cuencas Costeras e Islas entre el río Itata y el río Biobío (BNA 082), que concentran tanto la mayor población como la mayor actividad industrial y comercial, lo que genera una fuerte presión sobre los recursos hídricos.

En cuanto a la infraestructura hídrica, las zonas urbanas como Concepción, Talcahuano y Chiguayante son las que presentan mayor cobertura en cuanto a agua potable y saneamiento, pero aún existen brechas significativas en zonas rurales. En la provincia de Biobío, por ejemplo, solo el 80,89% de las viviendas están conectadas a la red de agua potable, lo que está por debajo del promedio regional de 91,05%. Este déficit de infraestructura hídrica en áreas rurales afecta principalmente a comunas como Santa Juana, Cabrero y Los Álamos, que necesitan urgentemente mejorar la cobertura de agua potable y el acceso a sistemas de alcantarillado.

Además de la distribución de agua, la eficiencia en el uso de este recurso es un aspecto crucial para garantizar su disponibilidad a largo plazo. En el sector agrícola, que es uno de los mayores consumidores de agua, se proyecta un aumento del 83% en la demanda hídrica para riego entre 2023 y 2055. Las cuencas como la del río Biobío (BNA 083) y la cuenca del río Itata (BNA 081) serán claves en este aspecto, pues concentran grandes áreas agrícolas. Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua para riego es un desafío, especialmente en zonas de secano y en sistemas de riego tradicionales. Es necesario impulsar el uso de tecnologías de riego más eficientes, como el riego por goteo, y fomentar la adopción de prácticas agrícolas que optimicen el consumo de agua. Esto resulta aún más relevante dado el escenario de escasez hídrica que se proyecta debido al cambio climático, con una reducción esperada del caudal en las cuencas de hasta un 14,4% para el 2055.

En cuanto al consumo humano, la eficiencia también es crucial. En las áreas urbanas, donde se concentra la mayor parte de la población, el consumo de agua potable por persona ha mostrado un aumento promedio del 3,9 m³/mes, lo que implica una mayor presión sobre las fuentes de abastecimiento como la cuenca del río Biobío y la cuenca Costeras e Islas entre el río Itata y el río Biobío. En zonas rurales, donde las tasas de cobertura de agua

potable son más bajas, la demanda también está en aumento debido al crecimiento de la población, especialmente en las cuencas del río Biobío y las costeras de Lebu y Paicaví (BNA 087 y 089), áreas donde el acceso a agua potable aún depende en gran medida de sistemas de agua potable rural (APR). Aquí, el desafío es mejorar la cobertura y la calidad del servicio, además de fortalecer la eficiencia en la gestión del agua para consumo humano, lo cual también requiere mejorar la infraestructura de saneamiento, especialmente en áreas como Santa Juana y Hualqui.

El cambio climático también juega un rol importante en este panorama, ya que altera los patrones de precipitación y afecta la disponibilidad de agua. Se prevé que eventos extremos como sequías e inundaciones se intensifiquen, afectando tanto el acceso al agua para consumo humano como las actividades productivas. Las cuencas como la del río Biobío (BNA 083) y las costeras de Lebu-Paicaví (BNA 088) ya enfrentan restricciones de uso por agotamiento y escasez, y se espera que estas restricciones se incrementen a medida que los eventos climáticos extremos se vuelvan más frecuentes.

Para abordar estos desafíos, es esencial promover un enfoque integral que considere tanto la infraestructura necesaria para asegurar el acceso al agua y el saneamiento, como las prácticas de gestión eficiente del agua en todos los sectores. Además, es urgente fortalecer la colaboración entre actores públicos y privados y mejorar la gobernanza hídrica a nivel regional para garantizar que la creciente demanda de agua se gestione de manera sostenible y equitativa.

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 gestión de los recursos hídricos en la Región del Biobío está altamente condicionada por el cambio climático y la creciente demanda de agua, especialmente en sectores productivos y residenciales. La disminución proyectada de los caudales, junto con un aumento de la demanda agrícola y urbana, crea una presión significativa sobre las fuentes hídricas, especialmente en cuencas como el río Biobío (BNA 083) y el río Itata (BNA 081). Esto exige una adaptación de infraestructuras y la implementación de estrategias eficientes en el uso del agua, como la modernización del riego y el tratamiento de aguas residuales.
- **Vulnerabilidad ante eventos extremos, como sequías e inundaciones:** proyectados a aumentar debido al cambio climático. Estos eventos no solo afectan la cantidad de

agua disponible, sino también su calidad, lo que representa un desafío significativo para la gestión hídrica. Las cuencas del río Biobío (BNA 083) y otras zonas de la región ya experimentan restricciones debido a la escasez, y se espera que las sequías se intensifiquen, mientras que las inundaciones podrían afectar las infraestructuras de distribución y tratamiento de agua. Por lo tanto, la infraestructura hídrica debe adaptarse para mitigar estos riesgos y garantizar el suministro en situaciones extremas.

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” [BIO-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en fortalecimiento agrícola” [BIO-INI-EST-02].
- “Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, con énfasis en cambios del patrón hidrológico” [BIO-INI-EST-05].

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 Arica y Parinacota 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 estancamiento crítico en la región del Biobío representa un fenómeno multifactorial donde la brecha de seguridad hídrica se amplifica de manera progresiva debido a la confluencia de factores demográficos, climáticos y socioeconómicos. El crecimiento poblacional en provincias como Concepción, Arauco y Biobío, el cambio climático y el uso intensivo de los recursos hídricos para actividades industriales en Talcahuano y Lota, además de la agricultura en las cuencas del río Biobío (BNA 083), Itata (BNA 081) y Carampangue (BNA 085), han incrementado exponencialmente la presión sobre un sistema hídrico cuya capacidad de renovación es limitada. La sobreexplotación de las fuentes hídricas ha generado un deterioro en la calidad del recurso, comprometiendo su disponibilidad y afectando de manera desproporcionada a las zonas rurales con sistemas de Agua Potable Rural (APR), particularmente en comunas como Curanilahue y Nacimiento.

El cambio climático ha introducido variaciones significativas en el régimen de precipitaciones, contribuyendo a una reducción sostenida de los caudales de los ríos y una mayor incidencia de sequías prolongadas. En la cuenca del Biobío (BNA 083), esta dinámica ha llevado a una reducción en la recarga de acuíferos y un incremento en la evaporación, limitando el acceso al recurso hídrico y acentuando las vulnerabilidades estructurales del sistema de abastecimiento. En Concepción y Los Ángeles, la eficiencia en la distribución de agua potable urbana ha caído debido a pérdidas por infraestructura obsoleta, mientras que en zonas rurales la disponibilidad de agua para APR es cada vez más limitada debido a la reducción de fuentes superficiales confiables.

