

**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 ARAUCANÍA

REV. 0

Preparado para:



marzo de 2025

CONTENIDO

CONTENIDO	I	
FIGURAS	IV	
TABLAS	VI	
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	10
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	11
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	14
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	14
2.1.1	Dimensión física	14
2.1.2	Clima	17
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	18
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	18
2.2.1	Agua potable urbana	19
2.2.2	Agua potable rural	21
2.2.3	Agrícola	23
2.2.4	Generación eléctrica	25
2.2.5	Minero	27
2.2.6	Industrial	27
2.2.7	Forestal	28
2.2.8	Pecuario	29
2.2.9	Acuícola	30
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	31
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	31

2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	34
2.3.1	Oferta hídrica actual	34
2.3.2	Eventos extremos	43
2.3.3	Calidad de aguas	45
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	48
3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	48
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	48
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	63
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	70
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	70
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	76
4.2.1	Brechas de Información	76
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	78
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	81
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	84
4.2.5	Brechas para la seguridad hídrica que promueva la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación	87
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	89
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	91
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	91
4.3.2	Identificación de brechas de infraestructura	101
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	104
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	104
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	106
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	107
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	113
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	117
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	117
5.6.1	Beneficios de Inversiones	117
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	122
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	126

6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	126
6.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	129
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	130
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	135
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	135
7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	136
7.1.2	Factores críticos regionales	138
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	139
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	139
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	142
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	144
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	147
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	150
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	150
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	153
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	153
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	154
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	154
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	155
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	155
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	159
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	160

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de la Araucanía.....	15
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de la Araucanía.....	16
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	18
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	20
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	20
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	25
Figura 2.2-4	Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023	32
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	33
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	34
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de la Araucanía según clasificación BNA... ..	35
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de La Araucanía, por tipología	37
Figura 2.3-3	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de La Araucanía, por tipología	41
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de La Araucanía 2017	52
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	53
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de La Araucanía	54
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2020	55
Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	55

Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de la Araucanía	58
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de la Araucanía.....	62
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 091.....	72
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de la Araucanía	73
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de la Araucanía	75
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por cuenca región de la Araucanía	90
Figura 4.3-1	Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región de la Araucanía	98
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	105
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	106
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	108
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	109
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	131
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de la Araucanía.....	132
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de la Araucanía	133
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de la Araucanía	134
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	152
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	157

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda APU actual y futura - Cuencas BNA región de La Araucanía	19
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica APR actual y futura por subcuenca BNA región de La Araucanía	21
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región de La Araucanía	22
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región de La Araucanía	23
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región de La Araucanía	23
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía	24
Tabla 2.2-7	Estimación demanda hídrica consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía.....	26
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía.....	26
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía	28
Tabla 2.2.10	Estimación demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía	29
Tabla 2.2.11	Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Araucanía	30
Tabla 2.2-12	Estimación demanda hídrica Acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía	30
Tabla 2.2.13	Caudales de Reserva para Protección Ambiental – Cuencas BNA Región Araucanía	31
Tabla 2.2-14	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Araucanía	32
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	38
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciar en periodo histórico 1985-2015.....	39
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en región.....	42
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual Y proyectada de agua subterránea en región.....	42

Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años.....	43
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de La Araucanía, periodo 1912-2017	44
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de La Araucanía, periodo 2017-2023	44
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	50
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de La Araucanía .	50
Tabla 3.1-3	Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región de la Araucanía ..	59
Tabla 3.1-4	Obras de tramo colector presentes en la región de la Araucanía	59
Tabla 3.1-5	Estaciones de monitoreo de la región de la Araucanía.....	61
Tabla 3.1-6	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	63
Tabla 3.1-7	Iniciativas según tipologías y características básicas	64
Tabla 3.1-8	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de la Araucanía	65
Tabla 3.1-9	Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región de la Araucanía	68
Tabla 3.1-10	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	68
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de la Araucanía.....	74
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de la Araucanía	79
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de la Araucanía (continuación)	80
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de la Araucanía	82
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de la Araucanía (continuación)	83
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de la Araucanía	85
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de la Araucanía (continuación)	86
Tabla 4.2-7	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por cuenca región de la Araucanía	88
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de la Araucanía	95
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de la Araucanía (continuación).....	96
Tabla 4.3-3	Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región de La Araucanía	100

Tabla 4.3-4	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de la Araucanía	103
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	106
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	107
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-INI-EST-01.	110
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-INI-EST-02.	110
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-INI-EST-03 y ARA-INI-EST-06	111
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-INI-EST-04.	112
Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-INI-EST-05.	112
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	113
Tabla 5.5-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	117
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	119
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	123
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	128
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de La Araucanía	152

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

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

1.1 INTRODUCCIÓN

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

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.

1.2.1 Visión objetivo

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

En este contexto, se define una imagen objetivo donde la región de la Araucanía sea *“[...] reconocida por su patrimonio natural y cultural, el turismo de naturaleza [...]”,* la cual *“[...] planifica en función de superar las brechas de desarrollo territorial y de pobreza multidimensional, con mejores estándares de habitabilidad y calidad de vida de las comunidades indígenas, del sector rural y en general de todos sus habitantes [...]”.*

La imagen también define que *“[...]El recurso hídrico se planifica en forma estratégica y sostenible para garantizar y asegurar la disponibilidad del agua para el consumo humano y el desarrollo de actividades productivas silvoagropecuarias, enfrentando el déficit hídrico y fortaleciendo la adaptación a los efectos del cambio climático.”* Y que gestiona eficientemente *“[...]el riesgo ante cualquier evento de desastre de carácter natural y antrópico, contribuyendo en la protección de las personas y del territorio [...]”.*

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos estratégicos regionales los cuales se han definido a partir de la revisión y análisis del Estudio de Análisis Integral Desarrollado para el Plan Director 2025-2055 (DIRPLAN, 2024), el Plan de Riego (CNR, 2017), los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs) desarrollados dentro de la región (MOP, 2021), Planes de Estrategias Regionales del Gobierno Regional de la Araucanía (GORE Araucanía, 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 12.05.02.

1.2.2 Objetivo estratégico general

Fomentar un desarrollo territorial equilibrado y sostenible en la Región de la Araucanía, mediante la mejora y expansión de la infraestructura básica, con un enfoque en el acceso equitativo a servicios de agua potable, saneamiento, y gestión hídrica resiliente al clima.

Este objetivo busca reducir las brechas sociales y económicas, priorizando a las comunidades rurales e indígenas, promoviendo prácticas productivas sostenibles, fortaleciendo los ecosistemas acuáticos y garantizando la participación activa de todos los actores en la planificación y gestión territorial. Se integrarán soluciones basadas en la naturaleza, avances tecnológicos y criterios de sostenibilidad para asegurar el bienestar socioeconómico y la protección ambiental, con una visión inclusiva que incorpore la perspectiva de género y la mitigación de riesgos climáticos.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Asegurar el acceso universal a la infraestructura básica, especialmente en comunidades marginadas. Esto incluye garantizar el derecho humano al agua mediante servicios de agua potable y saneamiento de calidad y asequibles. Se propone proporcionar infraestructura para reducir las disparidades regionales, promover la equidad y mejorar la calidad de vida con un enfoque de género. Las prioridades son apoyar a los asentamientos rurales más pequeños, mejorar el acceso a los servicios básicos y desarrollar infraestructura estratégica para el desarrollo sostenible. Se establecerán estándares mínimos para la infraestructura urbana y se promoverán proyectos de alta calidad en áreas desatendidas. El objetivo es crear un sistema de servicios de infraestructura eficiente, eficaz y resiliente en la Región de la Araucanía que aborde las brechas de desarrollo regional y pobreza. Los recursos hídricos se planificarán de manera estratégica y sostenible para garantizar la disponibilidad para el consumo humano. También se mejorará el seguimiento y la gestión de los proyectos rurales de agua y saneamiento, con la cuantificación y localización de las demandas de suministro de agua para los hogares rurales.
2. Evaluar objetivamente la capacidad para garantizar servicios básicos de infraestructura que reduzcan la vulnerabilidad a los riesgos siconaturales, reduzcan las brechas sociales y promuevan la equidad en saneamiento. Prioriza la evaluación objetiva del potencial de tratamiento y reutilización de aguas residuales para mejorar el bienestar, proteger el medio ambiente y aumentar la disponibilidad de agua. La Región de la Araucanía analizará objetivamente su sistema integrado de infraestructura para superar las brechas de desarrollo y pobreza, mejorar la habitabilidad y la calidad de vida de las comunidades indígenas y rurales. La región también evaluará objetivamente la planificación y coordinación regional para asegurar el financiamiento y la implementación de la infraestructura de saneamiento.
3. Fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos hídricos, en particular en la agricultura y la silvicultura. Adicionalmente, se propone el desarrollo de infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente al clima que aproveche soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios

ecosistémicos. La región también busca identificar oportunidades territoriales actuales y futuras para expandir la base económica de las zonas rurales a través de diversas actividades competitivas relacionadas con el agua, promoviendo el dinamismo económico local y el empleo. Los recursos hídricos se deben planificar de manera estratégica y sostenible para garantizar y asegurar la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades productivas agrícolas y forestales, realizando estudios sobre infraestructura de almacenamiento de agua dentro y fuera de los predios.

4. Aprovechar los avances tecnológicos vinculados a los recursos naturales y al capital humano para promover servicios de infraestructura especializados para sectores económicos clave. Implementar la gestión integrada del agua, invirtiendo en infraestructura para abordar la escasez y promoviendo la investigación para permitir un uso eficiente y sostenible del agua. También son objetivos las mejoras en la gestión de las comunidades indígenas y las organizaciones de usuarios del agua mediante iniciativas de formación y desarrollo de capacidades. El estudio tiene como objetivo aumentar los avances tecnológicos, con un enfoque en la modernización de la agricultura en pequeña escala, la mejora de la infraestructura de riego y la expansión del área irrigada, con el objetivo de aumentar la producción y los rendimientos hortícolas.
5. Preservar los ecosistemas, abogar por un desarrollo descentralizado y geográficamente equilibrado, con servicios de infraestructura, sistemas económicos productivos y asentamientos distribuidos de acuerdo con las diversas capacidades e idoneidades de cada territorio. Además, se integrará consideraciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y regulación del uso de suelo rural, equilibrando la conservación y gestión de los ecosistemas acuáticos con las necesidades humanas de seguridad hídrica y promoviendo prácticas de uso sostenible de la tierra para prevenir la desertificación y la erosión del suelo. Finalmente, se pretende incentivar la restauración de áreas degradadas, así como establecer metas específicas de mejora ambiental para las ciudades, incluida la eficiencia del recurso hídrico. Esto se complementará con una evaluación de los problemas ambientales y un programa de transferencia de tecnología para la remediación ambiental, así como iniciativas de incentivos económicos para medidas privadas de conservación y protección relacionadas con los recursos hídricos.
6. Implementar un sistema integral de monitoreo y gestión de recursos hídricos que optimice la red de control de calidad del agua y caudales en las cuencas. Esto incluirá la mejora y ampliación de estaciones fluviométricas y meteorológicas, junto con la digitalización y sistematización de la información para facilitar su acceso y uso en la toma de decisiones. Además, se llevarán a cabo estudios hidrogeológicos y de recarga

de acuíferos, así como el monitoreo continuo de las aguas subterráneas, fortaleciendo la administración eficiente de los recursos hídricos a través de la creación de un centro especializado en análisis y monitoreo.

7. Establecer estándares clave de infraestructura, promover infraestructura resiliente, incorporar factores socioeconómicos, salvaguardar a la población, invertir en soluciones ecológicas y asegurar la compatibilidad de la infraestructura. El enfoque se centra en la identificación de áreas vulnerables y la implementación de estrategias de prevención, adaptación y mitigación para mejorar la seguridad, la resiliencia y el desarrollo sostenible. La región gestionará eficazmente los riesgos de desastres, contribuirá a la protección y desarrollará estrategias para abordar los desafíos del cambio climático, incluida la gestión del agua. Finalmente, se implementarán programas para mejorar las áreas con problemas de drenaje e inundaciones, con apoyo municipal y regional.

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

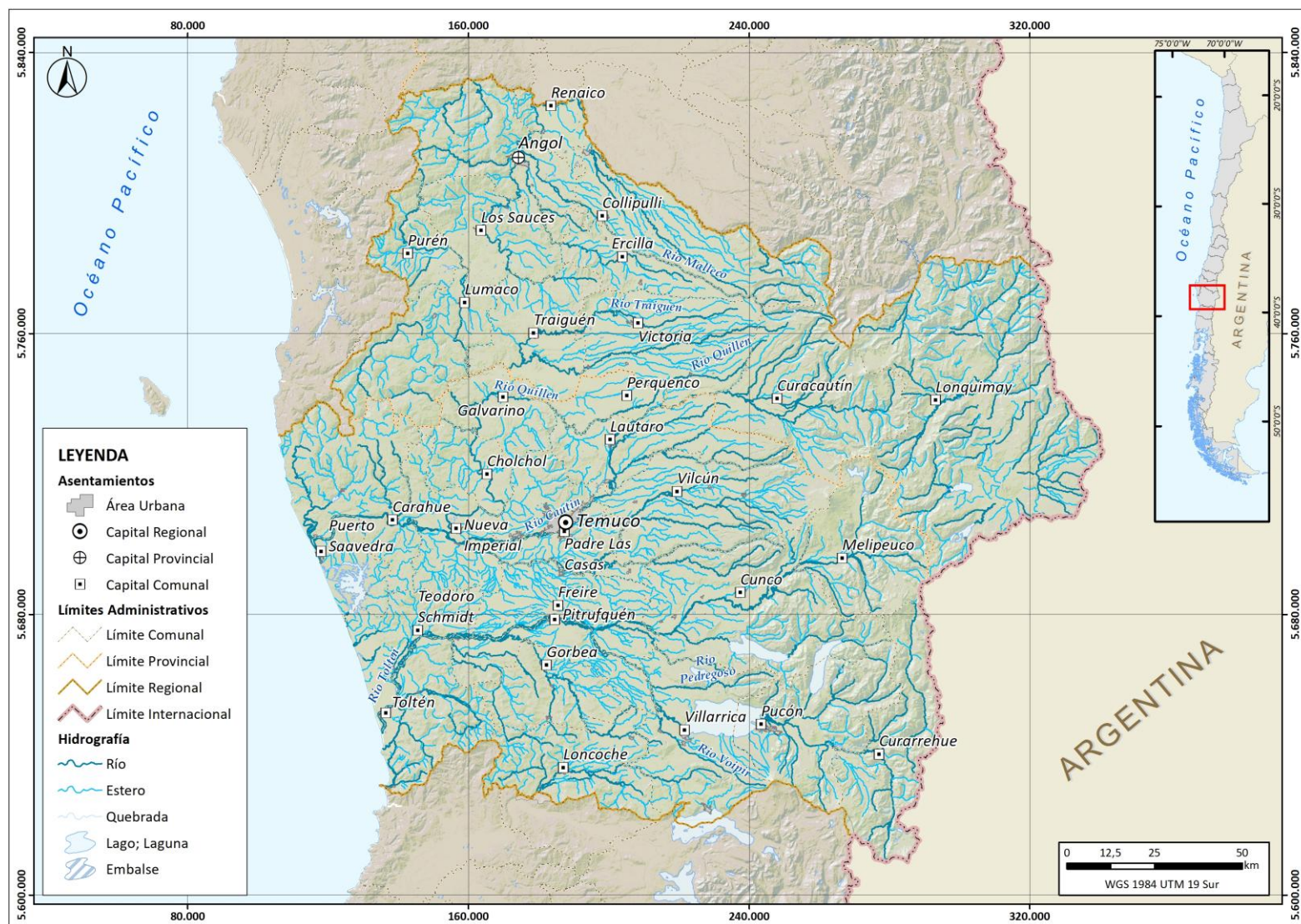
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

A continuación, se presentan las principales características de la región de la Araucanía en términos físicos, climáticos y socio-económicos. El detalle de este trabajo se presenta de en el Anexo 12.01 del presente estudio.