El sector agrícola en la cuenca del Itata (BNA 081) enfrenta un deterioro en su capacidad productiva debido a la insuficiencia hídrica. La reducción en la disponibilidad de agua ha generado una caída en los rendimientos de los cultivos en la provincia de Ñuble y un aumento en los costos operacionales, particularmente en el riego de frutales en las

comunas de Chillán y San Carlos. Aunque existen tecnologías avanzadas de riego, la eficiencia promedio de aplicación del agua en el riego tecnificado en la región es de apenas un 63%, con valores inferiores al 50% en predios con sistemas de riego por gravedad en la provincia de Biobío. La sobreexplotación de los acuíferos en la cuenca del Carampangue (BNA 085) ha generado descensos críticos en los niveles freáticos, incrementando la competencia por el acceso al agua y elevando las tensiones entre distintos actores productivos.

El sector energético también ha experimentado efectos adversos derivados de la disminución de la disponibilidad hídrica. La generación hidroeléctrica, un componente clave de la matriz energética regional, ha visto reducida su capacidad operativa en centrales como Ralco y Pangue, ubicadas en la cuenca del Biobío. Esto ha obligado a recurrir a fuentes alternativas de energía con un mayor impacto ambiental, como las centrales termoeléctricas de Coronel. Este fenómeno no solo ha elevado los costos de producción de energía, sino que también ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero. El acceso al agua potable y al saneamiento en las zonas urbanas y rurales se ha convertido en un problema de creciente gravedad. En comunas como Tomé y Lota, la infraestructura de saneamiento presenta deficiencias críticas, con sistemas de alcantarillado insuficientes para la demanda poblacional. La falta de inversión en redes de alcantarillado en sectores periurbanos ha llevado a que un alto porcentaje de la población dependa de soluciones individuales, aumentando la contaminación de los cuerpos de agua. En zonas rurales, la carencia de infraestructura adecuada ha incrementado el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua contaminada, con altos índices de patologías gastrointestinales en comunas como Tirúa y Curanilahue.

Los ecosistemas hídricos han experimentado un deterioro significativo debido a la sobreexplotación y la falta de protección efectiva. La pérdida de biodiversidad en humedales como el de Rocuant-Andalién y la Laguna Laja ha reducido la capacidad de estos ecosistemas para actuar como reguladores naturales del recurso hídrico, exacerbando la vulnerabilidad de la región ante eventos climáticos extremos.

Para enfrentar este escenario, es imperativo implementar estrategias de mitigación y adaptación con un enfoque integral. La modernización de la infraestructura hídrica, incluyendo la construcción de embalses en la cuenca del Biobío y la mejora en la eficiencia de las redes de distribución de agua potable en ciudades como Concepción y Chillán, debe ser una prioridad. La promoción de tecnologías de reutilización del agua y desalinización en comunas costeras como Lebu permitiría diversificar las fuentes de abastecimiento y reducir la presión sobre los sistemas actuales.

El reconocimiento de los derechos de agua ancestrales de comunidades indígenas en Alto Biobío y la incorporación de sus prácticas de gestión sustentable sería un paso fundamental hacia una distribución equitativa del recurso. Asimismo, es necesario mejorar la fiscalización para prevenir la extracción ilegal y la contaminación de fuentes hídricas en cuencas como la del Itata y el Carampangue. La implementación de una plataforma integrada de información que proporcione datos en tiempo real sobre la disponibilidad y calidad del agua facilitaría una gestión más efectiva y basada en evidencia.

El desarrollo de una cultura de uso eficiente del agua es otro elemento clave en la estrategia de mitigación. La capacitación de comunidades rurales en técnicas de gestión del recurso hídrico mejoraría su resiliencia ante la crisis. En este contexto, la colaboración entre el gobierno, el sector privado y la sociedad civil se vuelve esencial para garantizar una solución efectiva y duradera a los desafíos que enfrenta la región del Biobío en materia hídrica.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La Región del Biobío enfrenta una crisis hídrica multifactorial, resultado de la confluencia de variabilidad climática, sobreexplotación de recursos, deficiencias en la infraestructura de abastecimiento y saneamiento, y conflictos en la gestión del recurso hídrico. La disparidad en la distribución y acceso al agua entre zonas urbanas y rurales, junto con la presión ejercida por sectores productivos estratégicos como la agroindustria, la manufactura y la generación hidroeléctrica, ha exacerbado la competencia por el recurso, particularmente en cuencas con alta densidad poblacional y actividad económica, como la del río Biobío (BNA 083) y la del río Itata (BNA 081). Este escenario de seguridad hídrica desafiante exige un enfoque de gobernanza integrada, con soluciones basadas en la eficiencia del uso del agua, la diversificación de fuentes y la resiliencia frente a los impactos del cambio climático.

El sistema de abastecimiento de agua potable en la región presenta diferencias sustanciales entre las áreas urbanas y rurales. En la provincia de Concepción, ciudades como Concepción, Talcahuano y San Pedro de la Paz poseen una cobertura de agua potable que supera el 95%, con pérdidas en la distribución que varían entre un 10% y un 20%, debido a la modernización de la infraestructura operada por concesionarias como ESSBIO. Sin embargo, en localidades semiurbanas y rurales de las provincias de Arauco y Biobío, la provisión de agua potable es gestionada mayoritariamente por sistemas de Agua Potable Rural (APR), los cuales presentan deficiencias estructurales significativas. En comunas como Alto Biobío, Santa Bárbara, Tirúa y Cañete, las pérdidas en la distribución pueden superar el 50%, debido a redes obsoletas y falta de mantenimiento, lo que compromete la continuidad y calidad del servicio. En algunas de estas localidades, la dependencia de camiones aljibe como fuente de abastecimiento temporal ha generado incertidumbre sobre la sostenibilidad del suministro y elevados costos operacionales.

El saneamiento y el tratamiento de aguas servidas son igualmente críticos para la seguridad hídrica en la región. En el Gran Concepción, la cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales alcanza el 90%, con plantas de tratamiento que operan bajo estándares adecuados. Sin embargo, en sectores rurales y semiurbanos de las provincias de Biobío y Arauco, aproximadamente el 28% de la población carece de acceso a sistemas formales de saneamiento, dependiendo de pozos sépticos o descargas directas a cuerpos de agua. La ausencia de infraestructura de tratamiento en estas zonas ha contribuido a la contaminación de cursos de agua superficiales, como el río Carampangue (BNA 085) y las cuencas costeras entre Lebu y Paicaví (BNA 088), donde se ha registrado un incremento en la concentración de nutrientes y materia orgánica en el agua.

La eficiencia del uso del agua varía considerablemente según el sector económico y la ubicación geográfica. En el ámbito agrícola, el riego representa el mayor consumo de agua en la región, con una eficiencia de aplicación promedio de apenas un 44% en la provincia de Biobío, donde predominan cultivos de cereales y forrajes irrigados mediante sistemas gravitacionales de baja eficiencia. En contraste, en el valle del Itata, donde se han desarrollado plantaciones de frutales y viñedos, la eficiencia de riego puede alcanzar el 69%, debido a la adopción de tecnologías como el riego por goteo y la fertirrigación. Sin embargo, a pesar de esta mejora, la sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del Itata ha generado una disminución en los niveles freáticos, lo que evidencia la necesidad de avanzar en modelos de gestión hídrica que consideren la disponibilidad efectiva del recurso y la planificación territorial.

El sector industrial también ejerce una presión significativa sobre los recursos hídricos, especialmente en la provincia de Concepción, donde se localizan los principales polos de manufactura y actividad portuaria. La demanda de agua en este sector ha aumentado progresivamente, con proyecciones de un incremento del 186% hacia 2055. Si bien algunas industrias han implementado circuitos cerrados de reutilización de agua en procesos productivos, el sector en su conjunto sigue dependiendo en gran medida del agua superficial y subterránea. En este sentido, la exploración de fuentes alternativas, como la reutilización de aguas residuales tratadas y la desalación en sectores costeros, emerge como una estrategia fundamental para reducir la competencia por el recurso entre los sectores industrial, agrícola y urbano.

El cambio climático ha intensificado la crisis hídrica en la región, con reducciones en la oferta hídrica superficial y una mayor variabilidad en la recarga de acuíferos. Las proyecciones indican una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas del Biobío, con reducciones que oscilan entre un 7% y un 14%. En la cuenca del río Biobío, que es fundamental para la generación hidroeléctrica y el abastecimiento de ciudades como Los Ángeles y Nacimiento, se prevé una reducción del caudal medio anual

de 847 m³/s a 794 m³/s en las próximas décadas. En la cuenca del río Carampangue, la disminución del caudal ha incrementado la concentración de contaminantes y reducido la capacidad de dilución de descargas industriales y domésticas, afectando la calidad del agua y generando riesgos sanitarios en comunidades ribereñas.

La degradación de los ecosistemas hídricos es otro factor determinante en la crisis hídrica del Biobío. La conversión de bosques nativos en plantaciones forestales ha alterado los ciclos hidrológicos, disminuyendo la capacidad de retención de agua y aumentando la erosión del suelo. En la provincia de Arauco, la reducción de la cobertura boscosa ha impactado negativamente en la regulación hídrica de microcuencas que abastecen a comunidades rurales, exacerbando los problemas de escasez. Paralelamente, la sobreexplotación de acuíferos en zonas agrícolas ha generado descensos en los niveles de agua subterránea, comprometiendo la sustentabilidad de los sistemas de abastecimiento que dependen de pozos profundos.

Para enfrentar estos desafíos, la región ha implementado estrategias de adaptación y mitigación que buscan mejorar la eficiencia del uso del agua, diversificar las fuentes de abastecimiento y fortalecer la resiliencia climática. En términos de abastecimiento de agua potable, se han desarrollado proyectos de modernización de los sistemas APR en comunas como Alto Biobío y Tirúa, con el objetivo de reducir las pérdidas en la distribución y mejorar la continuidad del suministro. También se han promovido inversiones en infraestructura para la captación de aguas lluvias en sectores de secano y la implementación de sistemas de tratamiento descentralizado para mejorar la calidad del agua en comunidades rurales.

En el ámbito agrícola, se han fomentado programas de tecnificación del riego y reconversión productiva hacia cultivos menos demandantes de agua, con incentivos para la adopción de sistemas de riego presurizados y la implementación de modelos de gestión basados en balances hídricos y pronósticos climáticos. En el sector industrial, se han impulsado iniciativas para la reutilización de aguas residuales tratadas y la incorporación de tecnologías de eficiencia hídrica en procesos productivos, aunque su adopción sigue siendo limitada por barreras económicas y regulatorias.

En términos de gobernanza, se ha avanzado en la creación de plataformas de monitoreo y control del recurso hídrico, con redes de sensores y estaciones hidrometeorológicas que permiten obtener información en tiempo real sobre la disponibilidad y calidad del agua. No obstante, persisten desafíos en la articulación entre actores públicos y privados, así como en la implementación de mecanismos efectivos de regulación y fiscalización del uso del agua.

El futuro hídrico del Biobío dependerá de la capacidad de sus instituciones y comunidades para adoptar modelos de gestión sostenibles que equilibren la demanda de los distintos sectores con la conservación de los ecosistemas y la equidad en el acceso al recurso. La modernización de la infraestructura, la diversificación de fuentes de abastecimiento y la implementación de políticas de eficiencia y reducción de pérdidas serán determinantes para garantizar la seguridad hídrica de la región en las próximas décadas.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La gestión de los recursos hídricos en la región del Biobío enfrenta serios desafíos derivados de la creciente presión sobre la oferta disponible y la limitada capacidad de respuesta a crisis hídricas. Aunque actualmente se mantiene un relativo equilibrio entre la oferta y la demanda de agua, la ausencia de modernización en infraestructura hídrica y los vacíos en la gobernanza del recurso han dificultado la adaptación a escenarios climáticos cambiantes y a las necesidades emergentes de una población en crecimiento. La falta de inversión sostenida, combinada con barreras políticas e institucionales, ha retrasado la implementación de tecnologías innovadoras y esquemas de administración integrados que podrían garantizar la seguridad hídrica a largo plazo.

Diversos planes estratégicos han sido diseñados con el propósito de mejorar la gestión hídrica en la región, incluyendo los Planes de Riego y los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs), los cuales buscan articular la acción de distintos actores en la administración del recurso. No obstante, la materialización de estas iniciativas enfrenta severas limitaciones debido a la escasez de financiamiento y la fragmentación institucional. La infraestructura de riego, aunque extensa, presenta altos niveles de obsolescencia, especialmente en las cuencas del río Biobío (BNA 083) y del río Itata (BNA 081), donde la eficiencia de riego está por debajo del 60%, lo que genera pérdidas significativas y una presión desproporcionada sobre las fuentes hídricas existentes.

Los Planes de Acción Regional de Cambio Climático han identificado vulnerabilidades estructurales en la gestión del agua. Se proyecta una disminución de entre el 7% y el 14% en la oferta hídrica de las principales cuencas, lo que podría traducirse en una reducción en la disponibilidad de agua potable en centros urbanos como Concepción, Talcahuano y Los Ángeles, así como en una menor disponibilidad de agua para riego en zonas rurales de las provincias de Biobío y Arauco. Esta problemática podría verse agravada por eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas e inundaciones, que podrían comprometer la resiliencia hídrica de la región. La insuficiente red de monitoreo dificulta la generación de datos en tiempo real para la planificación y respuesta ante contingencias hídricas.

El acceso al agua potable es particularmente problemático en comunidades rurales, especialmente en la provincia de Arauco, donde entre el 33% y el 49% de las viviendas

carecen de conexión a la red de abastecimiento, lo que obliga a un elevado porcentaje de la población a depender de camiones aljibe. En la provincia de Biobío, comunas como Santa Bárbara y Tucapel presentan los mayores déficits en infraestructura de Agua Potable Rural (APR). En lo que respecta al saneamiento, un 28% de la población rural carece de acceso a sistemas de alcantarillado, situación que afecta especialmente a las comunas de Arauco y Curanilahue, lo que expone a la población a riesgos sanitarios y ambientales significativos.

La creciente presión sobre los recursos hídricos también se refleja en el sector productivo. Se estima que la demanda de agua para riego aumentará en un 83% para el año 2055, lo que podría exacerbar los conflictos por el acceso al agua entre los sectores agrícola, industrial y urbano. La industria manufacturera, concentrada en el Gran Concepción, proyecta un crecimiento del 186% en su demanda de agua, lo que presenta un desafío importante en cuanto a la regulación y gestión sostenible del recurso. La eficiencia del riego sigue siendo un problema estructural, con niveles inferiores al 65% en zonas de secano de las comunas de Mulchén y Los Álamos, lo que contribuye a la creciente presión sobre los recursos hídricos.