2.1.1 Dimensión física

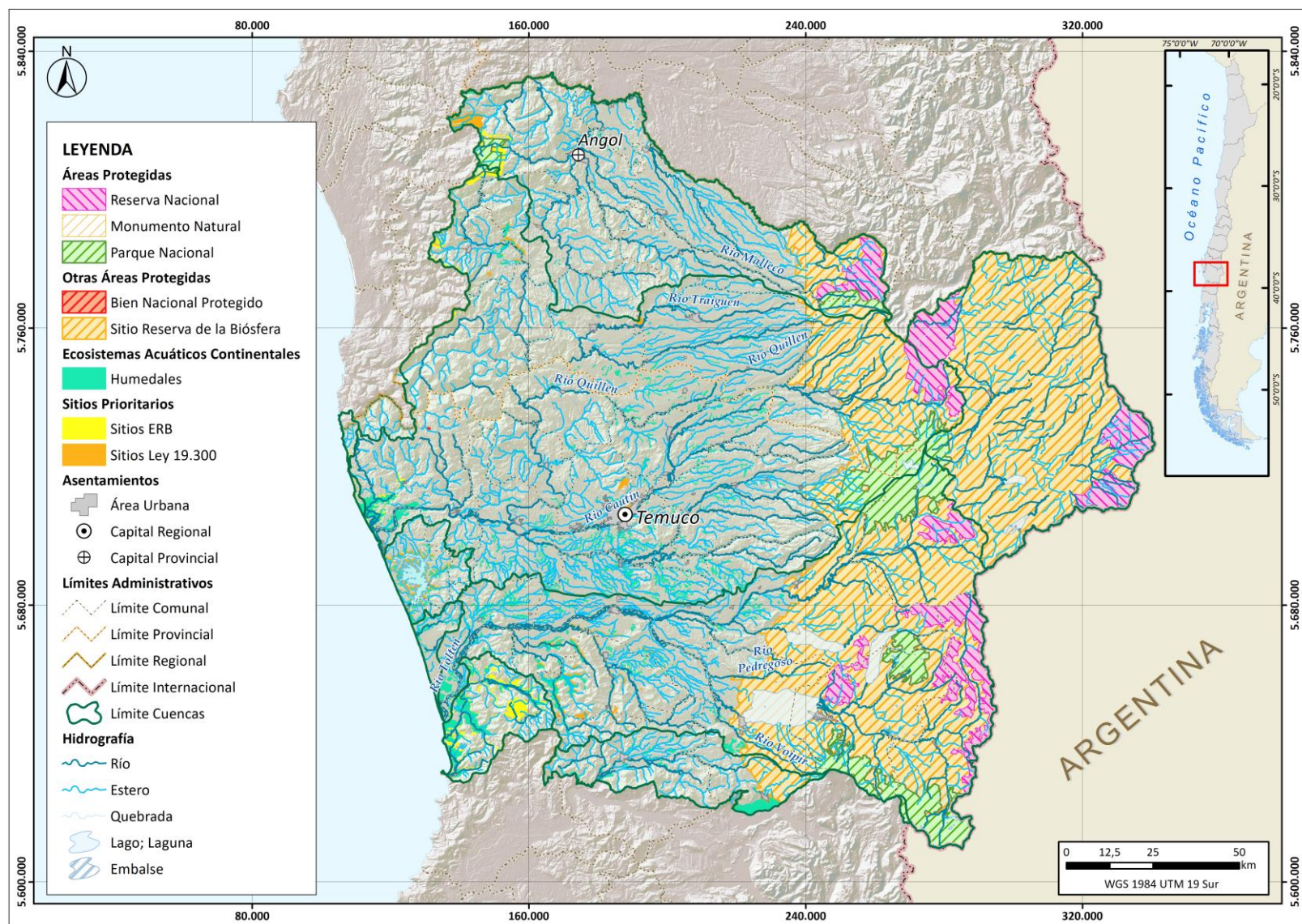
La región de La Araucanía presenta una compleja diversidad geológica que abarca desde el Devónico-Carbonífero hasta la actualidad. Entre sus características geomorfológicas se distinguen cinco unidades de relieve: planicies litorales, Cordillera de La Costa, depresión intermedia, precordillera y Cordillera de Los Andes. Destacan afloramientos como el complejo metamórfico Bahía Mansa en la Cordillera de la Costa y secuencias sedimentarias de la formación Llafquientue-Huimpil en la depresión intermedia. También se observan granitos y granodioritas como el Complejo Intrusivo Huerquehue y formaciones volcánicas como la Pilmahue, con su origen en el Oligoceno y el Pleistoceno (ARCADIS, 2016). La Figura 2.1-1 muestra la hidrografía de la región.

Finalmente, en cuanto al ámbito ambiental, se han identificado varias áreas con diferentes grados de protección de la biodiversidad en la región de La Araucanía, entre las que destacan el Parque Nacional Conguillío y la Reserva Nacional Malalcahuello-Nalcas, ambas administradas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), jugando un papel fundamental en la conservación de los ecosistemas naturales (ver Figura 2.1-2). En cuanto a la protección de humedales la región de La Araucanía presenta una situación crítica. Todas las cuencas a excepción de la cuenca Río Biobío tienen una alta criticidad, con un porcentaje de protección menor al 2%. Por su parte la cuenca Río Biobío tiene una criticidad media, con un porcentaje de protección de humedales de 14%. Estos resultados subrayan la importancia de mejorar las medidas de conservación y protección de los humedales en la región, para resguardar la capacidad natural de los ecosistemas y la provisión de los servicios ecosistémicos (ver sección 4.2.4).



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

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región de la Araucanía



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF.

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

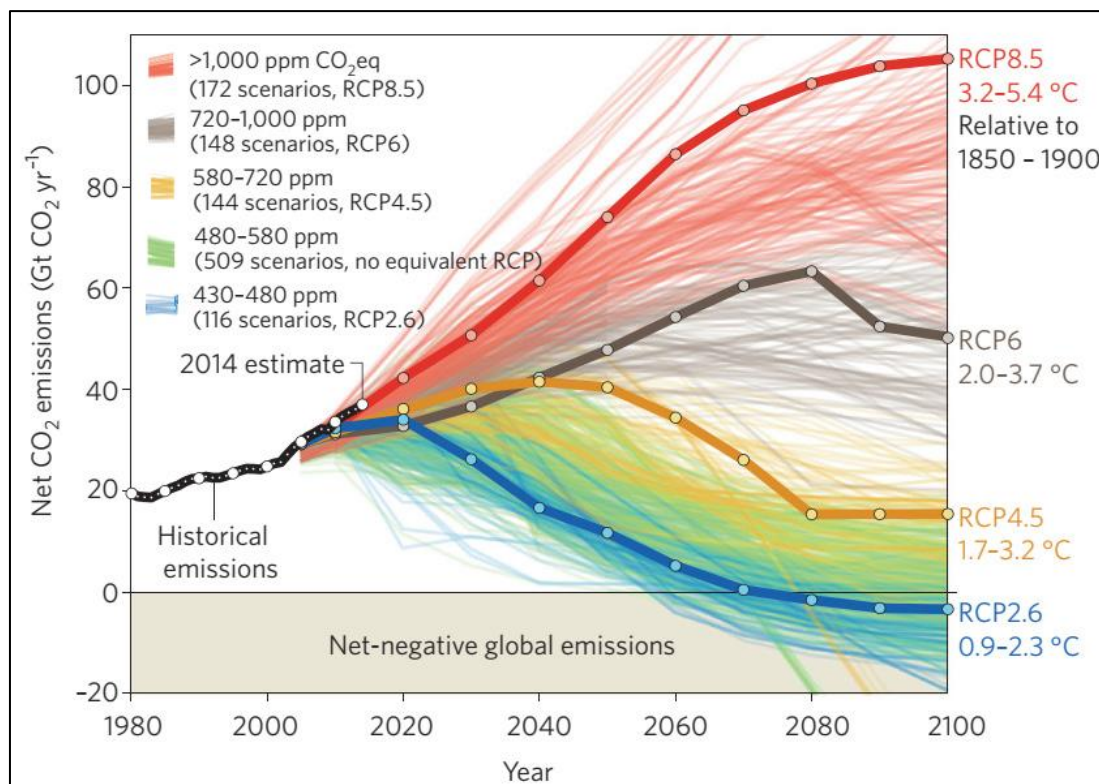
2.1.2 Clima

La región presenta un clima templado oceánico lluvioso, con variaciones debido a la influencia de la Cordillera de la Costa y los Andes. En la costa, hay un clima templado oceánico de costa occidental con precipitaciones entre 1,000 y 1,500 mm, mientras que en la Cordillera de los Andes predomina un clima frío de altura con más de 3,000 mm de precipitación anual y temperaturas bajo 0°C sobre los 1,500 metros. El cordón de cerros de Nahuelbuta reduce las precipitaciones en el interior (BCN, 2023).

En el Anexo 12.01 se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger; además de los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, calculados dentro del periodo histórico considerado 1985-2015, con información extraída del producto meteorológico CR2Met v2.5, asociado al estudio Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile (DGA, 2022).

Estos datos climáticos fueron obtenidos a partir de los resultados de las simulaciones de 4 modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de la iniciativa CMIP-5¹ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), siendo ajustados a una escala espacial de 0,05° x 0,05° para Chile. Estos modelos poseen información histórica hasta el año 2005, por lo que, a partir de ese año, los resultados reportados corresponden a proyecciones. Los GCM utilizados corresponden a aquellos del escenario de emisiones RCP8.5, que supone la mayor tasa de emisiones hacia el futuro, siendo la más pesimista, pero que mejor predijeron lo ocurrido desde el año 2005 hasta el año 2014, como se puede ver en la Figura 2.1-3. El GCM representativo de la región es el CSIRO-Mk3-6-1. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 12.01.

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



Fuente: Havlik et al., (2014).

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

2.1.3 Dimensión socioeconómica y cultural

La región de la Araucanía se sitúa en la macrozona sur del país y tiene un área de 31.800 km². Del total de la población de la Araucanía, un 70,9% corresponde al área urbana y un 29,1% al área rural (INE, 2017). Con respecto a los pueblos originarios, se destaca la presencia del pueblo Mapuche con un 97,8% (INE, 2017).

El Producto Interno Bruto (PIB) de la región de la Araucanía consignado por el Banco Central de Chile (referencia) al año 2022, corresponde a \$6.780 mil millones de pesos, representando el 2,58% a nivel nacional. En términos sectoriales, se destaca los servicios personales (22,9%), seguida por servicios de vivienda e inmobiliarios (12,3%) e industria manufacturera (9,7%). Respecto al sector agropecuario-silvícola, este alcanza un 7,4% del PIB regional, el sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos el 3,7% 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 de La Araucanía 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, 2023). La demanda proyectada para Clientes Residenciales considera el consumo facturado histórico y la proyección de clientes de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional, mientras que para los demás clientes perteneciente a la categoría “Otros”², se utiliza la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) (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 12.02.

Tabla 2.2-1 Estimación demanda APU actual y futura - Cuencas BNA región de La Araucanía

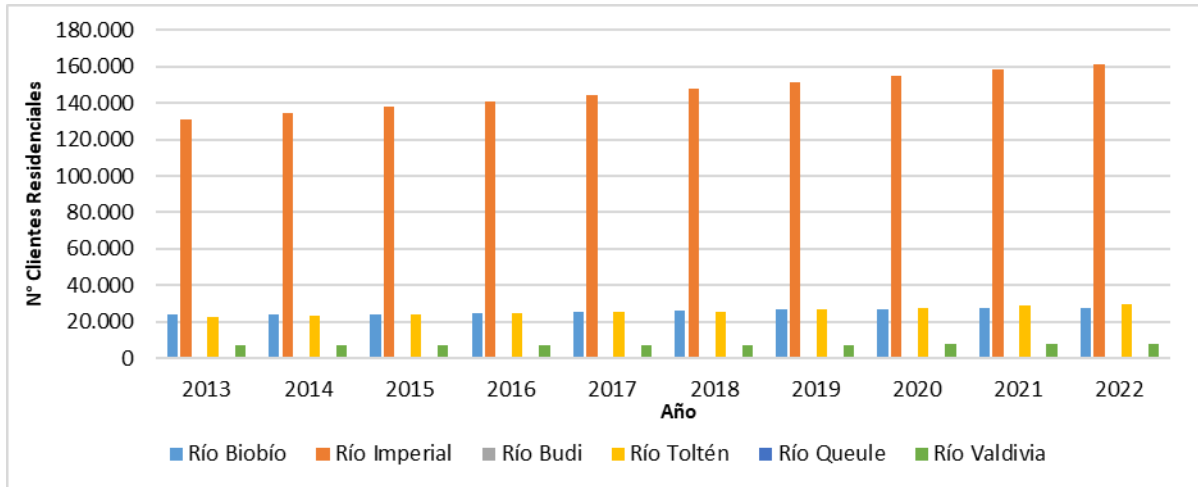
Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
083	Río Biobío	6.005	6.109	6.276	6.377	6.445
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	33.394	33.175	34.378	35.241	35.933
092	Río Budi	24	23	24	25	26
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	7.595	7.307	7.595	7.820	8.012
095	Río Queule	85	76	78	79	79
101	Río Valdivia	1.334	1.339	1.378	1.403	1.420
Total		48.435	48.029	49.729	50.945	51.914

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 con presencia de territorios operacionales, 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 la cuenca del Río Imperial (código BNA 091) en donde operan los sistemas de producción de agua potable que abastece a la mayor población de la región.

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

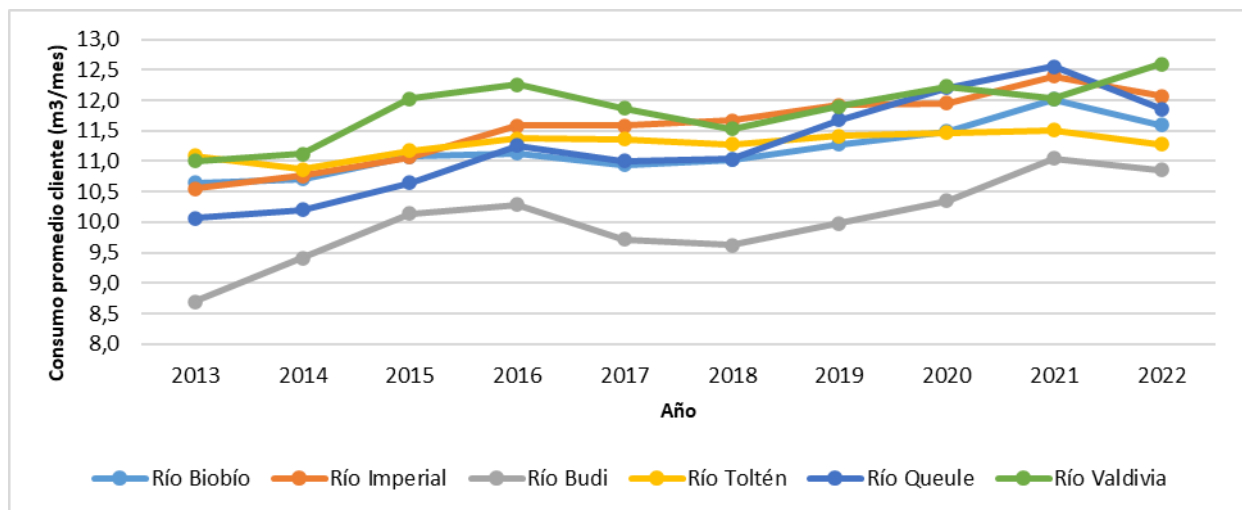
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 93% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,2%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales por cuenca entre los años 2013 y 2022.



Fuente: SISS (2023)

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

Junto con el aumento del número de clientes, también se ha observado un incremento en el consumo mensual promedio por cliente residencial de aproximadamente 0,13m³/mes (Figura 2.2-2). Cabe destacar que la cuenca que más consumo promedia, es la cuenca del Río Valdivia (código BNA 101)



Fuente: SISS (2022)

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

Frente al crecimiento continuo de clientes y el consumo del recurso hídrico por cliente en un escenario de escasez hídrica y cambio climático, desde Aguas Araucanía S.A. (Aguas Araucanía, 2022) se menciona una serie de iniciativas de gestión e infraestructura para paliar los escenarios de escasez dentro de la región al corto plazo, entre estas medidas se encuentra la construcción de nuevos pozos y la ampliación de plantas de producción de agua, la implementación de tecnologías para predecir el consumo, detectar fugas y roturas de la red de distribución, reduciendo las pérdidas de agua y optimizando el uso, por último, se contempla el monitoreo y gestión de riesgos para identificar los riesgos asociados al cambio climático y su impacto en el ciclo del agua.

2.2.2 Agua potable rural

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

Los cálculos de la demanda hídrica consideran la información proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2021) 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 12.02.

Tabla 2.2-2 Estimación demanda hídrica APR actual y futura por subcuenca BNA región de La Araucanía

Cód. Cuenca.	Cuencas	Demanda (Mm³/año)				
		2022	2025	2035	2022	2055
083	Río Biobío	624	631	916	927	933
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Límite Región	0	0	4	4	4
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	6	6	6	6	6
091	Río Imperial	4.456	4.507	5.942	6.013	6.048
092	Río Budi	298	302	368	373	375
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	75	75	77	78	79
094	Río Toltén	3.959	4.005	4.358	4.410	4.436
095	Río Queule	215	218	243	246	247
101	Río Valdivia	274	278	352	357	359
Total		9.907	10.022	12.267	12.414	12.487

Fuente: Elaboración propia.

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 Imperial, 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, donde se observa un incremento en la población rural de un 18% para la cuenca del Río Valdivia (código BNA 101), 13% para la cuenca del Río Queule (código BNA 095) un 11% en la cuenca del Río Biobío y bajo un 8% en las cuencas Río Imperial (código BNA 091), Río Budi (código BNA 092), Costeras entre Río Budi y Río Toltén (código BNA 094) y Río Toltén (código BN 095) 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 de La Araucanía

Cód. Cuenca.	Cuencas	Población rural áreas con APR (hab.)				
		2022	2025	2035	2022	2055
083	Río Biobío	12.503	12.648	13.860	14.025	14.107
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	133	135	138	139	149
091	Río Imperial	84.277	85.255	90.081	91.155	91.691
092	Río Budi	6.041	6.111	6.259	6.334	6.371
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	1.362	1.378	1.411	1.428	1.436
094	Río Toltén	74.134	74.995	77.682	78.609	79.071
095	Río Queule	4.247	4.296	4.790	4.847	4.876
101	Río Valdivia	5.606	5.671	6.724	6.805	6.845
Total		188.303	190.490	200.946	203.343	204.546

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 un aumento del 5% en la proyección de consumo para el año 2055 en todas las cuencas, a excepción de las Cuencas Costeras entre Río Budi y Río Toltén (código BNA093) y Río Queule (código BNA 095), donde la demanda es nula.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
083	Río Biobío	224	226	231	234	236
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	4	4	4	4	4
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	1.182	1.190	1.219	1.234	1.241
092	Río Budi	59	60	61	62	62
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	208	210	215	218	219
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	29	29	30	30	30
Total		1.706	1.719	1.761	1.782	1.792

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 5% 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 de La Araucanía

Cód. Cuenca.	Cuencas	Población rural áreas sin APR (hab)				
		2022	2025	2035	2022	2055
083	Río Bio-Bio	12.289	12.381	12.681	12.833	12.908
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	1.771	1.785	1.828	1.850	1.861
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	65.719	66.212	67.819	68.628	69.031
092	Río Budi	1.451	1.462	1.497	1.515	1.524
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	3.024	3.047	3.121	3.158	3.177
094	Río Toltén	5.115	5.154	5.279	5.342	5.373
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	0	0	0	0	0
Total		89.369	90.040	92.225	93.325	93.873

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de la Araucanía se emplearon diversos datos y metodologías. Se consideraron los requerimientos de riego de los cultivos, teniendo en cuenta la demanda evapotranspirativa, el aporte de la precipitación y las eficiencias de los sistemas de riego. La estimación de la superficie de cultivo actual y futura se basó en los resultados de los Censos Agropecuarios de los años

1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), a los cuales se les aplicó tendencia. Además, se estableció un coeficiente de cultivo representativo para cada grupo de cultivo (Cereales, Hortalizas, Vides y Frutas) utilizando los catastros de ODEPA (ODEPA, 2022); mientras que los datos de evapotranspiración y precipitación se obtuvieron a partir de la homologación del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2022). Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 12.02.