Desde una perspectiva ambiental, el deterioro de los ecosistemas hídricos representa un riesgo crítico. La desaparición progresiva de humedales en la cuenca del río Carampangue (BNA 085) y la degradación de la calidad del agua en la cuenca del río Andalién (BNA 084) han reducido drásticamente la capacidad natural de filtración y retención del agua. La falta de regulaciones eficaces sobre la calidad del agua ha propiciado una acumulación de contaminantes, incluyendo agroquímicos y residuos industriales, en áreas rurales de Laja y Nacimiento. La degradación de los ecosistemas acuáticos impacta negativamente tanto en la biodiversidad como en la calidad del agua potable destinada al consumo humano.

Para abordar estos desafíos, es imperativo implementar estrategias que fortalezcan la seguridad hídrica en la región. La modernización de los sistemas de APR debe ser prioritaria, asegurando que las comunidades rurales cuenten con un suministro estable y de calidad. La reducción de pérdidas en la red de distribución, actualmente en un 35,3%, es una medida esencial para optimizar la eficiencia del recurso, especialmente en sectores urbanos de Chillán y Concepción.

Es fundamental avanzar en la diversificación de fuentes hídricas. La implementación de plantas desalinizadoras en la provincia de Arauco y el fomento de la cosecha de aguas lluvias en el secano interior pueden contribuir significativamente a reducir la dependencia de fuentes convencionales. Asimismo, es crucial promover la reutilización de aguas servidas tratadas en el sector industrial y agrícola para aliviar la presión sobre las fuentes hídricas naturales.

Abordar los desafíos hídricos de la región del Biobío requiere una acción coordinada entre los sectores público, privado y la sociedad civil. La implementación de soluciones innovadoras, respaldadas por un marco regulador fortalecido, facilitará la transición hacia un modelo de gestión hídrica que sea equitativo, eficiente y sostenible a largo plazo.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

La gestión de los recursos hídricos en la Región del Biobío ha evolucionado hacia un modelo que garantiza la seguridad hídrica mediante un enfoque integrado, territorialmente diferenciado y basado en evidencia científica. A través de una combinación de inversión en infraestructura, políticas de gobernanza innovadoras y estrategias de adaptación al cambio climático, se ha consolidado un sistema hídrico resiliente que responde a las necesidades del consumo humano, el desarrollo productivo y la conservación ambiental. Este modelo de desarrollo sostenible ha permitido mitigar las brechas históricas en el acceso y la eficiencia del uso del agua, asegurando su disponibilidad en un contexto de cambio climático progresivo y creciente presión demográfica.

En las principales áreas urbanas de la región, particularmente en el Gran Concepción (Concepción, Talcahuano, San Pedro de la Paz, Hualpén, Chiguayante y Penco), la modernización de la infraestructura de distribución de agua potable ha permitido reducir las pérdidas por filtraciones, que históricamente superaban el 35% en ciudades como Lebu y Quilaco, a valores inferiores al 15%. Esto se ha logrado mediante la instalación de sensores de presión, sistemas de telemetría y modelación predictiva del consumo. Además, el saneamiento en estas comunas ha alcanzado una cobertura del 98%, garantizando la depuración efectiva de aguas residuales y la minimización del impacto ambiental de los vertimientos.

En zonas rurales, la situación ha presentado un desafío particular, especialmente en comunas como Alto Biobío, Santa Bárbara, Quilaco y Tirúa, donde la cobertura de Agua Potable Rural (APR) se encontraba históricamente rezagada. La expansión de los sistemas de APR ha permitido que el 98% de las viviendas rurales en las cuencas del Río Biobío (BNA 083), Río Lebu (BNA 087) y Costeras Carampangue-Lebu (BNA 086) accedan a agua potable de calidad. Este avance ha sido posible mediante la implementación de nuevos pozos profundos, el aprovechamiento estratégico de acuíferos y la optimización de la captación en ríos con caudales regulados.

El saneamiento en el sector rural ha sido abordado con un enfoque descentralizado. En localidades como Contulmo y Cañete, donde la conectividad a redes de alcantarillado convencionales era limitada, se han implementado sistemas de tratamiento de aguas residuales autónomos, tales como biodigestores y humedales artificiales. Esto ha reducido

la contaminación difusa en cuerpos de agua superficiales y ha mejorado la calidad sanitaria de los suelos, promoviendo un entorno más saludable para las comunidades.

El sector agrícola, responsable de la mayor demanda hídrica en la región, ha experimentado un cambio paradigmático en sus prácticas de riego. En la cuenca del Río Biobío (BNA 083), donde se concentra el 92% de la infraestructura de canales de riego, la eficiencia de aplicación ha pasado del 44% en 2023 a un 75% en 2055. Este avance ha sido impulsado por la adopción de tecnologías de riego de precisión, la implementación de telemetría en la distribución y el uso de inteligencia artificial para la programación del riego según la demanda real de los cultivos.

En la cuenca del Río Itata (BNA 081), la modernización de los sistemas de riego gravitacionales ha permitido una reducción significativa de las pérdidas por infiltración y evaporación. Esto se ha logrado a través del revestimiento de canales, la construcción de embalses intraprediales y la tecnificación del riego en cultivos estratégicos, como los frutales en Quillón, Coelemu y Ránquil. En paralelo, la reconversión productiva ha permitido la sustitución progresiva de cultivos de alta demanda hídrica por especies adaptadas a condiciones de menor disponibilidad de agua.

El sector industrial, concentrado en las cuencas Costeras e Islas entre Ríos Biobío y Carampangue (BNA 084), ha adoptado un modelo de eficiencia hídrica mediante la recirculación y el tratamiento avanzado de aguas industriales. Empresas manufactureras en Talcahuano y San Pedro de la Paz han logrado una reducción del 40% en su consumo de agua, optimizando sus procesos mediante el uso de tecnologías de reutilización y tratamiento terciario. Esta transformación ha sido clave para mitigar el impacto ambiental del sector, reduciendo la carga de contaminantes vertidos en cuerpos de agua estratégicos.

El cambio climático ha sido un factor determinante en la redefinición de la gestión hídrica en la región. La proyección de una reducción del 14% en la disponibilidad hídrica ha motivado la implementación de estrategias de adaptación robustas, con especial énfasis en la gestión de caudales y la protección de ecosistemas estratégicos.

En la cuenca del Río Laja, la rehabilitación del embalse Lago Laja ha permitido estabilizar su capacidad de almacenamiento en torno a los 5.500 hm³. A través de un programa de recarga de acuíferos y una regulación más eficiente del caudal, se ha logrado asegurar un suministro continuo para la generación hidroeléctrica, el riego y el abastecimiento urbano en las comunas de Antuco y Los Ángeles.

Los humedales costeros y ribereños han sido objeto de iniciativas de conservación intensivas. En San Pedro de la Paz, el Humedal Los Batros ha sido restaurado mediante la implementación de caudales ecológicos y programas de reforestación en su zona de influencia. Asimismo, la recuperación del sistema de humedales del Río Carampangue ha contribuido a la estabilización de los flujos hidrológicos y a la mejora de la calidad del agua en la desembocadura.

El monitoreo climático ha sido reforzado mediante una red de estaciones de medición en glaciares y nieves en la Cordillera de los Andes, particularmente en la cuenca alta del Río Biobío. Este sistema ha permitido generar modelos predictivos de disponibilidad hídrica, facilitando la toma de decisiones basada en datos y reduciendo la vulnerabilidad del sistema hídrico ante eventos extremos.

El reconocimiento de los derechos de agua de las comunidades indígenas pehuenches en la cuenca alta del Río Biobío ha sido un hito en la gobernanza hídrica de la región. A través de la compatibilización del modelo chileno de gestión del agua con el uso consuetudinario de estas comunidades, se ha logrado establecer acuerdos que garantizan su acceso equitativo al recurso, asegurando su participación activa en la planificación y gestión de cuencas.

Las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) han sido fortalecidas con la incorporación de tecnologías de control y monitoreo. En los sistemas de riego de Los Ángeles, Negrete y Nacimiento, las asociaciones de canalistas han implementado herramientas de gestión digital para la distribución del agua, reduciendo conflictos y optimizando su uso en función de la oferta y la demanda.

A nivel regional, se han instaurado mesas de trabajo intersectoriales que integran a representantes del sector público, privado y comunidades locales en la toma de decisiones en materia de seguridad hídrica. Este enfoque ha permitido el desarrollo de políticas públicas más adaptadas a las realidades territoriales, garantizando una gobernanza más eficiente y equitativa del recurso hídrico.

El escenario de desarrollo sostenible y resiliente en la Región del Biobío representa un modelo de referencia para la gestión del agua en contextos de alta demanda y variabilidad climática. Mediante la integración de infraestructura estratégica, tecnologías avanzadas y un enfoque territorial diferenciado, la región ha logrado consolidar un sistema hídrico que equilibra la eficiencia en el uso del recurso, la equidad en su acceso y la sostenibilidad ambiental 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 del Biobío se articula principalmente en la cuenca hidrográfica Río Biobío (BNA 083). La demanda hídrica se concentra en las cuencas Río Biobío (BNA 083), Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 084) y Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío (BNA 082), listadas en orden decreciente en función del consumo regional. 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 de generación eléctrica, mientras que se proyecta un aumento del 77% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola⁶ ⁷, su baja eficiencia de riego, estimada en un 63% promedio regional, y el aumento de la demanda industrial⁸. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Río Biobío (BNA 083), Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (084) y Río Itata (BNA 081).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, con descensos del 11% en promedio. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que las cuencas Río Itata (BNA 081), Río Biobío (BNA 083) y Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 084) presentan estrés hídrico. Este estrés hídrico se debe a que la demanda no supera la oferta disponible con un 85% de probabilidad de excedencia, junto con restricciones en al menos una de sus fuentes, situación que podría comprometer su capacidad de provisión y resiliencia ante los efectos del cambio climático. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región⁹, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta considerables presiones. En las zonas urbanas, si bien la cobertura alcanza un 92,6%,

⁶ Asociado a un aumento del 83% de la demanda hídrica de superficies de viñas, parronales, praderas mejoradas y el grupo que incluye cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales y forrajeras anuales, debido principalmente a la expansión de superficie de estos cultivos y al incremento de las tasas de evapotranspiración de los cultivos.

⁷ Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021)

⁸ Asociado al desarrollo y crecimiento del sector manufacturero.

⁹ Entendidos como las brechas o problemáticas relacionadas indirectamente a la disponibilidad de agua, las cuales dificultan el cumplimiento de los objetivos de SH.

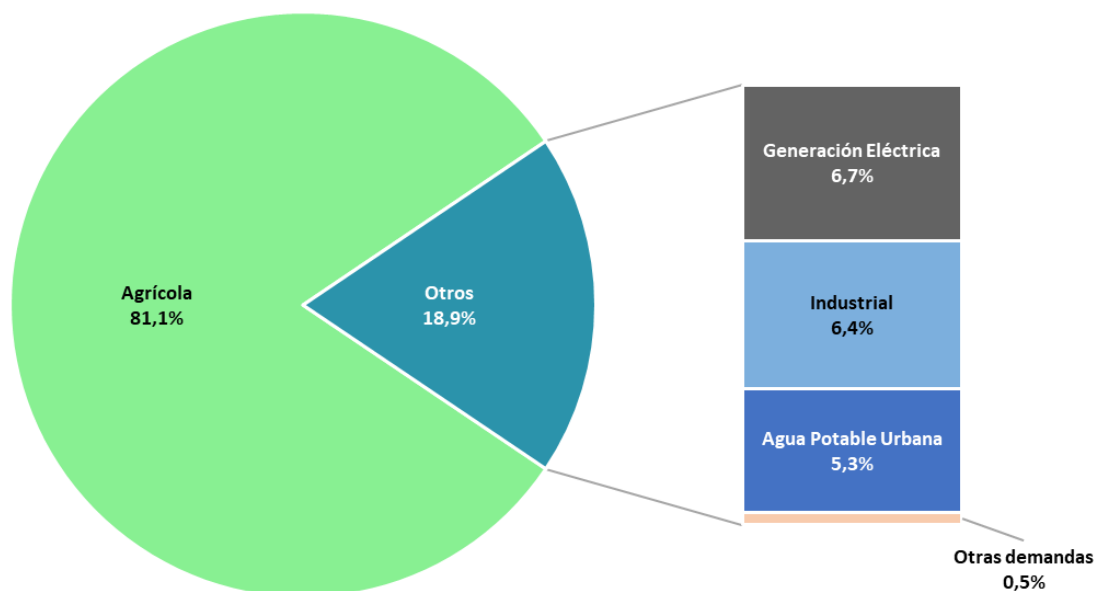
las pérdidas de los sistemas de distribución promedian¹⁰ un 31%, situación particularmente crítica para las cuencas Costeras R. Carampangue – R. Lebu (BNA 086) y Río Lebu (BNA 087) que presentan pérdidas mayores al 40%, visualizándose incertidumbre en la garantía de la cobertura de agua potable urbana. En las áreas rurales, entre el 33% y 49% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que la falta de información afecta hasta el 34% de las viviendas rurales, situación que limita el desarrollo de estrategias integrales. Por otra parte, el 28% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado, con brechas de información que alcanzan un 50%. La región enfrenta desafíos en la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua. Las eficiencias de riego oscilan entre el 44% y 69%, con valores inferiores al 59% en las cuencas Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío (BNA 082), Río Biobío (BNA 083), Costeras R. Lebu – R. Paicaví (BNA 088) y Costeras e Islas entre R. Paicaví – Límite Región (BNA 089). Dado el impacto en la agricultura de secano costera, es clave promover medidas que optimicen el uso del recurso hídrico. Se observan grandes presiones en la cuenca Río Biobío (BNA 083). Concentra el 92% de la red de canales de la región, presenta deficiencia en sus sistemas de riego e infraestructuras hidráulicas, y se proyectan aumentos en la demanda hídrica para la cuenca, lo que dificulta la productividad y sostenibilidad agrícola e industrial de la región. Se observan limitaciones en torno a las OUAs¹¹, solo se registran JV o CAS para la cuenca Río Biobío (BNA 083). La región enfrenta limitaciones significativas en la diversificación de la matriz hídrica. El almacenamiento promedio de los principales embalses de la región alcanza un 51% de su capacidad, en conjunto con la disminución de la oferta hídrica superficial para todas las cuencas, evidencian la importancia de diversificar las fuentes de abastecimiento. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos y proyecciones para uso de fuentes no convencionales en las cuencas Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío (BNA 082), Río Biobío (BNA 083), Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (084), Río Carampangue (BNA 085) y Costeras R. Lebu – R. Paicaví (BNA 088).