**Tabla 2.2-6 Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA
Región Araucanía**

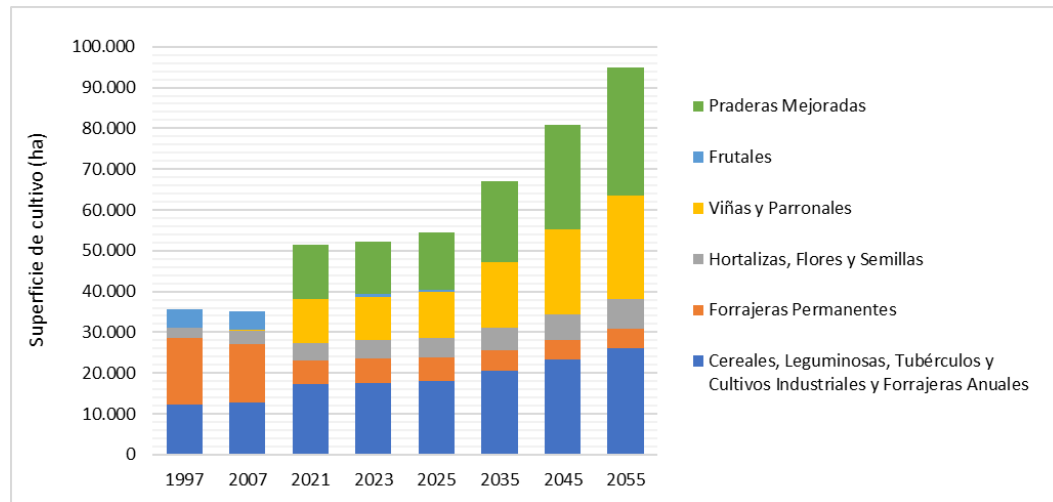
Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	214.842	225.876	246.956	241.404	284.879
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	708	739	828	872	1.039
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
091	Río Imperial	313.690	320.845	380.808	390.948	491.822
092	Río Budi	4.089	4.160	5.026	5.541	6.914
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	4.737	4.806	5.956	6.612	8.462
094	Río Toltén	149.260	146.053	189.387	190.518	234.308
095	Río Queule	6.270	6.560	7.976	8.354	10.619
101	Río Valdivia	10.497	9.899	12.808	11.766	16.699
Total		704.093	718.938	849.745	856.015	1.054.742

(*) La cuenca " Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial " presenta una superficie de cultivo significativamente menor en comparación con el total regional en el año 2021. Debido a esta pequeña escala, no se ha estimado un valor numérico.

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 se espera en la región un incremento del 50% 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 praderas mejoradas, viñas y parronales (Figura 2.2-3).

Los datos recopilados en los Censos Agropecuarios de los años 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021), muestran un cambio significativo en las áreas destinadas a diferentes tipos de cultivos. Se observa una reducción de la superficie dedicada a forrajeras permanentes y un aumento significativo en la de praderas mejoradas, viñas y parronales (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 estos cultivos a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros.



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, se destacan las praderas mejoradas como uno de los principales consumidores de agua según las proyecciones que abarcan desde el año 2023 al 2055. Para el año 2023, se estima una demanda de 149.471 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 309.813 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 107% 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 152.726 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 309.427 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 103% en la demanda hídrica.

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

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN, 2023) se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que 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 12.02.

Tabla 2.2-7 Estimación demanda hídrica consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	7.186	6.425	5.545	4.609	3.672
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	9.736	9.751	11.252	11.425	12.360
092	Río Budi	0	0	0	0	0
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	0	0	0	0	0
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	0	0	0	0	0
Total		16.922	16.176	16.797	16.034	16.032

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de Tabla 2.2-7, la demanda hídrica consuntiva para la generación eléctrica se concentra principalmente en las cuencas Río Imperial y Río Biobío, donde destacan las termoeléctricas Lautaro y CMPC Pacifico, respectivamente. Las proyecciones futuras no indican una tendencia clara al alza o a la baja, esto se debe a los registros históricos de producción eléctrica, los cuales no evidencian una tendencia lineal a lo largo de los años.

Tabla 2.2-8 Estimación demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	213.907	208.372	183.601	160.882	140.829
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	17.326	15.428	7.104	2.669	959
092	Río Budi	0	0	0	0	0
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	825.390	859.315	884.137	910.391	914.554
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	0	0	0	0	0
Total		1.056.623	1.083.115	1.074.842	1.073.942	1.056.342

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.2-8 se presenta una estimación de la demanda no consuntiva la cual está vinculada a diversas hidroeléctricas en donde destacan las hidroeléctricas Carilafquen en la

cuenca Río Toltén y Picoiquen en la cuenca Río Biobío. Las proyecciones futuras no indican una tendencia clara al alza o a la baja, esto se debe a los registros históricos de producción eléctrica, los cuales no evidencian una tendencia lineal a lo largo de los años. En el caso particular de la cuenca del río Biobío, los datos del Coordinador Eléctrico Nacional indican una disminución en la producción eléctrica asociada a la hidroeléctrica Picoiquén, lo que se traduce en una menor demanda hídrica. Esta misma situación se observa con la hidroeléctrica Trueno en la cuenca 091 (CEN, 2022).

2.2.5 Minero

De acuerdo con el último Anuario de la Minería de Chile, correspondiente al año (2022), la región de La Araucanía no registra actualmente producción minera asociada a recursos minerales metálicos ni no metálicos. Aunque el Producto Interno Bruto (PIB) regional refleja un 0,3% asociado a la minería, se estima que este valor corresponde a actividades de pequeña minería. Debido a la falta de información sobre la producción minera, no se ha podido estimar la demanda hídrica correspondiente, lo que se reconoce como una brecha de información.

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 (SISS, 2023), 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 2.2-9 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 12.02.

**Tabla 2.2-9 Estimación demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA
Región Araucanía**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	3	3	4	5	6
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	1.513	1.551	2.023	2.401	2.873
092	Río Budi	0	0	0	0	0
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	18.543	19.013	24.796	29.435	35.219
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	0	0	0	0	0
Total		20.059	20.567	26.823	31.841	38.098

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 2.2-9, se observa una tendencia al alza en las proyecciones futuras, la cual está vinculada al desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Este crecimiento se refleja en el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero. Según los resultados obtenidos, se estima un aumento en la demanda de agua del orden del 90% 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 9,7% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 85% 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 de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2009). Fueron consideradas únicamente las superficies plantadas con especies forestales exóticas las cuales, posteriormente, fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.10, indicando los

volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 12.02.

**Tabla 2.2.10 Estimación demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA
Región Araucanía**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	2.105.135	2.109.559	2.155.574	2.196.780	2.227.067
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Límite Región	626	626	638	650	661
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
091	Río Imperial	2.989.504	2.991.313	3.047.184	3.106.497	3.155.624
092	Río Budi	45.970	45.997	46.856	47.768	48.524
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	11.468	11.475	11.689	11.917	12.105
094	Río Toltén	1.016.314	1.016.922	1.035.903	1.056.067	1.072.775
095	Río Queule	280.499	280.667	285.909	291.473	296.080
101	Río Valdivia	288.574	288.747	294.136	299.861	304.606
Total		6.738.090	6.745.306	6.877.889	7.011.013	7.117.442

(*) La cuenca " Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial " presenta una superficie de plantaciones significativamente menor en comparación con el total regional en el año 2021. Debido a esta pequeña escala, no se ha estimado un valor numérico.

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de la demanda forestal, como se indica en Tabla 2.2.10 siguen una tendencia al alza. Lo anterior debido a factores tales como 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, 1997; INE, 2007) y encuestas ODEPA (ODEPA, 2022). A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.11 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 12.02.

Tabla 2.2.11 Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Araucanía

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	884	837	701	658	605
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	11	9	6	6	6
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	4.529	4.381	3.974	3.812	3.586
092	Río Budi	248	240	199	163	130
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	107	103	88	77	61
094	Río Toltén	2.124	1.965	1.364	879	430
095	Río Queule	165	151	100	55	20
101	Río Valdivia	304	284	209	144	54
Total		8.372	7.970	6.641	5.794	4.892

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2.11 se observa, a nivel regional, una disminución de la demanda durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Lo anterior, debido a la disminución, en general, de las cabezas de ganado. Esta demanda está principalmente asociada a la ganadería bovina, seguida por la ganadería porcina.

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 2.2-12 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 12.02

Tabla 2.2-12 Estimación demanda hídrica Acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Araucanía

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
083	Río Bio-Bio	183	183	104	19	19
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0	0	0
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0	0	0
091	Río Imperial	7.173.627	6.555.990	3.817.077	1.781.352	1.781.352
092	Río Budi	0	0	0	0	0

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0	0	0
094	Río Toltén	25.473.169	24.052.342	13.897.781	5.682.039	5.682.039
095	Río Queule	0	0	0	0	0
101	Río Valdivia	0	0	0	0	0
Total		32.646.979	30.608.515	17.714.962	7.463.410	7.463.410

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-12, la proyección de la demanda acuícola muestra una tendencia clara a la baja. Este descenso se refleja en los registros históricos de producción, que evidencia una disminución constante a lo largo de los años.

2.2.10 Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental

El caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental se ha determinado en aquellas estaciones de la red fluviométrica de la DGA cercanas y potencialmente representativas del flujo de agua mínimo asociado a áreas de conservación existentes en las cuencas, presentadas en la Tabla 2.2.13. 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 12.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario Mahuidanche – Lastarria (SP1-015) y Reserva Forestal Villarrica (WDPA-061), ambas en la cuenca Río Toltén.

Tabla 2.2.13 Caudales de Reserva para Protección Ambiental – Cuencas BNA Región Araucanía

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm³)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Rio Toltén	63	34	32	75	271	538	581	429	328	262	190	135	2.938

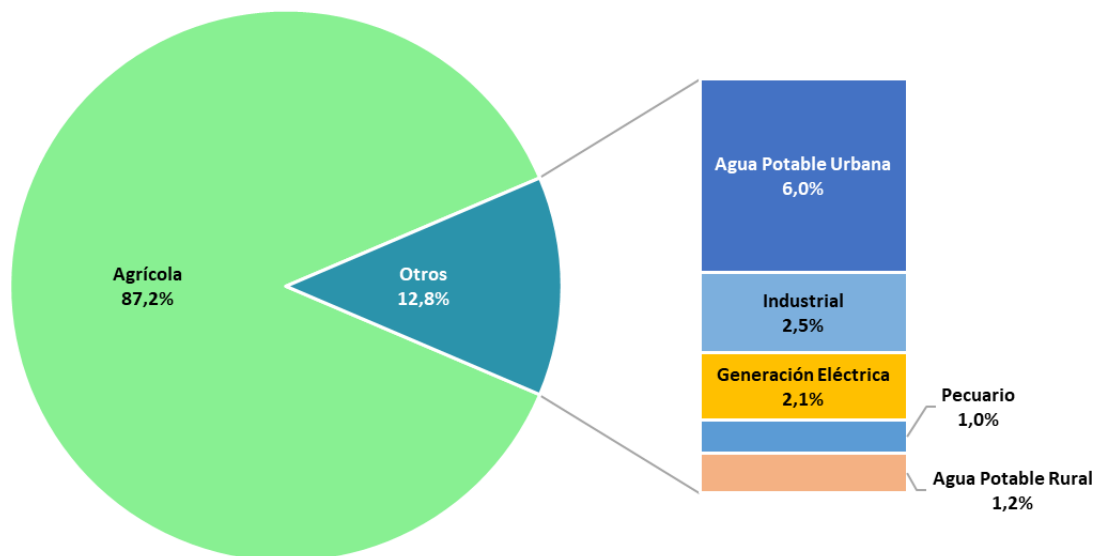
Fuente: Elaboración propia.

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 total de la demanda hídrica consuntiva en la región de La Araucanía en el año 2023, destacando el sector agrícola como el principal demandante consuntivo de agua para usos productivos, seguido del uso de agua potable urbana. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 12.02.



Fuente: Elaboración propia.

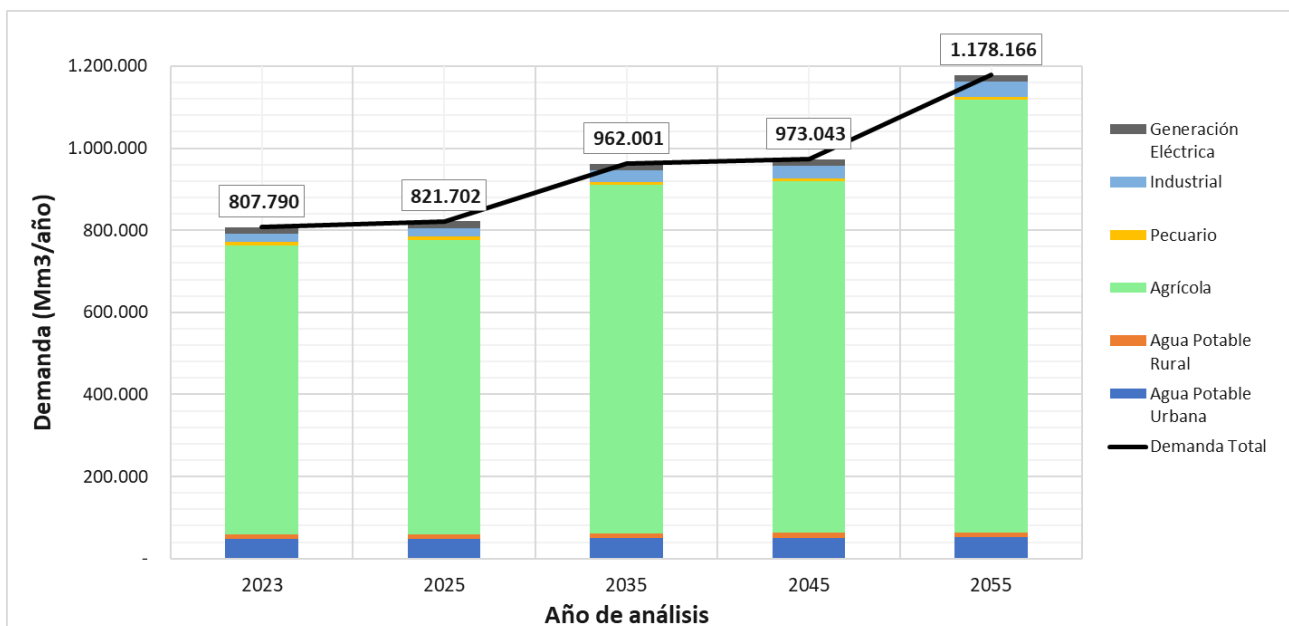
Figura 2.2-4 Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023

En la Tabla 2.2-14 y Figura 2.2-5 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápite anteriores, se espera un aumento de aproximadamente un 46% de las demandas consuntivas totales en el periodo 2023-2055; asociado principalmente al sector agrícola que corresponde a un 94% del aumento de la demanda consuntiva total, seguido por el sector industrial que corresponde aproximadamente al 5% del aumento de la demanda consuntiva total.

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

Cód. Cuenca.	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2022	2055
083	Río Bio-Bio	229.544	239.881	260.398	253.980	296.540
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	719	748	838	882	1.049
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	6	6	6	6	6
091	Río Imperial	367.318	374.210	438.377	449.840	552.622
092	Río Budi	4.659	4.725	5.617	6.102	7.445
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	4.919	4.984	6.121	6.767	8.602
094	Río Toltén	181.481	178.343	227.500	233.062	282.405
095	Río Queule	6.735	7.005	8.397	8.734	10.965
101	Río Valdivia	12.409	11.800	14.747	13.670	18.532
Total		807.790	821.702	962.001	973.043	1.178.166

Fuente: Elaboración propia.

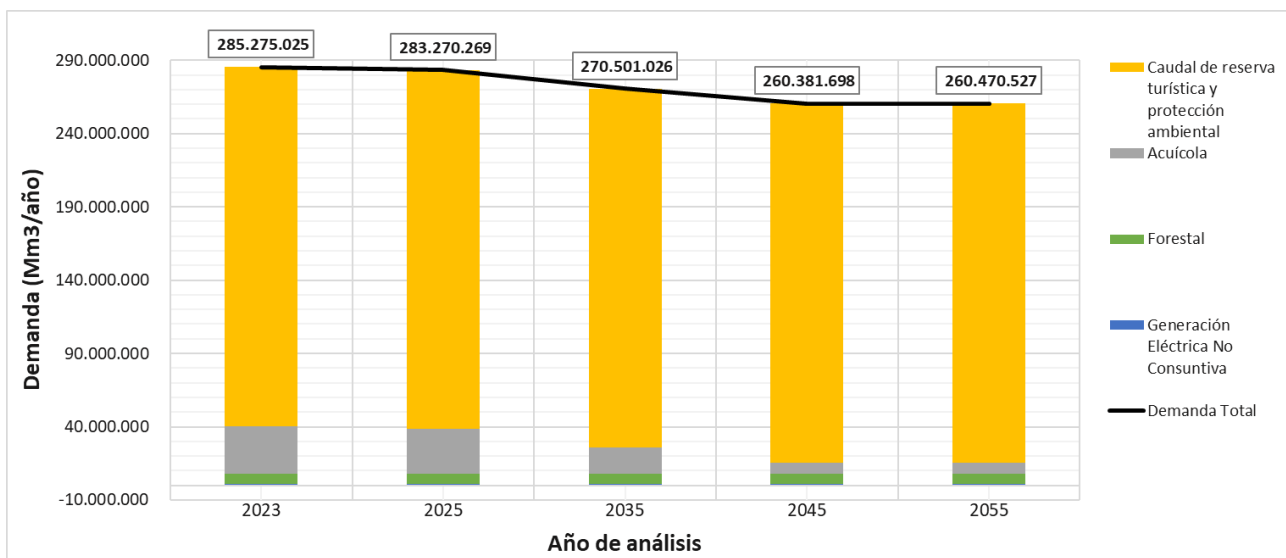


Fuente: Elaboración propia.