La calidad del agua representa un problema crítico para todas las cuencas de la región, debido a altos niveles de contaminación por descargas de aguas servidas y riesgos de contaminación por relaves por la prominente actividad minera. Además, se observa un bajo nivel de monitoreo en todas las cuencas de la región, con excepción de Río Itata (BNA 081) y Río Biobío (BNA 083). La mayoría de las cuencas presentan una baja protección ecosistémica. En particular, la cuenca del Río Carampangue (BNA 085) muestra una protección de humedales que oscila entre el 5% y el 25%, mientras que el resto de las cuencas no superan el 5% de protección de sus superficies de humedales, evidenciando la necesidad urgente de implementar medidas de conservación más efectivas. Las cuencas Río Itata (BNA 081), Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío (BNA 082), Río Biobío (BNA 083), Costeras e Islas entre

¹⁰ Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.

¹¹ OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua, JV: Juntas de Vigilancia, CAS: Comunidades de Aguas Subterráneas.

R. Biobío – R. Carampangue (084) y Río Carampangue (BNA 085), presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones, con sistemas de defensa fluvial que resultan insuficientes y baja efectividad de los sistemas de drenaje de aguas lluvias, lo que agrava los impactos ante eventos de crecidas. Todas las cuencas exhiben una alta vulnerabilidad a eventos de deslizamiento de tierra debido a la inexistente infraestructura de defensa aluvional.



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 Biobío

Código o BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹²	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹³
			Superficiales	Subterráneas	
081	Río Itata	Con recursos	Sí	No	Estrés hídrico
082	Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío	Con recursos	No	No	Con recursos
083	Río Biobío	Con recursos	Sí	No	Estrés hídrico
084	Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
085	Río Carampangue	Con recursos	No	No	Con recursos
086	Costeras R. Carampangue – R. Lebu	Con recursos	No	No	Con recursos
087	Río Lebu	Con recursos	No	No	Con recursos
088	Costeras R. Lebu – R. Paicaví	Con recursos	No	No	Con recursos
089	Costeras e Islas entre R. Paicaví - Límite Región	Con recursos	No	No	Con recursos

Fuente: Elaboración propia.

¹² 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.

¹³ 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.

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

En la región del Biobío se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas Costeras e Islas entre R. Itata – R. Biobío (BNA 082), Río Biobío (BNA 083), Río Carampangue (BNA 085), Costeras R. Carampangue – R. Lebu (BNA 086) y Río Lebu (BNA 087). 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 Itata (BNA 081) y Río Biobío (BNA 083). 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.

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, promoviendo soluciones sostenibles.

En la región del Bio-Bío, actores como el Gobierno Regional, SMA, INFOR, SEA, SISS, CNR, INDAP, SEREMI MINAGRI, SEREMI Energía, CONAF, CONADI, OUs¹⁴, comunidades indígenas, empresas generadoras de electricidad, empresas forestales y servicios sanitarios 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.

¹⁴ SMA: Superintendencia del Medio Ambiente; INFOR: Instituto Forestal; SEA: Servicio de Evaluación Ambiental; SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios; CNR: Comisión Nacional de Riego; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; SEREMI MINAGRI: Secretaría Regional Ministerial de Agricultura; SEREMI Energía: Secretaría Regional Ministerial del Ministerio de Energía; CONAF: Corporación Nacional Forestal; CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena, OUs: Organizaciones de Usuarios de Aguas.

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 del Biobío, la estrategia se centra en desarrollar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico, con énfasis en el consumo humano, respetando los derechos de aguas ancestrales y fomentando un uso responsable del recurso en las actividades productivas. Busca impulsar un desarrollo sostenible a partir de infraestructura resiliente y soluciones innovadoras que promuevan la adaptación al cambio climático, la reducción de los riesgos socionaturales, la protección de los ecosistemas y el desarrollo productivo sostenible de la región.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la región se encuentra en una situación de crisis hídrica amplificada. El crecimiento poblacional ha intensificado la presión sobre los recursos hídricos, especialmente en provincias como Concepción, Arauco y Biobío. El deficiente y obsoleto estado de los sistemas de distribución de agua potable ha ocasionado altos porcentajes de pérdida y reducciones en la disponibilidad de recursos hídricos para APR. La deficiencia en la infraestructura de saneamiento y la falta de inversión en los sistemas de alcantarillado, ha derivado en una alta dependencia de soluciones locales no sostenibles en el tiempo y en una alta contaminación de los cuerpos de agua, incrementando los riesgos de salud pública. La sobreexplotación de las fuentes ha generado un deterioro en la calidad del agua, comprometiendo su disponibilidad, afectando gravemente a los APR, especialmente en comunas como Curanilahue y Nacimiento. Las variaciones significativas en el régimen de precipitaciones han reducido los caudales de los ríos, provocando una limitación en la capacidad de renovación del sistema hídrico. En la cuenca Biobío (BNA 083), esta dinámica ha llevado a una reducción en la recarga de acuíferos, limitando el acceso al recurso en la cuenca. Por otra parte, la reducción en la disponibilidad de las fuentes de agua y los sistemas de riego ineficientes, han provocado una disminución del rendimiento y la productividad agrícola, especialmente en la provincia de Ñuble. También ha derivado en aumentos en los costos operacionales del sector. La presión sobre los recursos ha generado descensos críticos en los niveles freáticos, incrementando la competencia por el acceso al agua y elevando conflictos entre distintos sectores productivos. Debido a la disminución de la disponibilidad hídrica, el sector energético ha experimentado reducciones en su capacidad operativa, lo que ha provocado aumentos en los costos de producción y en las emisiones de gases de efecto invernadero. La alta presión y la falta de protección efectiva de