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

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

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 de generación eléctrica posee demandas muy bajas en comparación con el caudal de reserva por lo que no se alcanza a ver reflejado 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.

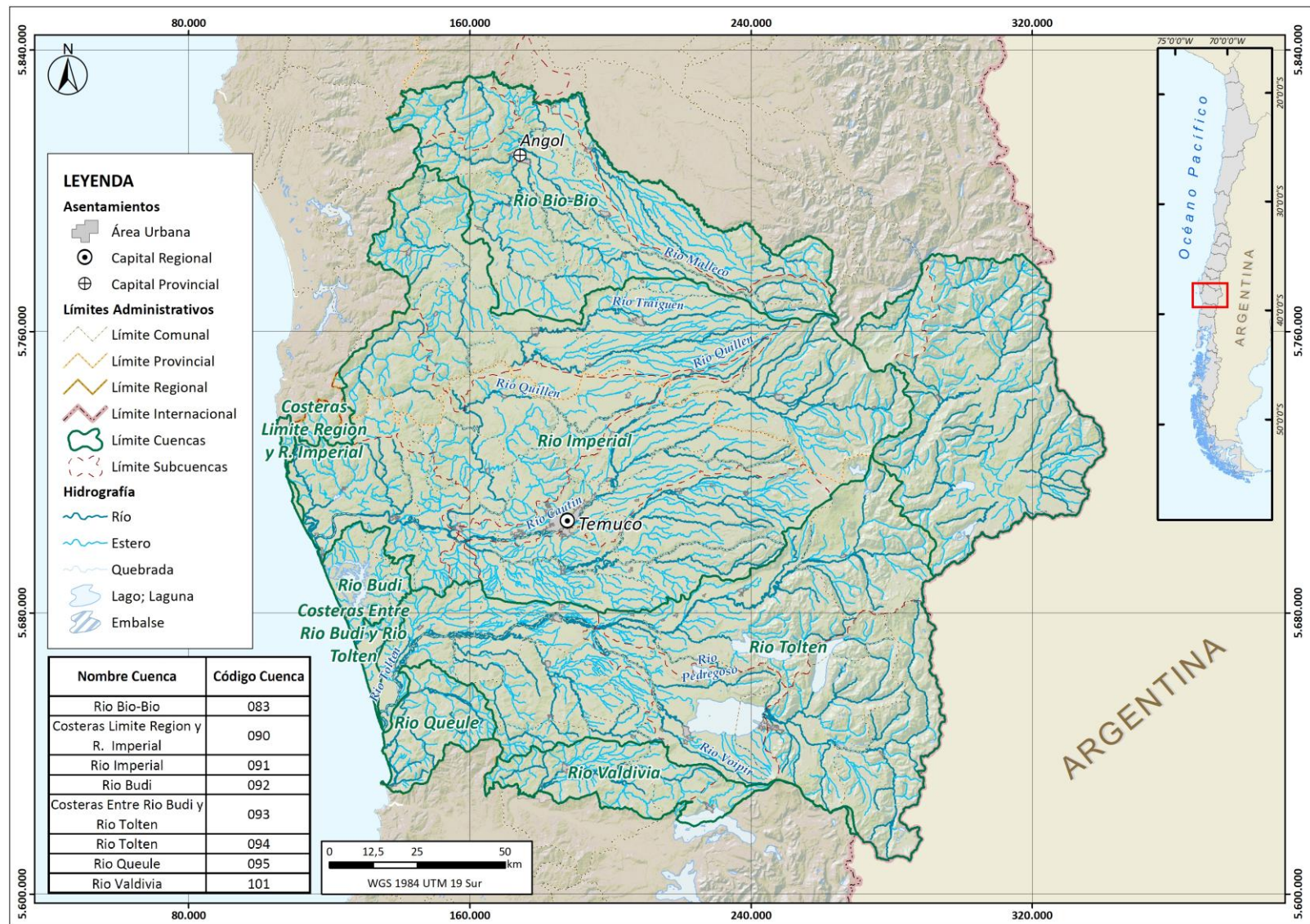
Fuente: Elaboración propia.

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 actual

A continuación, se presenta el análisis de oferta física hídrica por cuenca de acuerdo a la clasificación del Banco Nacional de Aguas (BNA) en la región de la Araucanía, 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 de la Araucanía 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_IX_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

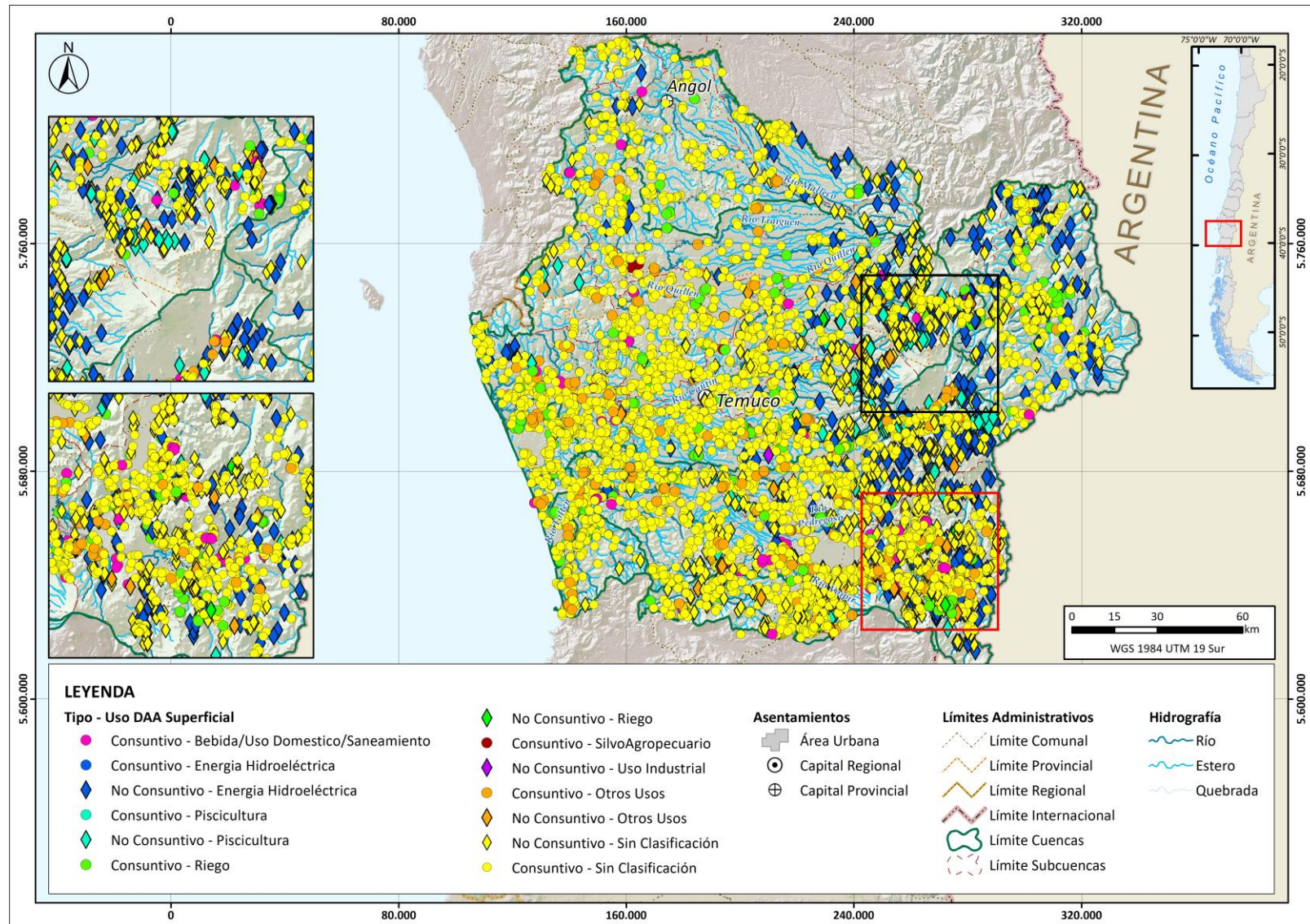
En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la región de La Araucanía existen 14.029 DAA superficiales registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 2.290.871,0 litros por segundo constituidos³. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-2. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 12.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

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

En la región de la Araucanía, no hay decretos de escasez vigentes para aguas superficiales. 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 12.03.

³ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarán dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua.



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

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

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 escorrentía 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 12.03.01.

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)
090	Costeras Límite Región y R. Imperial	45.588	44.633
091	Río Imperial	9.037.723	8.819.646
092	Río Budi	311.971	308.094
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	119.126	118.013
094	Río Toltén	12.120.791	11.826.089
095	Río Queule	675.920	674.111

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 presentan una pequeña una disminución porcentual entre 0,3% y 2,4%.

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.

Código BNA	Cuenca	Q total (m³/s)	Q glaciar (m³/s)
090	Costeras Límite Región y R. Imperial	1,77	0,0
091	Río Imperial	362,29	1,57
092	Río Budi	12,49	0,0
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	4,09	0,0
094	Río Toltén	483,75	9,32
095	Río Queule	23,46	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM CSIRO-Mk3-6-1 proyecta una disminución de aproximadamente 5,93 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

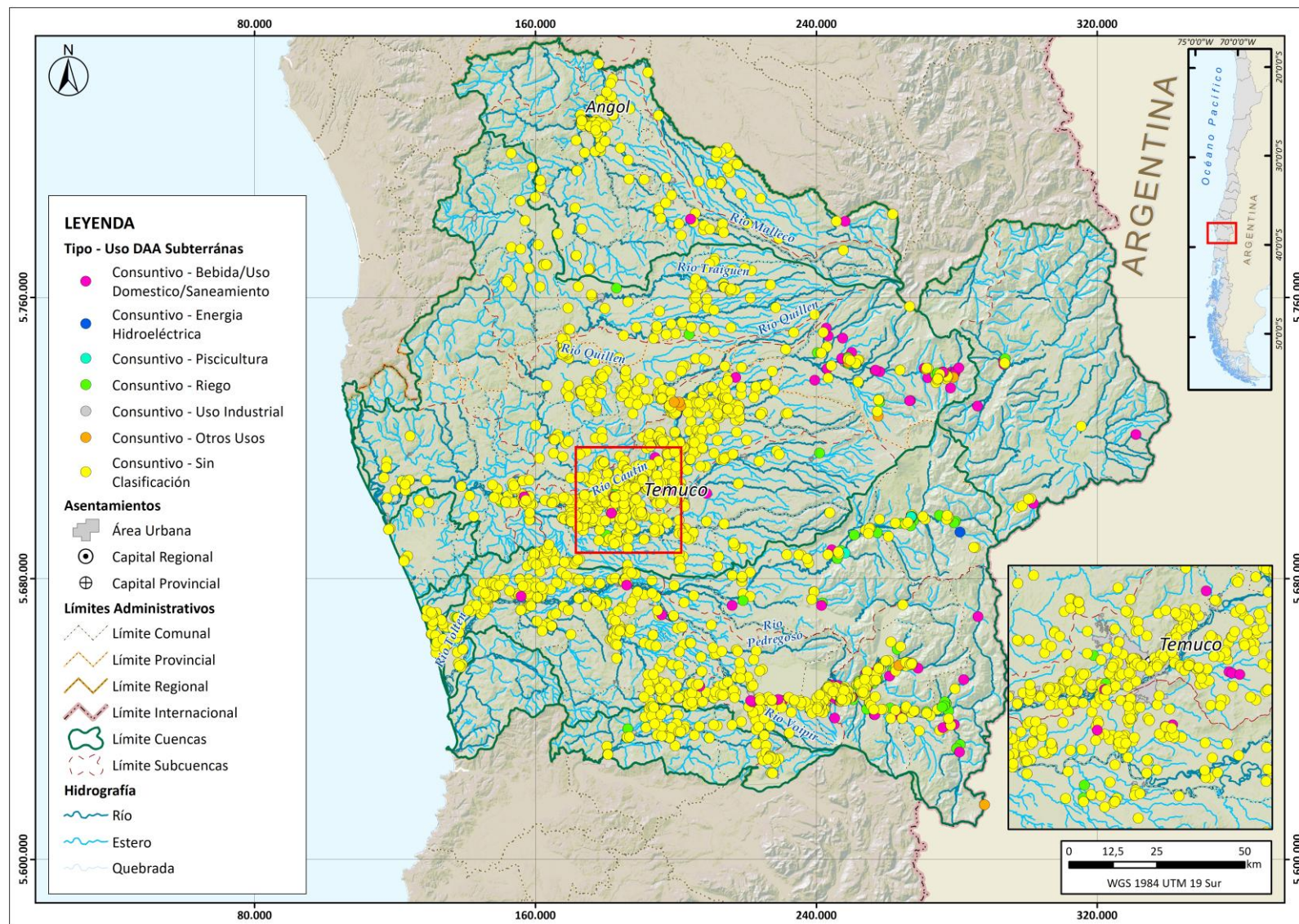
Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_IX_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la región de La Araucanía existen 5.525 DAA subterráneas, equivalentes a 28.694,7 litros por segundo constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-3. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 12.03.

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

En la región de la Araucanía, no hay restricciones vigentes para aguas subterráneas. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 12.03.



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

Figura 2.3-3 Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la región de La Araucanía, por tipología

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 4.2.1ii.

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga (l/s)	Fuente
090	Costeras Límite Región y R. Imperial	-	-
091	Río Imperial	30.782	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Río Imperial (DGA, 2021)
092	Río Budi	406	Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de la Araucanía (DGA, 2017)
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	406	Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de la Araucanía (DGA, 2017)
094	Río Toltén	16.200	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuencas de Los Ríos Toltén y Bueno (DGA, 2021)
095	Río Queule	806	Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de la Araucanía (DGA, 2017)

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 (CSIRO-Mk3-6-0) como referencia del clima futuro de la región a las recargas presentadas en la Tabla 2.3-3. De este modo, en la Tabla 2.3-4 se presentan las recargas proyectadas para cada una de las cuencas. El supuesto utilizado es parte de las brechas de información en el acápite 4.2.1ii.

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
090	Costeras Límite Región y R. Imperial		-4,6	
091	Río Imperial	30.782	-4,0	29.537
092	Río Budi	406	-4,0	390

Código Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	406	-4,2	389
094	Río Toltén	16.200	-4,5	15.477
095	Río Queule	806	-4,5	770

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 corresponde a una brecha de información mencionada en el acápite 4.2.1ii. En el Anexo 12.03 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 17% 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 12.03.02)..

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

Cód. Cuenca	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
090	Costeras Límite Región y R. Imperial	81.5	94.1	15.4
091	Río Imperial	84.0	98.6	17.4
092	Río Budi	70.5	80.7	14.4
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	86.1	89.8	4.3
094	Río Toltén	111.9	123.7	10.5
095	Río Queule	103.9	120.2	15.7

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.

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

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	273	187
Aluvión	3	0

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, se observan sesenta y dos (62) sistemas frontales generando algún tipo de afectación como daños a viviendas en diferentes escalas, y nueve (9) remociones en masa.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan sesenta y cinco (65) inundaciones afectando a todas las cuencas presentes en 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 de La Araucanía, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
083	Río Biobío	X	
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	X	
091	Río Imperial	X	
092	Río Budi	X	
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	X	

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
094	Río Toltén	X	
095	Río Queule	X	
101	Río Valdivia	X	

Nota: Cuencas afectadas en rojo.

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

2.3.3 Calidad de aguas

La calidad de las aguas en las diversas cuencas de la región de la Araucanía ha sido evaluada principalmente a través de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH), cuando están disponibles. A continuación, se detallan los resultados relevantes:

- Según el estudio de la DGA (2019), la composición química del agua subterránea en la cuenca del río Biobío (Código BNA: 083) es mayormente bicarbonatada, con una tendencia hacia composiciones cálcicas y sódicas. En cuanto a la calidad del agua superficial, esta ha sido evaluada conforme a los límites establecidos por la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Río Biobío (NSCA Biobío), bajo el Decreto Supremo N°9 del Ministerio del Medio Ambiente (27 de noviembre de 2015). En las zonas altas de la cuenca, donde el río Biobío nace en la región de la Araucanía, las aguas se clasifican como de "Buena Calidad" (DGA, 2021).
- En la cuenca del río Imperial (Código BNA: 091), se han caracterizado diversos parámetros fisicoquímicos, obteniéndose valores promedio de temperatura de 13.1 °C, pH de 6.8 y conductividad eléctrica de 0.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$, todos dentro de los límites establecidos por las normas de riego y agua potable. Respecto a los parámetros de elementos como boro (B), flúor (F), aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), litio (Li), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), vanadio (Va) y zinc (Zn), casi todas las muestras se encuentran por debajo de los límites estipulados por la Norma Chilena NCh 1333. No obstante, el cloruro (Cl), el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) frecuentemente superan los límites permitidos por dicha norma. Además, se detectaron incumplimientos en los elementos cloruro (Cl) y arsénico (As) según lo estipulado en la Norma Chilena NCh 409. En el caso del cloruro, los valores que exceden los límites provienen principalmente de las cercanías del lago Budi, mientras que el arsénico supera ligeramente el límite en dos muestras de aguas superficiales (sectores Lumaco y Padre Las Casas) y en dos pozos (sectores Lumaco y Curacautín). Los parámetros que exceden significativamente los límites son el hierro (Fe) y, en menor medida, el manganeso (Mn), tanto en aguas subterráneas como superficiales, especialmente en puntos cercanos a la costa. En cuanto a la presencia de coliformes fecales (CF) y coliformes totales (CT), estos se detectan de manera homogénea en toda la cuenca, tanto en

muestras de aguas superficiales como subterráneas, asociándose su origen a actividades ganaderas y a centros poblados (DGA, 2021).