los ecosistemas hídrico, ha derivado en un deterioro significativo de su capacidad para regular el recurso hídrico, exacerbando la vulnerabilidad de la región ante eventos climáticos extremos. En un escenario de *Desafío Gestionable*, los desafíos de seguridad hídrica se incrementan como resultado del crecimiento poblacional, deficiencias en la infraestructura de abastecimiento y saneamiento, el uso intensivo y sobreexplotación de los recursos hídricos, y los efectos del cambio climático. La capacidad de respuesta de la región permite implementar medidas de adaptación y mitigación, que logran evitar una crisis mayor, sin embargo, se requiere de un enfoque de gobernanza integrada que logre dar soluciones integrales a los desafíos de la región. En un escenario de *Capacidad Limitada*, el estado de seguridad hídrica en la región presenta relativo equilibrio, sin incrementos sustanciales, sin embargo, las limitaciones estructurales significativas en la gestión hídrica, como la ausencia de modernización en infraestructura y vacíos en la gobernanza del recurso, dificultan la adaptación a escenarios climáticos cambiantes y a las necesidades emergentes de una población en crecimiento. Si esta capacidad de respuesta se mantiene y los desafíos no son abordados con una visión de largo plazo, la región puede entrar en un estado de crisis hídrica grave. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, la gestión de los recursos hídricos ha evolucionado hacia un modelo que garantiza la seguridad hídrica mediante un enfoque integrado, territorialmente diferenciado y basado en ciencias y tecnologías. La gestión consolida un sistema hídrico resiliente a través de inversiones en infraestructura, políticas de gobernanza innovadoras y estrategias de adaptación al cambio climático. Este modelo de desarrollo sostenible ha permitido mitigar las brechas históricas en el acceso y la eficiencia del uso del agua, asegurando su disponibilidad en un contexto de cambio climático progresivo y de creciente presión demográfica.

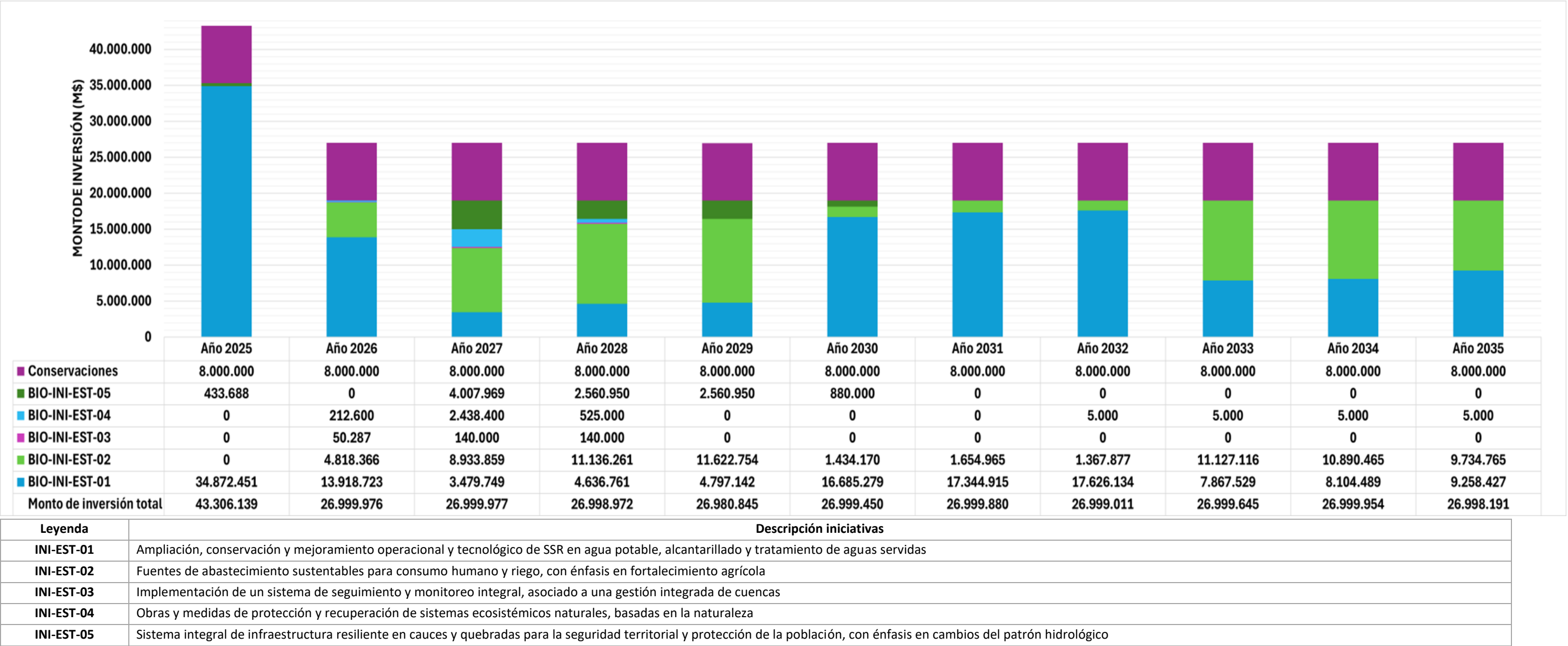
8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

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.



Fuente: Elaboración propia.
* Las inversiones se encuentran miles (M\$).

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 “Sistema Integral de Infraestructura Resiliente en Cauces y Quebradas para la Seguridad Territorial y Protección de la Población, con Énfasis en Cambios del Patrón Hidrológico” tiene por objetivo minimizar los riesgos asociados eventos hidrometeorológicos extremos. 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\$ 111.552.500 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 53.000 personas, lo cual permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable. La inversión se encuentra principalmente distribuidas en las cuencas Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083), Río Biobío (BNA 082) y Costeras e Islas entre R. Paicaví – Límite Región (BNA 088).

M\$ 13.080.900 de inversión en Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas, equivalente a 4 km de protección de riberas y 4 estudios de Diagnóstico de Comportamiento Aluvial, asignados a las cuencas Costeras R. Lebu – R. Paicaví (BNA 087), Costeras R. Carampangue – R. Lebu (BNA 085) y Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083).

M\$ 23.723.500 de inversión para Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición y Restauración de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas, equivalente a 15 km de protección de riberas frente a riesgos fluviales y 2 estudios de Diagnostico del Comportamiento Fluvial. La inversión se encuentra asignada a las cuencas Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083), Costeras R. Lebu – R. Paicaví (BNA 087), Costeras R. Carampangue – R. Lebu (BNA 085), Río Biobío (BNA 082), y a inversiones con enfoque regional.

M\$ 59.195.700 de inversión para Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, equivalente a la construcción de 12 km de Colectores de Aguas Lluvias, la construcción de 8 km de Canales de Aguas Lluvias y al desarrollo de 9 Planes Maestro de Aguas Lluvias. La inversión está mayoritariamente asignada a la cuenca Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083), seguida en prioridad por la cuenca Río Biobío (BNA 082) y la cuenca Río Carampangue (BNA 084).

M\$ 24.778.300 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Hidrométricas, donde más del 85% del monto total está destinado a estaciones para

el monitoreo de calidad de agua distribuido, principalmente, en la cuenca Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083).

M\$ 79.066.800 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Medidas de Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces, equivalente 20 km de Construcción de Áreas Verdes de Flora Nativa, 32 km de Mejoramiento de Riberas y/o Orillas Naturales, y la construcción de 8 Obras de Regulación e Infiltración. La inversión se encuentra principalmente asignada a las cuencas Costeras e Islas entre R. Biobío – R. Carampangue (BNA 083) y Costeras R. Lebu – R. Paicaví (BNA 087).