- En la cuenca del río Toltén (Código BNA: 094), la calidad de las aguas subterráneas fue evaluada mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA), un indicador basado en los elementos químicos que pueden afectar la salud humana, reflejando la calidad del acuífero. Esta clasificación se realizó por Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC). Los resultados del análisis indican que la mayoría de las muestras presentan un ICA clasificado como "Excelente", con dos muestras calificadas como "Bueno" y una como "Regular". En los casos clasificados como "Bueno", correspondientes a los SHAC de Toltén Alto y Medio (9-08-403 y 9-10-405), se detectaron concentraciones de nitrato de 14,13 mg/L y 11,38 mg/L, respectivamente. En la muestra clasificada como "Regular", se observaron niveles elevados de arsénico (As), alcanzando los 0,03 mg/L. En general, varios de los parámetros monitoreados exceden los límites establecidos por las Normas de riego o consumo humano, destacándose el hierro (Fe), mercurio (Hg), boro (B), sodio porcentual (Na%), pH y plomo (Pb). Las concentraciones elevadas de hierro y plomo se atribuyen tanto a fuentes naturales como a actividades antrópicas, tales como pisciculturas, centrales hidroeléctricas y plantas de tratamiento de aguas servidas. En cuanto al sodio porcentual (Na%), su aumento puede deberse a la presencia de aguas con carácter químico sin predominancia clara de cationes, pero con tendencia hacia el tipo sodio-potasio. Este incremento se ve favorecido por las bajas concentraciones de manganeso (Mn). El pH ácido en algunas muestras podría estar relacionado con la dispersión de metales en la cuenca. Se infiere que la acumulación de estos parámetros tiende a aumentar desde la parte alta hacia la baja de la cuenca, lo que se refleja en el aumento de la proporción de muestras que superan los límites normativos en esa dirección (DGA, 2021).
- La calidad de las aguas en la cuenca del río Valdivia (Código BNA: 101) ha sido caracterizada a partir de un solo pozo monitoreado por la DGA, con registros que abarcan desde 1997 hasta 2019. Sin embargo, esta información resulta insuficiente para comprender completamente la situación actual de las aguas subterráneas en la cuenca. A partir de los datos disponibles, se analizaron parámetros como el pH, conductividad eléctrica (CE), hierro (Fe), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), plomo (Pb) y selenio disuelto. Los resultados indican que las concentraciones de molibdeno (Mo) y plomo (Pb) superan los límites establecidos por las normas vigentes. En el caso del hierro (Fe) y el selenio disuelto, aunque generalmente se mantienen dentro de los límites permitidos por la Norma de Agua Potable, se han registrado valores que, en algunas ocasiones, exceden los máximos permitidos, al igual que en el caso del mercurio (Hg). Las mediciones de pH, por su parte, se encuentran mayormente dentro de los límites establecidos por la Norma NCh 409, aunque se han registrado casos con valores mínimos y máximos fuera del rango

permitido. A pesar de ello, estos valores de pH se consideran aptos para el cumplimiento de la Norma de Riego. En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), los valores se han mantenido por debajo de los límites establecidos para riego, salvo en el año 2010, cuando se registró un aumento que superó dichos límites.

En cuanto a la calidad de las aguas superficiales, se cuenta con una buena cobertura de monitoreo. Los parámetros que presentan concentraciones normales o por debajo de los límites establecidos por la Norma de Riego (NCh 1333) incluyen arsénico total, cadmio, cadmio total, cobre total, cobalto total, cromo total, plata total, plomo total, selenio y zinc total. No obstante, algunos parámetros como aluminio total, manganeso, hierro, cloruros, conductividad eléctrica (CE), níquel total y sulfatos, en ocasiones, superan los límites de la norma. En particular, las concentraciones elevadas de hierro (Fe) y manganeso (Mn) podrían atribuirse tanto a factores antrópicos como naturales. Además, los valores elevados de pH registrados indican la presencia de aguas básicas. En términos generales, se observa que en la parte baja de la cuenca las concentraciones de algunos de estos parámetros tienden a aumentar, probablemente debido a una mayor influencia de actividades humanas en esas áreas (DGA, 2021a).

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

3.1 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA 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 2.1.2, 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

A partir de la información obtenida desde la DGA, es posible identificar ciento veintisiete (127) obras de acumulación en la región, de los cuales ciento once (111) corresponden a Tranques de retención sin nombre. Por otro lado, a partir del informe “Actualización de balance hídrico nacional” (DGA, 2017), se mencionan como embalses principales, dentro de la cuenca Río Imperial, el embalse el Castillo con un volumen de 1,5 Mm³, embalse

Santa Adela, con un volumen de 0,4 Mm³, embalse Laguna Temuco, con un volumen de 0,28 Mm³ y embalse María Ester, con un volumen de 1 Mm³.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

En la región de La Araucanía, se identifica un total de quince (15) centrales hidroeléctricas, con una potencia total instalada de 80,81 MW. Entre las centrales más destacadas se encuentran Carilafquen en la cuenca Río Toltén con una potencia de 19,8 MW, seguida por Río Picoiquen en la cuenca Río Biobío con una capacidad de 19,6 MW. Otras centrales significativas son Malalcahuello con 9,2 MW de potencia instalada y El Canelo con 6,04 MW.

3.1.1.3 Infraestructura de distribución

A partir de los registros del SIG de CNR, la región de la Araucanía cuenta con quinientos noventa y cuatro (594) bocatomas en la región. No fue posible obtener información detallada de estas bocatomas, a partir de su razón social, uso, entre otros detalles.

Respecto a la red de canales, en la región de la Araucanía se identifican aproximadamente 2.164 km de canales, ubicados principalmente en las cuencas Río Imperial y Río Biobío, donde se concentran aproximadamente el 49% y 44% de la red total, respectivamente. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o inexistente. Mayor detalle respecto a la infraestructura de distribución se encuentra en el Anexo 12.01.

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

i. Zonas urbanas

En la región de la Araucanía se reconocen tres (3) concesiones de agua potable, las cuales corresponden a Aguas Araucanía, ESSI y Quepe. Estas empresas cuentan con un total de treinta y ocho (38) territorios operados. Además, cuenta con treinta y cuatro (34) plantas de tratamiento de aguas servidas.

A continuación, se presenta la Tabla 3.1-1 donde se observa la 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 (%)
083	Río Biobío	7	7.575.045	16%
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Limite Región	0	0	0%
090	Cuencas costeras entre límite regional y río Imperial	0	0	0
091	Río Imperial	20	51.241.237	15%
092	Río Budi	1	36.626	-4%
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	0	0	0%
094	Río Toltén	8	10.749.278	17%
095	Río Queule	1	107.773	4%
101	Río Valdivia	2	1.950.521	12%

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Aguas Araucanía	Angol	Angol
	Los Sauces	Los Sauces
	Lumaco	Lumaco
	Reinaco	Reinaco
	Mininco	Mininco
	Purén	Purén
	Cap. Pastene	Cap. Pastene
	Traiguén	Traiguén
	Collipulli	Collipulli
	Galvarino	Galvarino
	Lautaro	Lautaro
	Victoria	Victoria
	Ercilla	Ercilla
	Chol Chol	Chol Chol
	Vilcún	Vilcún
	Curacautín	Curacautín
	Lonquimay	Lonquimay
	Carahue	Carahue
	Nueva Imperial	Nueva Imperial

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
	Temuco	Temuco
	Padre Las Casas	Padre Las Casas
	Cajón	Cajón
	Cherquenco	Cherquenco
	Puerto Saavedra	Puerto Saavedra
	Freire	Freire
	Cunco	Cunco
	Nueva Toltén	Nueva Toltén
	Pitrufquén	Pitrufquén
	Gorbea	Gorbea
	Villarrica	Villarrica
	Quitratue	Quitratue
	Pucón	Pucón
	Lastarria	Lastarria
	Licanrray	Licanrray
	Loncoche	Loncoche
Aguas San Isidro	Pillanlebun	Pillanlebun
	Labranza	Labranza

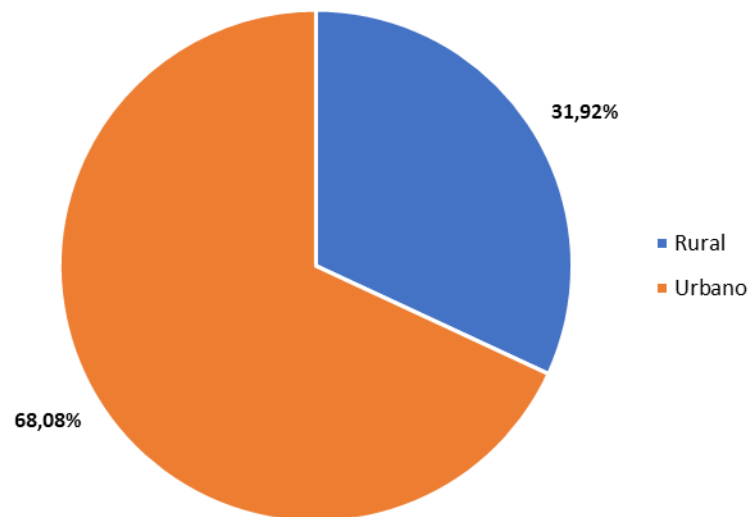
Fuente: Elaboración propia en base a ASSSI (2023) y Aguas Araucanía (2023)

De acuerdo a lo señalado en el Informe de Gestión de Servicios Sanitarios 2022 (SISS, 2022) 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 La Araucanía, en las áreas concesionadas, alcanza un 88,8%.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 31,9% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región de La Araucanía, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 121.686 viviendas y 278.680 habitantes aproximadamente (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017)

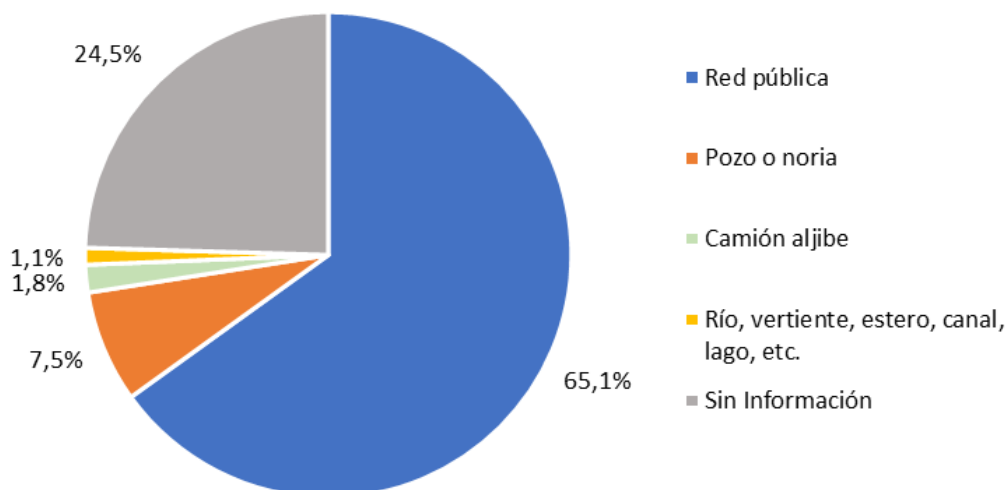
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de La Araucanía 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 25,1% no presenta información en relación a las fuentes de abastecimiento en base a los datos del censo de población (INE, 2017). Bajo este contexto, se presenta un breve análisis respecto al estado del agua potable y saneamiento en la región de La Araucanía.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 74,9% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 21,6% (26.299) 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).

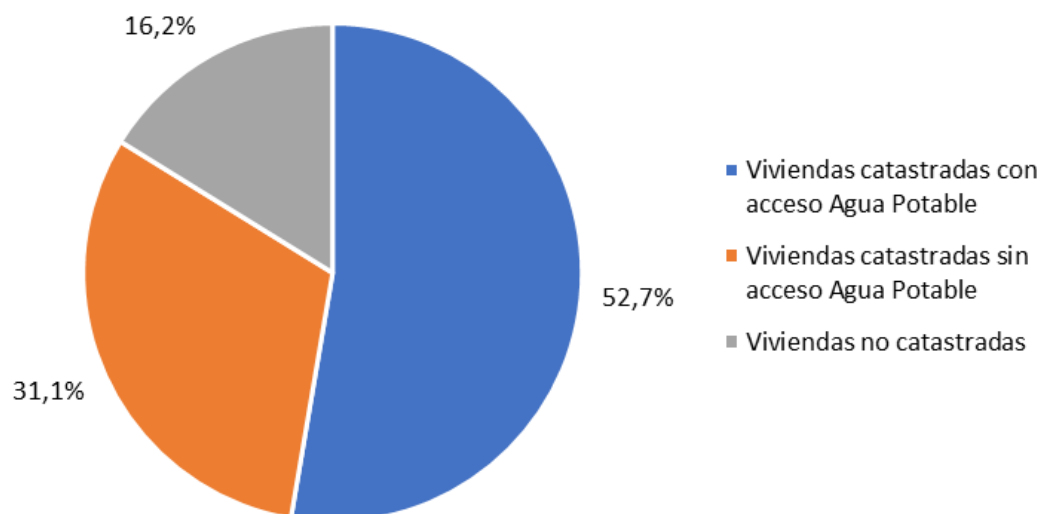
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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, considera veinticuatro (24) de las treinta y dos (32) comunas de la región, las cuales concentran el 83,8% (101.997 viviendas) del total de viviendas rurales de la región.

Bajo los datos otorgados por este indicador, 52,7% (64.105) de las viviendas rurales de la región presenta conexión a la red de agua potable, mientras que un 31,1% (37.892 viviendas) no cuentan con acceso a la red pública de agua potable.

A modo de resumen, se identifica que un 83,8% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 31,1% 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 16,2% del total de viviendas rurales de la región de La Araucanía (ver Figura 3.1-3)



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

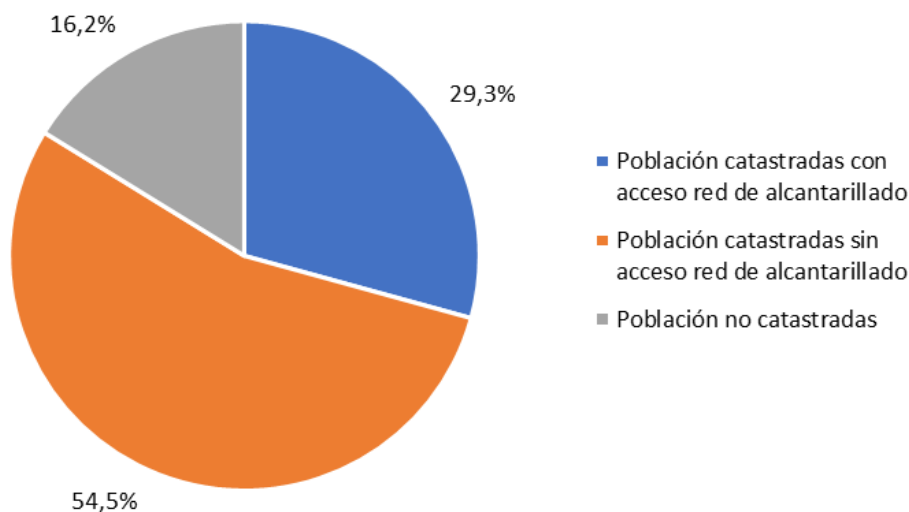
Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de La Araucanía

Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con doscientos setenta y ocho (278) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región de La Araucanía, los cuales abastecen a las treinta y dos (32) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional (278.680 habitantes), existe un número estimado de 182.615 beneficiarios, es decir el 65,5% de la población rural regional, dejando una brecha de información del 34,5%.

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 veintiún (21) comunas. Estos sistemas de agua potable rural abastecen aproximadamente a 85.598 beneficiarios, correspondiente al 30,7% de la población rural regional, dejando una brecha de información del 69,8%.

b) Saneamiento

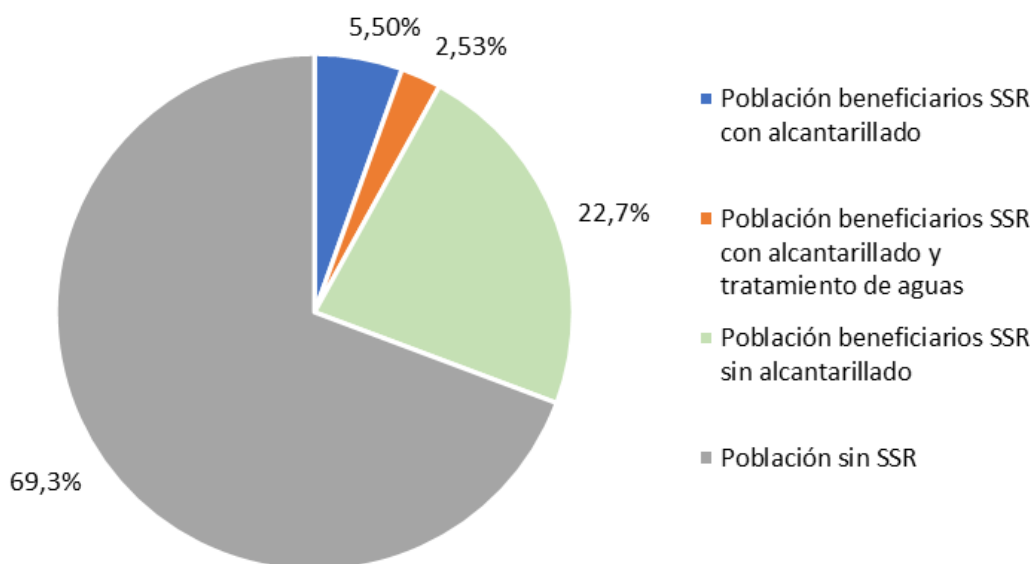
De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (SICVIR, 2020) el cual considera veinte y seis (26) de las treinta y dos (32) comunas de la región, concentrando el 83,8% del total de la población rural de la región, se observa que el 29,3% de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado, un 54,5% menciona no tener acceso a la red de alcantarillado y se presenta una brecha de información de 16,2% del total de población rural de La Araucanía (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 para el año 2020

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la (SISS, 2022) se menciona que del total de beneficiarios SSR, un 5,5% (15.320 beneficiarios), presenta servicio de alcantarillado, un 2,53% presenta servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas, un 22,7% (63.231 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 12.05.