M\$ 1.660.000 de inversión en Estudios de Regulación Hídrica y Gestión de Suelos, equivalente a 2 estudios de Erosión y Arrastre de Sedimentos, 3 Estudios de Definición de Franjas de Restricción, 1 Estudio de Reforestación en zonas con Riesgo de Erosión y 8 estudios de Manejo de Normas Ambientales e Hídricas, Reservas de agua, Planes y Políticas. Más del 90% de la inversión se concentra en iniciativas regionales.

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 y la promoción de la gobernanza hídrica, reduciendo los conflictos socioambientales e incrementado la resiliencia de la región. Estas acciones, respaldadas por inversión en datos actualizados y participación multisectorial, robustecen la adaptabilidad frente a incertidumbres climáticas y presiones demográficas.

CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA

- ACADES. (2023). *Primer Catastro de Proyectos y Plantas Desalinizadoras de Agua de Mar*.
Aguas San Pedro. (2023). *Planes de Desarrollo*. Obtenido de https://www.aguassanpedro.cl/planes_desarrollo/
- BC. (2022). *Cuentas Nacionales*. 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
- BCN. (2023). *Clima y vegetación Región del Bio Bío*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region8/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región del Biobío*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region8/hidrografia.htm>
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Conseciones 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>
- CNR. (2017). Diagnóstico para desarrollar plan de riego en cuenca del Biobío.
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- COCHILCO. (2022). *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales*. Santiago.
- DCPRH. (2019). *Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de las regiones de Ñuble y Biobío*. Santiago: DGA.
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/>
- 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. (2019). *Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas de las Regiones de Ñuble y Biobío*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/sad/CQA5840.pdf>
- DGA. (2019a). *DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LAS REGIONES DE ÑUBLE Y DEL BIO BIO*. Santiago.
- DGA. (2020). *Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/asuperficiales/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2020). *Embalses - Inventarios*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>
- DGA. (2020). *Plan Estratégicos de Gestión Hidrica*.
- DGA. (2021). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2021). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Biobío*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/125626>
- 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 cuenca del Río Lebu, Río Carampangue y Carampangue - Lebu*.
- DGA. (2022). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuencas costeras e islas entre el Río Itata y Río Biobío*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126321>
- 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. (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). *Decretos declaración zona de escasez vigentes*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/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>
- DGA. (Abril de 2024). *Dirección General de Aguas*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/paginas/default.aspx>

- DGOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- Diario Concepción. (19 de 04 de 2022). *Diario Concepción*. Obtenido de Biobío será la primera región que tendrá un completo mapa de aguas subterráneas: <https://www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2022/04/19/biobio-sera-la-primera-region-que-tendra-un-completo-mapa-de-aguas-subterraneas.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. (2024). *Estudio básico: Análisis integral Plan Director de Infraestructura 2025-2055*. 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. (2023). *Listado de Servicios Sanitarios Rurales*. Santiago, Chile.
- EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Obtenido de <https://www.emdat.be/>
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- Essbio. (2023). *Essbio*. Obtenido de <https://www.essbio.cl/planes-desarrollo>
- ESSBIO. (2023). *Essbio*. Obtenido de <https://www.essbio.cl/planes-desarrollo>
- FIA. (2017). *Fundación para la Innovación Agraria*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/12a59beb-535c-466a-946e-ab44dae43199/content>
- Fuss, S., Canadell, J., Peters, G., Tavoni, M., Andrew, R., Ciais, P., & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nature climate change*, 850-853.
- GEF. (2022). *Diagnóstico ambiental actual y fuentes emisoras del Humedal Costero del Río Elqui, Región de Coquimbo*.
- GORE Biobío. (2015). Obtenido de https://ubiobio.cl/pgdu2020/assets/files/Estrategia_Regional_de_Desarrollo-2015-2030_Region_del_Bio_Bio.pdf
- INDAP. (2014). *Instituto de Desarrollo Agropecuario*. Obtenido de <https://www.indap.gob.cl/noticias/prodesal-indap-de-antuco-enfrenta-la-escasez-hidrica-con-exitosas-medidas>
- INDH. (2020). *Mapa de Conflictos socioambientales*. Obtenido de <https://mapaconflictos.indh.cl/#/conflicto/20651>
- INE. (1997). *Censo Nacional Agropecuario*. Santiago.
- 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). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- La Tercera. (2020). Tribunal Ambiental de Valdivia acoge parcialmente reclamación de Celco contra millonaria multa de la SMA. *La Tercera*.
- Ladera Sur. (20 de Noviembre de 2017). Patagonia Libre de represas: El fin de Hidroaysén. Chile.
- Larraín, S. (2010). *Conflictos por el Agua en Chile*.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Mardones, P. (2019). *IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ALTURA DE LA ISOTERMA 0°C SOBRE CHILE CENTRAL*. Santiago .
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas para los años 2020 - 2050*.
- MOP. (2021). Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico.
- MOP. (2021). Presentación Mesa de Infraestructura Verde Déficit Hídrico. Biobío, Chile. Obtenido de <https://gorebiobio.cl/wp-content/uploads/2021/12/8VA-SESSION-PRESENTACION-MOP.pdf>
- 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*.
- Municipalidad de Hualpén. (2022). *Municipalidad de Hualpén* . Obtenido de Municipalidad de Hualpén: <http://www.hualpenciudad.cl/planta-desaladora-comenzo-a-funcionar-en-caleta-chome-en-busca-de-solucionar-el-acceso-a-agua-potable/>
- Muñoz, E. G. (2021). *EVALUACIÓN DE ZONAS FAVORABLES PARA PROYECTOS DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN*. Concepción.
- ODEPA. (2022). *Catastros Frutícolas*. Santiago, Chile.
- OTLUDEC. (2019). *Oficina de Transferencia y Licenciamiento Universidad de Concepción*. Obtenido de <https://otluddec.udec.cl/%EF%BB%BFpunta-lavapie-ya-cuenta-con-agua-potable-gracias-a-tecnologia-creada-en-la-universidad-de-concepcion%EF%BB%BF/>
- 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).
- Radio Biobío. (17 de Marzo de 2022). Alto Bío Bío: Gobierno busca mediar en conflicto entre familias pehuenches y Enel Generación.
- Radio Santa María. (2023). SMA levanta cargos contra minera El Toqui por incumplimientos medioambientales.

- Red Panguipulli. (2024). Pese a oposición de comunidades, ingresan por tercera vez proyecto hidroeléctrico que intervendrá río Mañío.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrd.senapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- 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. (2022). *Informe de Gestión del Sector Sanitario 2022*. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22969_recurso_1.pdf
- 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). *Planes de desarrollo vigentes*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6399.html>
- SiSS. (2023). *Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- Subdere. (2023). *División Política Administrativa 2023*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/36391/Divisi%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20Administrativa%202023>
- Universidad del Biobío. (2023). *Noticias UBB*. Obtenido de <https://noticias.ubiobio.cl/2023/03/28/proyecto-fic-busca-impactar-en-comunas-del-biobio-afectadas-por-la-escasez-hidrica/>
- 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.