3.1.1.5 Pozos

Se identificaron un total de dos mil cuarenta (2.040) en la región de la Araucanía, de los cuales un 89% corresponde a sin clasificación, seguido de un 23% correspondiente a otros usos.

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

No se encontraron antecedentes de acuíferos profundos en la cuenca del Río Imperial. Sin embargo, las fuentes revisadas indican la presencia de un acuífero profundo semiconfinado en la cuenca del Río Toltén, el cual corresponde a depósitos no consolidados antiguos y secuencias volcánico sedimentarias, por sobre este acuífero, se identifica un acuífero libre somero (DGA, 2021).

ii. Recarga artificial de acuíferos

Se identificó un (1) proyecto de recarga de acuíferos en la región. La iniciativa fue llevada a cabo por el Centro Tecnológico de la Universidad Mayor en el año 2021. Consistió en la construcción de pilotos de recarga de acuíferos asociados a sistemas de APR por medio de pozos de infiltración en conjunto con especies vegetales de bajo consumo hídrico. Los sistemas permiten recargas desde 100 a 500 m³ de agua por obra, se encuentran ubicados en la comuna de Padre Las Casas, en la cuenca Río Toltén; y en Nueva Imperial, Teodoro Schmidt y Purén, en la cuenca Río Imperial (UMayor, 2022).

iii. Desalinización

No se encuentran antecedentes de desalinización en la región de la Araucanía.

iv. Cosecha de aguas lluvia

Se identificaron tres (3) proyectos de cosecha de aguas lluvias en la región. El primero corresponde a un proyecto realizado por el GORE en conjunto con INIA durante los años 2019 y 2023, donde implementaron Módulos Tecnológicos EPA de cosecha de aguas lluvias para consumo familiar y agricultura de subsistencia, beneficiando a 138 familias en las comunas de Galvarino, Curacautín, Victoria, Temuco y Traiguén, ubicadas en la cuenca Río Imperial, y en Padre Las Casas en la cuenca Río Toltén (DGA, 2021) (Diario de la Araucanía, 2024).

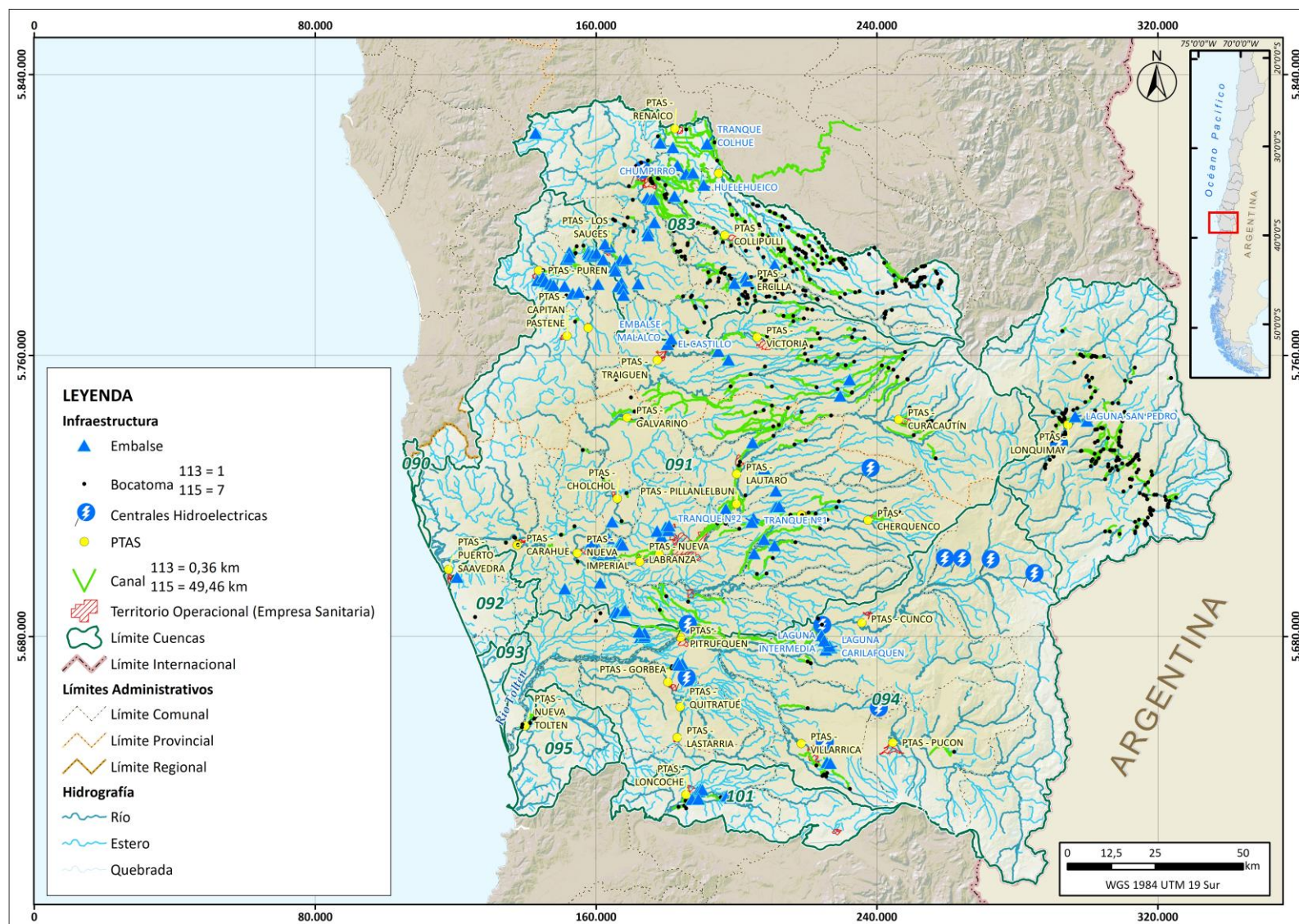
El segundo proyecto se realizó en el año 2021. CMPC en conjunto con otras organizaciones implementó 44 sistemas de captación de precipitaciones en viviendas y sedes sociales, en la comuna de Lumaco en la cuenca Río Imperial (CMPC, 2021).

Por su parte, en el año 2023 la Universidad Católica de Temuco implementó un sistema demostrativo de cosechadora de aguas lluvias de 5000 L de almacenamiento, que permite suministrar agua para los servicios sanitarios de la universidad. Se encuentra ubicado en la ciudad de Temuco en la cuenca Río Imperial (UCT, 2023)

v. Uso de aguas servidas tratadas

Se identificaron dos (2) iniciativas de reutilización de aguas servidas. El primero consiste en un proyecto desarrollado por el Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medio Ambiente (CIBAMA), para el tratamiento y posterior reutilización del agua tratada en el proceso productivo de la empresa Eagon Lautaro S.A. perteneciente al rubro de manufacturación de madera, ubicada en la cuenca Río Imperial (FICA UFRO, 2022).

El segundo proyecto es desarrollado por el Centro Turístico Frantina y consiste en la reutilización de 80% las aguas grises de las tinajas de sus inmediaciones. Se encuentra ubicado en Pucón, en la cuenca Río Toltén (El Mostrador, 2024).



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

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

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

Dentro de la región de la Araucanía 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 de la Araucanía

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Temuco y Padre Las Casas	Temuco, Labranzas y Padre Las Casas	Río Imperial (91)	D.S. N°1941 del 31-10-2002

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 de la Araucanía

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Mantua, Paralelo Casaje Puerto Edén, Benjamín Frankiln, Galileo, Florencia, Alessandria, Avenida Manuel Recabarren, Parma, Pitagoras Norte, Alessandri, Italia, Ancora, Imperial, Manuel Recabarren, Javiiera Carrera, Avenida Francisco Salazar, Los Pioneros, Pelantaro, Javiera Carrera, Simón Bolívar, Padre Luis De Valdivia, Las Encinas, Monte Igeldo, San Nicolas, Los Pablos, Los Conquistadores, Los Jazmines, Las Quillas, Las Lilas, General Carrera, Las Rosas, Caupolicán, Las Tilas, Las Camelias, Santa Teresa, General Mackena, Calle Imperial, Bernardo O Higgins, Quiriquina, Patricio Lynch, Bernardo O Higgins, San Martin, Manuel Bulnes, General Pedro Lagos, Peatonal Porfirio Diaz, Andrés Bello, Avenida Bernardo O Higgins, General Aldunate, Claro Solar, Antonio Varas, Lago Calafquén, Diego De Almagro, Pablo Neruda, Las Heras, Vickuña Mackenna, General Cruz, Diego Portales, Tiburcio Saavedra, Manuel Montt, Malvoa, Chacay, Huíncul, San Ramon, Lago Panguipulli, Ministro Zenteno, Avenida San Martin, Avenida Arturo Prat, Voltaire, Puntilla, Manuel Antonio Matta, Manuel Rodríguez, Colima, Avenida Caupolicán, Barros Arana, Avenida Aníbal Pinto, Lautaro, Avenida Recreo, Avenida Andes, Abelardo Silva, Sargento Aldea, Inés De Suarez, Allipén, Antifil, Ramon Freire, Miraflores, Avenida Balmaceda, Coquimbo, Balmaceda, Avenida Alemania, Volcán Tupungato,	Existente	Río Imperial

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Volcán Calbuco, Francisco Bilbao, Melipeuco, Las Delicias, Avenida Inglaterra, Avenida Barros Arana, Pircunche, Cartagena, Janequeo, Bascuñán Santa María, Colector 33, Avenida Gabriela Mistral, Avenida Costanera, Carlos Pezoa Veliz, Palguin, Paine, Victor Domingo Silva, Pisagua, Papudo, San Felipe, Avenida Pedro De Valdivia, Chacao, Chañaral, Combarbala, Luis Durand, Tegualda, La Serena, Vista Hermosa, Monte Los Olivos, Magallanes, Ovalle, Rio De Janeiro, Venezuela, Carampangue, Hochstetter, Monte Ararat, Rucapequen, Licanray, Regidor Francisco Poblete, Valdivia, Doce De Febrero, Argemntina, Mariquina, Corte Alto, Coñaripe, Cauquenes, Cacique Aillan Marillan, Constitucion, Puerto Varas, Concepción, Puerto Montt, Cristóbal Colon, Trabunco, San Fernando, Brasil, Contulmo, Cañete, Nacimiento, Kolossa, Avenida Regidor Francisco Poblete, Rio Orinoco, Rudecindo Ortega, Victor Pérez Rosales, San Vicente, Rio Parana, Rio Colorado, Santo Domingo, Coyanco, Lelfun, Nahuelbuta, Rayenco, Avenida Huérfanos, Hueterucam, Huelliman, Cacique Coliman, Cacique Lemuñao, Bandera, Surire, Los Apachetas, Cacique Collipan, Cacique Callupi, Isquina, Cacique Melivilu, Avenida Rudecindo Ortega, Cacique Cheuquellan, Llanquihuen, Cacique Chiguaihuén, Lanuzana, Pasaje 3, Rudecinto Ortega, Pasaje 2, Pasaje Cuatro, Avenida Portal, Cacique Huentu, Botacura, Arcalafquen y Llutay		
Calle Bramante, Milano, Pasaje Pitagoras Sur, Forly, Campamento Los Araucanos, Puerto Cárdenas, Miguel Ángel, Modena, Pasaje Frezzo, Italia, Imperial, Alessandria, Avenida Manuel Recabarren, Cremona, Almirante Barroso, Belluno, Parma, Toscana, Venecia, Messina, Francisco Plaiteado, Simón Bolívar, Avenida Italia, Los Pioneros, Las Tranqueras, Las Vaquerias, Los Aperos, Javiera Carrera, Avenida De Los Poetas, Los Conquistadores, Uruguay, Santa Teresa, Las Encinas, Claro Solar, San Martín, Pablo Neruda, Sangers, Avenida San Martín, Sargento Aldea, Voltaire, Alemania, Senador Estebanez, Valparaíso, Avenida Aníbal Pinto, Janequeo, Avenida Barros Arana, Francia, Avenida Pedro De Valdivia, Bascuñán Santa María, Rudecindo Ortega, Valdivia, Brasil, Avenida Rudecindo Ortega, Toco, Cariquima y Avenida Rudecinto Ortega	Proyectado	

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

No hay obras de control aluvional en la región.

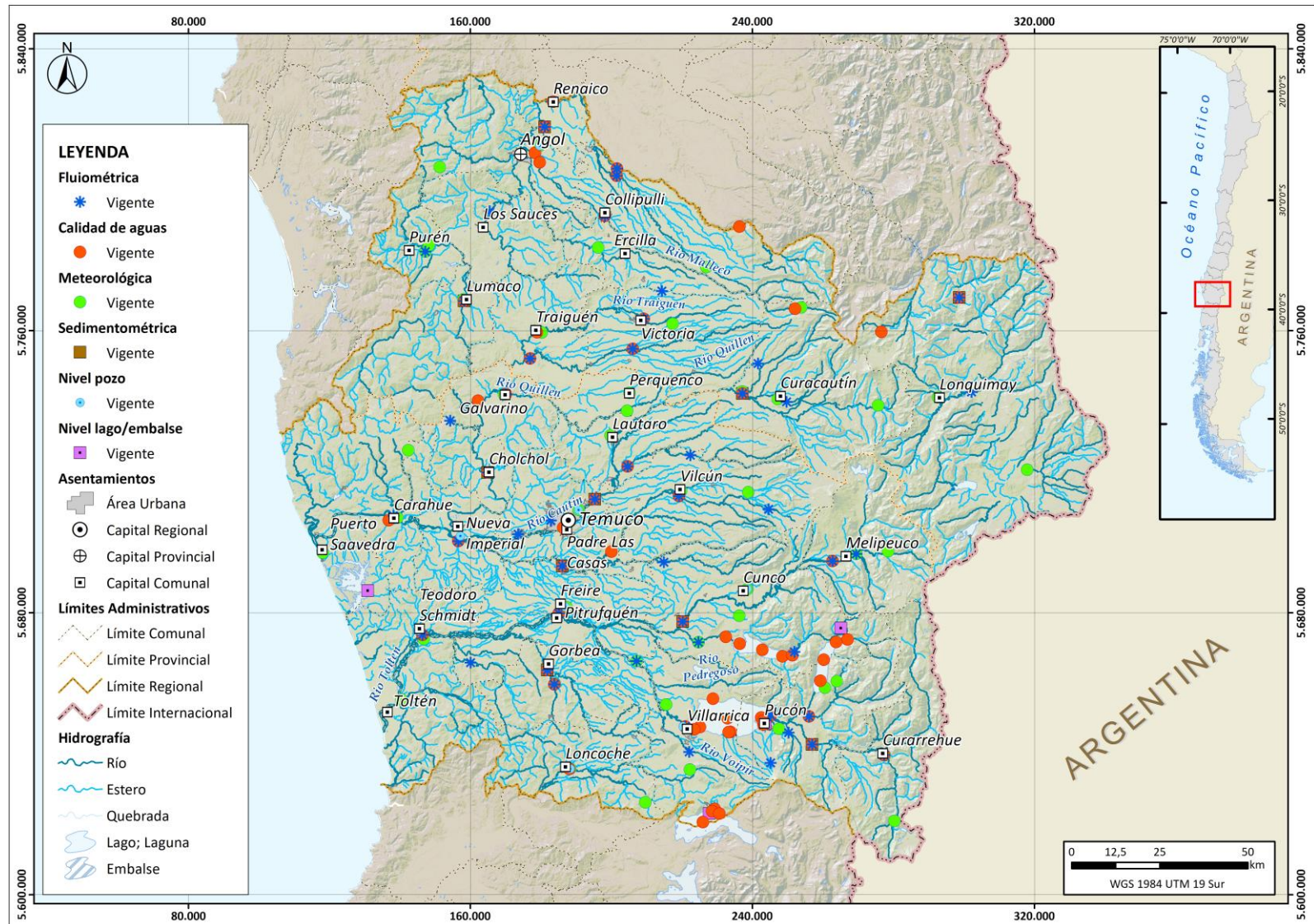
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región de la Araucanía se encuentran 191 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 12.01 se encuentra la distribución de la red por cuenca. En la Figura 3.1-7 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. Se observa que la infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas de Río Imperial y Río Toltén.

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

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	62	0
Fluviométrica	49	0
Meteorológica	55	0
Nivel de pozo	11	0
Sedimentométrica	10	0
Nivel de lago y embalses	4	0
Glaciológica	0	0
Rutas de nieve	0	0
Total	191	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 la Araucanía

3.1.2 Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente

A continuación, se exponen las propuestas identificadas en diversos estudios y planes para la región de la Araucanía entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 12.04.

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	9
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	1
	Defensa fluvial y aluvional	7
	Desalinización	0
	Infraestructura de riego	0
	Infraestructura de distribución de agua	2
	Obras de acumulación de agua	3
	Reúso de aguas residuales	0
	Redes de aguas lluvias	7
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	0
	Drenaje de aguas	0
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	0
	Conservación de riberas	1
	Total	30
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	0
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	0
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	0
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	1
	Conservación y restauración de riberas y cauces	0
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	0
	Estudios obras de acumulación de agua	9

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	0
	Conservación obras de riego	0
	Estudio sistemas de riego	2
	Estudios contaminación de aguas	1
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	1
	Estudio obras de distribución de aguas	4
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	7
	Estudio de reúso de aguas	2
	Diagnóstico de OUA y DAA	2
	Estudios para abastecimiento de agua potable	0
	Total	29
Medidas de gestión	Creación de capital humano	8
	Análisis situación legal DAA	0
	Fortalecimiento y formalización de OUA	4
	Reservas de agua	0
	Manejo de quebradas	0
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	1
	Manejo de normas ambientales e hídricas	2
	Planes y políticas	3
	Total	18
Total, general		77

Fuente: Elaboración propia.

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

Tabla 3.1-7 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	11	13	19	23
Infraestructura hídrica no estructural	27	27	4	29
Medidas de gestión	13	15	6	18

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la región de la Araucanía, no hay ninguna iniciativa que contenga información acerca del estado de su ejecución.

En la Tabla 3.1-8 se presentan los planes de desarrollo de empresas sanitarias presentes en la región por implementar.

Tabla 3.1-8 Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de la Araucanía

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Aguas Araucanía	2019	Cherquenco, Ercilla, Lastarria, Loncoche, Los Sauces, Mininco, Nueva Imperial, Purén, Quitratúe, Traiguén y Vilcun	Mejoramientos en la red de distribución de AP y renovación de red de AS
		Angol	Reposición y conservación PTAS, mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y reposición equipos PEAS
		Cajón	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, obras de almacenamiento y potabilización y aumento de capacidad PEAS
		Carahue	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAP, aumento de capacidad PEAS, captaciones, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAP
		Chol-Chol	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización y obras de distribución
		Cunco	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAP y refuerzo de red de AS
		Curacautín	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PEAS
		Freire	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, obras de almacenamiento y

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			potabilización y aumento de capacidad PTAP
		Galvarino	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y obras de almacenamiento y potabilización
		Gorbea	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS
		Licanray	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación PEAS, refuerzo de colectores, nueva PEAS y nueva PTAS
		Lonquimay	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y mejoramiento PTAS
		Lumanco	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAP y aumento de capacidad PTAS
		Nueva Toltén	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y mejoramiento PTAS
		Pitrufquén	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAP y obras de almacenamiento y potabilización
		Puerto Saavedra	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS, ampliación capacidad de producción de AP y mejoramiento PTAS
		Renaico	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, mejoramiento PTAS y aumento de capacidad PEAS

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Temuco	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, ampliación capacidad de producción de AP, refuerzo de colectores, aumento de capacidad PEAS y aumento de capacidad PEAP
		Victoria	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PEAP
		Villarrica	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PEAS
		Collipulli	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y obras de recolección
		Lautaro	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y aumento de capacidad PEAP
		Capitán Pastene	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PTAP
		Pucón	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS y obras de almacenamiento y potabilización
		Padre las Casas	Aumento de capacidad PEAS, mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, obras de almacenamiento y potabilización y obras de distribución
Aguas San Isidro	2021	Pillanlelun	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAP, refuerzo de red de AS, refuerzo de colectores, aumento de capacidad PTAS y reposición equipos PTAS

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
	2022	Labranza	Captaciones y aumento de capacidad PEAS

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

Por último, en la Tabla 3.1-9 se consideran los planes maestros de aguas lluvias proyectadas y en desarrollo para la región.

Tabla 3.1-9 Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región de la Araucanía

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto	Estado decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Angol	Angol	Río Biobío (83) y Río Imperial (91)	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 3.1-10 se presentan las iniciativas ejecutadas a partir de las estrategias de acción y montos asociados a cada proyecto. El listado completo de estas iniciativas se presenta en el Anexo 12.04.

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

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	APR concentrado	141	53.730.817	68.800.506
		APR semi concentrado	167	62.665.745	77.480.086
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	55	26.700.002	30.626.529
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	15	6.345.121	7.641.519
		Evacuación y drenaje de aguas lluvias	22	19.951.345	23.057.435
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	20	6.648.974	7.130.327

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
		Explotación de obras de riego	13	5.748.213	7.444.622
	Redes hidrométricas	Gestión y manejo de cuencas hidrográficas	2	277.350	399.743
	Obras de distribución de aguas	Obras medianas de riego	25	13.026.631	15.795.829
Infraestructura hídrica no estructural	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	28	18.847.179	22.004.692
		Manejo de cauces	11	6.081.042	7.114.093
Medidas de gestión	Planes y políticas	Planes maestros de aguas lluvias	8	433.795	594.527
		Planes maestros de obras fluviales	1	28.743	41.427

Fuente: Elaboración en base a MOP, (2023)

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

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

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

4.1 BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO

Se estimó la brecha hídrica a nivel de cuenca (BNA) para cada una de las presentes en la región. Para esto, se consideró como oferta hídrica la curva de frecuencia calculada a partir de los caudales medios anuales, obtenidos del Balance Hídrico Nacional (BHN) en el periodo 1985-2015. Por otro lado, la demanda hídrica se determinó al agregar las demandas consuntivas de los diferentes usos en cada cuenca, siendo estas: agua potable urbana, agua potable rural, agrícola, pecuario, minera, industrial y generación eléctrica, incorporando además la demanda proyectada. Adicionalmente, se incluye la recarga subterránea, proveniente de estudios específicos en la cuenca, 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 12.05 se presentan los gráficos con las brechas para cada cuenca. La metodología utilizada para la clasificación se presenta en el Anexo B del Informe Nacional.

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

en la oferta, se establece la componente de balance de la brecha hídrica para el **año 2055**. Cabe señalar que las brechas asociadas al balance hídrico y las brechas hídricas estratégicas son factores complementarios para el análisis de brechas de infraestructura y para la selección de medidas a implementar. Es decir, las brechas de infraestructura se identificarán considerando la existencia de brechas asociadas a la disponibilidad física de agua (brechas de balance hídrico), además de la necesidad de ejecutar estudios, programas u otras medidas de gestión para que la infraestructura seleccionada pueda ser implementada correctamente (brechas hídricas estratégicas). Para definir la brecha hídrica asociada al balance, este estudio consideró dos criterios:

- **Criterio 1:** Se evalúa si la demanda total de la cuenca supera la oferta 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.

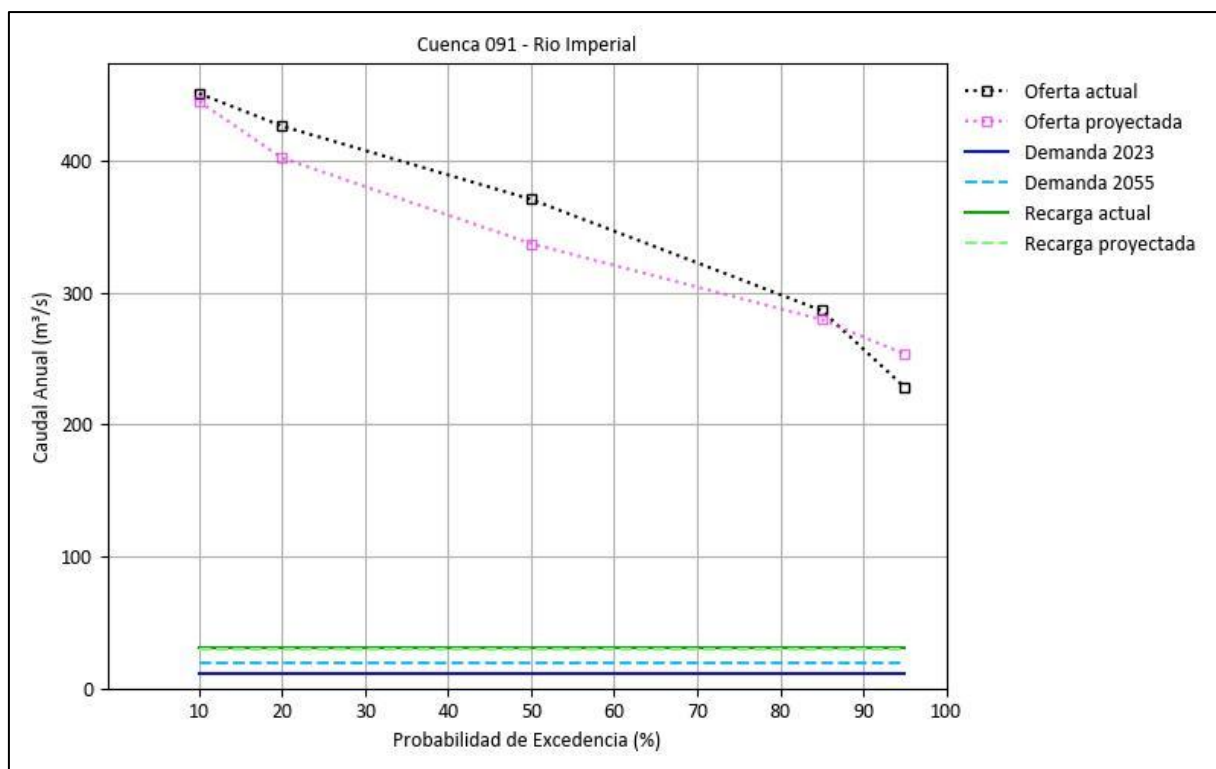
Clasificación final: En el caso de existir dos (2) tipos de restricción (superficial y subterráneo) en la cuenca, esta se define inmediatamente como **cuenca crítica**. En el caso de existir un (1) tipo de restricción (superficial o subterráneo) en la cuenca, la clasificación definida en el *Criterio 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 4.1-2 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**. Además, se debe considerar que ninguna cuenca actualmente posee algún tipo de restricción, ya sea para el uso de aguas superficiales como para aguas subterráneas, con lo que finalmente

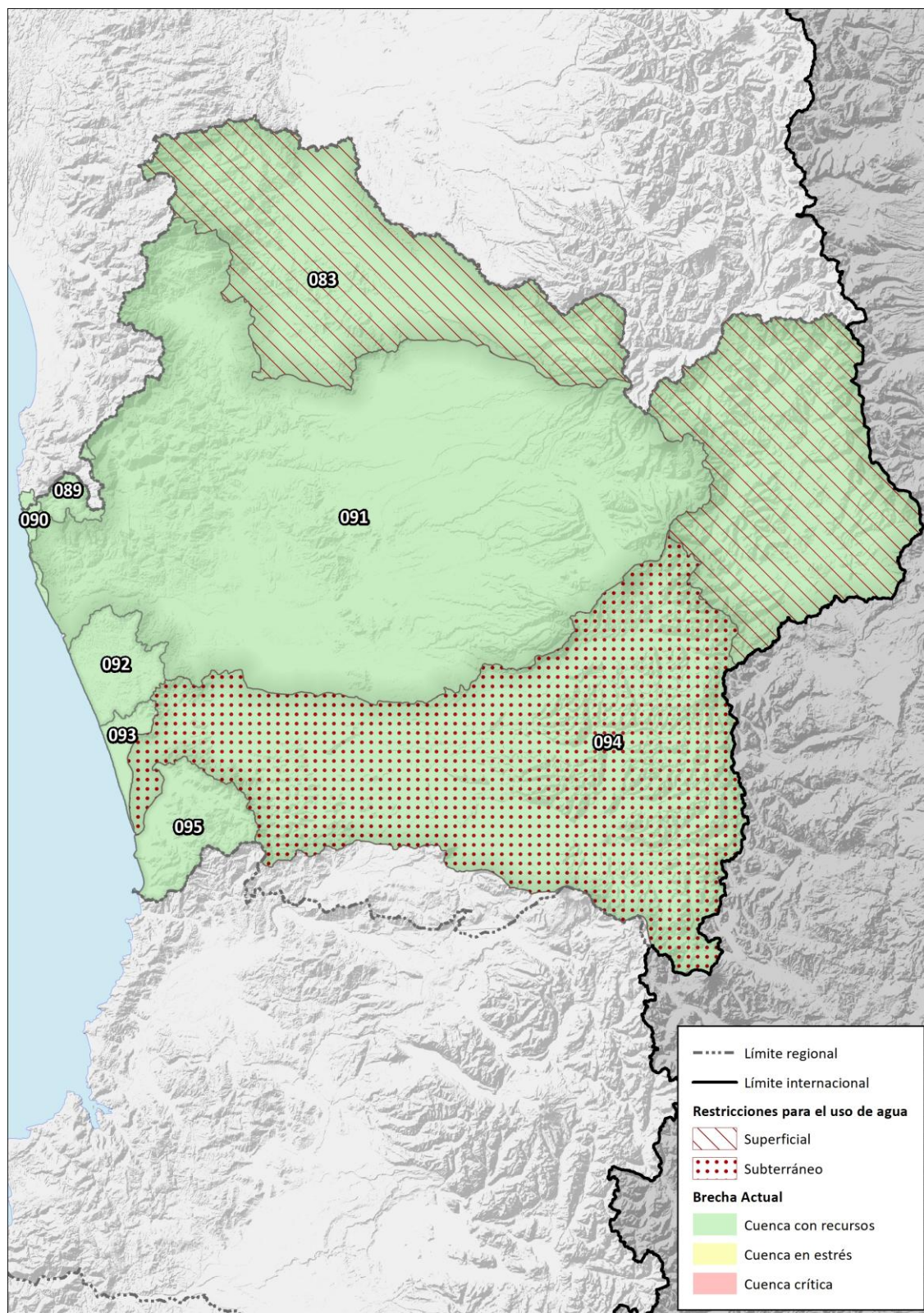
⁵ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)

se reclasificarían a **cuenclas en estrés o críticas** (ver Tabla 4.1-1). En la Figura 4.1-1 se muestra el caso para la cuenca del río Imperial (BNA 091), la más grande de esta región.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 091



Fuente: Elaboración propia

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

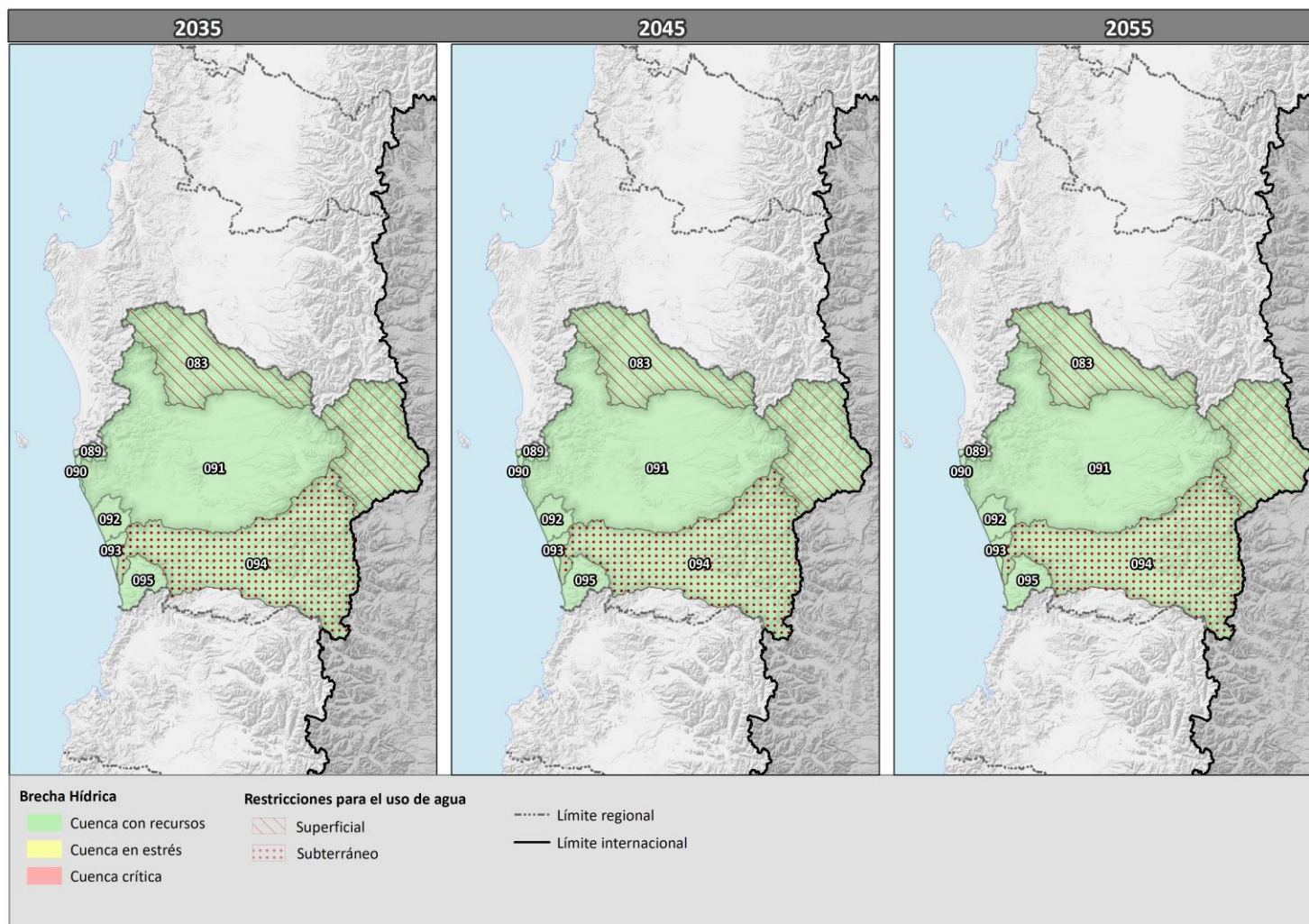
Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de la Araucanía

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
083	Rio Bio-Bio	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
090	Costeras Limite Region y R. Imperial	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
091	Rio Imperial	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
092	Rio Budi	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
093	Costeras Entre Rio Budi y Rio Tolten	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
094	Rio Tolten	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
095	Rio Queule	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que ninguna cuenca se encuentra en una situación de estrés o crítica al año 2025. No obstante, se debe considerar que, si bien según el balance hídrico de la cuenca, el estado de las cuencas es con recursos a futuro, si existieran restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales no se encuentran en ninguna cuenca de la región), la situación sería de estrés o crítica. Esta situación se puede observar en la Figura 4.1-3.

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, pese a que no se dispone de una estimación de la recarga en todas las cuencas para un completo entendimiento de la brecha hídrica existente, es el estado de todas las cuencas es con recursos, por lo que no se evidencia una situación de preocupación en alguna cuenca.



Fuente: Elaboración propia

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

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 16,2% y 24,5% de las viviendas rurales regional.
- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 34,5% y 69,8% de la población rural regional.
- No se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre el 16,2% y un 69,3% de la población rural regional.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable y alcantarillado en las áreas rurales de la región, ya que los indicadores presentan sesgo de información al dejar a comunas fuera de análisis.
- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS

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

- No existen catastros de SSR actualizados y generalizados para la región, que contengan la información necesaria para identificar concretamente el porcentaje de población rural con acceso a agua potable y alcantarillado
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos
- Déficit de red hidrométrica operativa y consolidada
- Carencia de conocimientos y métodos de implementación de soluciones basadas en ecosistemas para adaptarse al cambio climático (Santis, 2016).
- Se identifica una serie de brechas de información entorno al funcionamiento y gestión de las obras de acumulación de aguas, lo que repercute en el mal funcionamiento y distribución del recurso hídrico.
- No se cuenta con información actualizada sobre el estado de los canales de riego, lo cual podría llevar a una subestimación de la demanda hídrica.
- No se dispone de información detallada respecto al volumen embalsado de todos los embalses de la región. Esta falta de datos dificulta la evaluación precisa de la capacidad de almacenamiento hídrico disponible, así como la planificación efectiva para el manejo del recurso hídrico y la prevención de posibles crisis hídricas.
- No se cuenta con información de calidad de aguas de las cuencas costeras e islas entre Río Paicaví y Limite Región (Código BNA: 089), cuenca Río Budi (Código BNA: 092), cuenca costeras entre Río Budi y Río Toltén (Código BNA: 093) y cuenca Río Queule (Código BNA: 095).

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.

- En concordancia con lo anterior, en el caso específico del sector minero, no se dispone de información sobre la producción de la pequeña minería que permita estimar su demanda hídrica
- No se presentan catastros 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 Consumo Humano por cuenca región de la Araucanía

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii entre un 10% y un 31% 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 16,2% y un 24,5% de la totalidad de las viviendas rurales de la región.	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de infraestructura básica de agua potable y saneamiento de calidad que asegure el acceso universal y reduzca las disparidades regionales, especialmente en comunidades marginadas. Falta de seguimiento y gestión de proyectos rurales de agua y saneamiento, así como de la cuantificación y localización de las demandas de suministro de agua para los hogares rurales.	Porcentaje de cobertura de la red de agua potable rural respecto del total de viviendas de la cuenca.	Cobertura menor a o igual a 70% Cobertura mayor a 70% y menor a 85% Cobertura mayor o igual a 85	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii entre el 23% y el 55% de la población rural declara no presentar acceso a la red de alcantarillado, mientras que no se cuenta con la información de entre un 16% a un 69% de la totalidad de la población rural regional.	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentradas y desconcentradas	Falta de seguimiento y gestión de proyectos rurales de agua y saneamiento, así como de la cuantificación y localización de las demandas de suministro de agua para los hogares rurales. Carencia de coordinación regional y financiamiento adecuado para la implementación de la infraestructura de saneamiento, especialmente en comunidades indígenas y rurales.	Porcentaje de cobertura de la población saneada por alcantarillado rural respecto al total de la población de la comuna.	Cobertura menor a o igual a 30% Cobertura mayor a 30% y menor a 50% Cobertura mayor o igual a 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
La proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región, presenta un incremento en la población rural de un 18% para la cuenca del Río Valdivia (código BNA 101), 13% para la cuenca del Río Queule (código BNA 095) un 11% en la cuenca del Río Biobío y bajo un 8% en las cuencas Río imperial (código BNA 091), Río Budi (código BNA 092), Costeras entre Río Budi y Río Toltén (código BNA 094) y Río Toltén (código BN 095)para el año 2055 respecto de la población actual. Para las áreas sin presencia de APR, se observa un aumento del 5% en la proyección de población para el año 2055 en todas las cuencas, a excepción de las Cuencas Costeras entre Río Budi y Río Toltén (código BNA093) y Río Queule (código BNA 095). (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	1	2	1	2	2	1	2
Se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 93% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,2%.	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	N/A	N/A	1	2	N/A	1	1	1
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 31,4% a nivel regional; donde la localidad de Pillanlebun se mantuvo por sobre el 50% de perdidas, mientras las localidades de Angol, Los Sauces, Renaico y Traiguén se mantuvieron por bajo un 20% de perdidas. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)		Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Perdidas mayor o igual a 40% Pérdidas menor a 40 y mayor a 20% Pérdidas menor o igual a 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	N/A	N/A	2	2	N/A	2	2	2

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

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de la Araucanía (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
Se identificó un (1) proyecto de recarga de acuíferos en la región. La iniciativa fue llevada a cabo por el Centro Tecnológico de la Universidad Mayor en el año 2021. Consistió en la construcción de pilotos de recarga de acuíferos asociados a sistemas de APR por medio de pozos de infiltración en conjunto con especies vegetales de bajo consumo hídrico. Los sistemas permiten recargas desde 100 a 500 m3 de agua por obra, se encuentran ubicados en la comuna de Padre Las Casas, en la cuenca Río Toltén; y en Nueva Imperial, Teodoro Schmidt y Purén, en la cuenca Río Imperial (UMayor, 2022). Se identificaron tres (3) proyectos de cosecha de aguas lluvias en la región. El primero corresponde a un proyecto realizado por el GORE en conjunto con INIA durante los años 2019 y 2023, donde implementaron Módulos Tecnológicos EPA de cosecha de aguas lluvias para consumo familiar y agricultura de subsistencia, beneficiando a 138 familias en las comunas de Galvarino, Curacautín, Victoria, Temuco y Traiguén, ubicadas en la cuenca Río Imperial, y en Padre Las Casas en la cuenca Río Toltén (DGA, 2021) (Diario de la Araucanía, 2024). El segundo proyecto se realizó en el año 2021. CMPC en conjunto con otras organizaciones implementó 44 sistemas de captación de precipitaciones en viviendas y sedes sociales, en la comuna de Lumaco en la cuenca Río Imperial (CMPC, 2021). Por su parte, en el año 2023 la Universidad Católica de Temuco implementó un sistema demostrativo de cosechadora de aguas lluvias de 5000 L de almacenamiento, que permite suministrar agua para los servicios sanitarios de la universidad. Se encuentra ubicado en la ciudad de Temuco en la cuenca Río Imperial (UCT, 2023)	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Insuficiente evaluación del potencial de tratamiento y reutilización de aguas residuales para mejorar el bienestar, proteger el medio ambiente y aumentar la disponibilidad de agua. Carencia de coordinación regional y financiamiento adecuado para la implementación de la infraestructura de saneamiento, especialmente en comunidades indígenas y rurales. Insuficientes estudios hidrogeológicos de recarga de acuíferos, que afectan la administración eficiente de los recursos hídricos y la toma de decisiones informada.	Uso de fuentes no convencionales de agua en consumo humano	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales para consumo humano Se planifica la implementación de proyectos públicos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	1	4	4	1	4	4

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

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica

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

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

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

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

Tabla 4.2-3 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de la Araucanía

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
En la región de la Araucanía, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 69%. Esta eficiencia varía entre un 56% y un 77%, siendo la cuenca Río Biobío la que presenta el valor más bajo, y la cuenca Río Valdivia el valor más alto. Aunque las eficiencias de aplicación de riego son moderadas en general, existe una disparidad entre ellas. Esta variabilidad 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 12.02).	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Insuficiente inversión en infraestructura especializada y gestión integrada del agua para abordar la escasez de agua y fomentar un uso eficiente y sostenible, vinculando los avances tecnológicos con los sectores económicos clave.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 60% 60% < Eficiencia de riego < 70% Eficiencia de riego ≥ 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	2	1	2	2	1	2	1	1
En la región de la Araucanía se identifican aproximadamente 2.184 km de canales, ubicados principalmente en las cuencas Río Imperial y Río Biobío, donde se concentran aproximadamente el 49 y 44% de la red total, respectivamente. En otras cuencas de la región la presencia de canales es meno o inexistente. Es fundamental mantener estos canales para minimizar las pérdidas de agua por filtración y evaporación, lo que a su vez mejora la eficiencia en la distribución del recurso hídrico (mayor detalle en Anexo 12.01)	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.	Insuficiente inversión en infraestructura especializada y gestión integrada del agua para abordar la escasez de agua y fomentar un uso eficiente y sostenible, vinculando los avances tecnológicos con los sectores económicos clave.	Longitud total de canales de riego	Concentra más del 40% de los canales de la región. Concentra entre el 20 y el 40% de los canales de la región. Concentra menos del 20% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	1	4	1	1	1	1	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de la Araucanía aumentará en un 50% para el año 2055. Aunque en los últimos 14 años se ha observado una reducción significativa en la superficie dedicada a praderas mejoradas y un incremento en las praderas permanentes, así como en viñas y parronales, los cuales se adaptan mejor al estrés hídrico en comparación con otros cultivos, aún es necesario fomentar la investigación y el desarrollo de cultivos más resistentes a la sequía y menos dependientes del riego, dadas las proyecciones futuras (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.		Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 25% 5% < Variación ponderada de la demanda < 25% Variación ponderada de la demanda ≤ 5%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	1	1	4	1	1	2	1	1
En la región de la Araucanía, actualmente se identifican Juntas de Vigilancia (JV), Comunidades de Aguas (CA) y Asociaciones de Canalistas (AC). No se identifican 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.).	Falta de iniciativas de formación y desarrollo de capacidades en las comunidades indígenas y organizaciones de usuarios del agua para mejorar la infraestructura de riego y la modernización de la agricultura en pequeña escala.	Presencia de OUAs. Se incluye presencia de Comunidades Indígenas	No hay presencia de OUAs o solo CA/AC o más de 200 comunidades por cuenca Presencia de CAS o JV o menos de 200 comunidades por cuenca y más de 50 comunidades por cuenca Presencia de JV y CAS o menos de 50 comunidades por cuenca	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	1	4	2	1	4	1	2
Se proyecta que, en la región de la Araucanía, la demanda total de agua por parte de la industria manufacturera aumentará un 90% durante el periodo 2023-2055. Este incremento está directamente relacionado con el desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Ante esta situación, es fundamental adoptar tecnologías innovadoras y eficientes para asegurar 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	Insuficiente inversión en infraestructura especializada y gestión integrada del agua para abordar la escasez de agua y fomentar un uso eficiente y sostenible, vinculando los avances tecnológicos con los sectores económicos clave.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica industrial (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 80% 20% < Variación ponderada de la demanda < 80% Variación ponderada de la demanda ≤ 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	4	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 Desarrollo Económico por cuenca región de la Araucanía (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
En la región de la Araucanía se han identificado ciento veintisiete (127) obras de acumulación. Hasta la fecha de elaboración de este estudio, no se dispone de información sobre el volumen actual embalsado de dichas 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 obras de acumulación.	Déficit de infraestructura hídrica crítica que permita abordar los desafíos hídricos en agricultura y silvicultura y promueva una gestión hídrica multipropósito y resiliente al clima. Falta de planificación estratégica y sostenible de los recursos hídricos para garantizar la disponibilidad de agua para actividades productivas, mediante estudios sobre infraestructura de almacenamiento de agua dentro y fuera de los predios.	Disminución de la oferta hídrica superficial (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial ≥ 5% 2 % < variación de la oferta hídrica superficial <5% Disminución de la oferta hídrica superficial ≤ 2%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	2	s/i	2	1	1	2	1	2
En la región de la Araucanía, se han llevado a cabo obras multipropósito para asegurar el suministro de agua utilizando fuentes no convencionales. Según la información disponible, estas obras se limitan únicamente a la cosecha de aguas lluvias. No se dispone de antecedentes sobre la implementación de otras obras ni sobre la existencia de proyectos futuros en esta área (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.	Déficit de infraestructura hídrica crítica que permita abordar los desafíos hídricos en agricultura y silvicultura y promueva una gestión hídrica multipropósito y resiliente al clima. Insuficientes estudios hidrogeológicos de recarga de acuíferos, que afectan la administración eficiente de los recursos hídricos y la toma de decisiones informada.	Presencia de obras o proyectos multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales	No se identifican proyectos para uso de fuentes no convencionales. Se planifica la implementación de proyectos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales. Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	1	4	4	1	4	4

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

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

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

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
Una práctica agrícola que no prioriza la eficiencia en el uso de agroquímicos conduce a la contaminación del suelo, agua y aire, así como a la generación de pasivos ambientales. El uso responsable de agroquímicos es fundamental para mitigar los impactos ambientales de la agricultura. En la Región de la Araucanía, con una importante producción de cultivos como papa y trigo, el uso intensivo de agroquímicos presenta riesgos elevados. En 2022, el 35% de las muestras de agua en áreas agrícolas mostraron niveles superiores a los recomendados de nitratos (Fuente: Informe de la Oficina de Planificación Agraria, 2022).	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura		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	s/i	s/i	1	s/i	s/i	1	s/i	1
El deterioro de la calidad del agua debido a las descargas de aguas servidas en la Araucanía se agrava con la falta de saneamiento en localidades rurales. En 2023, el 60% de las localidades rurales no contaban con sistemas adecuados de tratamiento, afectando la calidad del agua en ríos y lagos (Fuente: Ministerio de Salud, 2023).	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Carencia de incentivos para la restauración de áreas degradadas y mejora ambiental en las ciudades, incluida la eficiencia del recurso hídrico y la implementación de un programa de transferencia de tecnología para la remediación ambiental.	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
Aunque la Araucanía no es una región minera prominente, la actividad industrial en la región aumenta la demanda hídrica y el riesgo de contaminación. En 2022, se reportaron niveles elevados de metales pesados en cuerpos de agua cercanos a zonas industriales debido a la escasa infraestructura de control durante eventos de crecidas (Fuente: Informe del Centro de Estudios del Agua, 2022).	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
La expansión agrícola y el cambio de uso del suelo en la Araucanía han afectado negativamente a los ecosistemas acuáticos. Un estudio del 2023 revela que el 45% de los humedales en la región han sido alterados por la expansión agrícola, afectando su capacidad para regular la calidad del agua (Fuente: Fundación Defensores del Medio Ambiente, 2023).	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Falta de integración de consideraciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y regulación del uso de la tierra rural, lo que dificulta el equilibrio entre la conservación de los ecosistemas acuáticos y las necesidades humanas de seguridad hídrica.	Tasa de deforestación en la región de la Araucanía 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: Observación de un cambio significativo y extenso de suelo natural a usos antropogénicos (ej. grandes áreas de deforestación, urbanización masiva). Media criticidad: Observación de un cambio moderado de suelo natural a usos antropogénicos (ej. expansión agrícola, crecimiento urbano moderado). Baja criticidad: Observación de un cambio leve o nulo de suelo natural a usos antropogénicos (ej. áreas protegidas, conservación predominante).	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La expansión agrícola y el cambio de uso del suelo en la Araucanía han afectado negativamente a los ecosistemas acuáticos. Un estudio de 2023 revela que el 45% de los humedales han sido alterados por la expansión agrícola, afectando su capacidad para regular la calidad del agua (Fuente: Fundación Defensores del Medio Ambiente, 2023).	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	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

Tabla 4.2-6 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de la Araucanía (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
La Araucanía carece de normas secundarias específicas para la calidad de aguas superficiales. Según el informe de 2022 del Servicio Nacional de Salud, la falta de directrices claras ha dificultado la implementación de medidas de restauración efectivas en cuerpos de agua afectados por eutrofización (Fuente: Servicio Nacional de Salud, 2022).	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas (OCDE, 2016)		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	4
A pesar de algunos esfuerzos en la mejora de infraestructura, la frecuencia y la calidad del monitoreo de aguas en la Araucanía siguen siendo insuficientes. Un informe de 2023 indica que solo el 30% de los sitios de monitoreo cumplen con los estándares internacionales de frecuencia y precisión (Fuente: Agencia de Protección Ambiental de la Araucanía, 2023).	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Falta de mejora y ampliación de la red de estaciones fluviométricas y meteorológicas, como también de frecuencia de monitoreo lo que limita la optimización del control de calidad del agua y caudales en las cuencas.	Frecuencia de monitoreo, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas. Complementado con existencia de estaciones fluviométricas y meteorológicas	Alta criticidad: Monitoreo cada dos años. No cuenta con estaciones fluviométricas o estaciones meteorológicas Media: Monitoreo con información actualizada anualmente. O cuenta con menos de 10 estaciones fluviométricas o menos de 5 estaciones meteorológicas Baja: Monitoreo con información disponible cada 6 meses o menor a esto. O cuenta con más de 10 estaciones fluviométricas o más de 5 estaciones meteorológicas	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	1	4	4	1	2	2
La pérdida de capacidad natural de los ecosistemas en la Araucanía se debe a la insuficiencia del caudal ambiental en humedales y bosques ribereños. Un estudio de 2022 muestra que el 50% de los humedales han perdido su capacidad de filtración debido a la reducción de caudal (Fuente: Centro de Investigación en Ecología de Ecosistemas, 2022).	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	Buena calidad (1): Agua dentro de los límites de las normas chilenas. Regular calidad (2): Agua con algunos contaminantes, pero dentro de la mayoría de las normas. Mala calidad (3): Agua que supera las normas chilenas en varios puntos de monitoreo. Insuficiente información (4): Falta de datos suficientes para evaluar la calidad del agua. Alta criticidad (3): Proporción de humedales protegidos < 5% No aplica (4): Sin áreas protegidas de humedales (indicador calculado abajo)	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La degradación de los humedales en la Araucanía ha llevado a una pérdida significativa de servicios ecosistémicos, como la regulación del agua y la biodiversidad. Según un informe de 2022, el 40% de los humedales en la región han sido degradados, afectando negativamente sus servicios ecosistémicos (Fuente: Red de Humedales de la Araucanía, 2022).	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	2	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

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

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

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

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

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

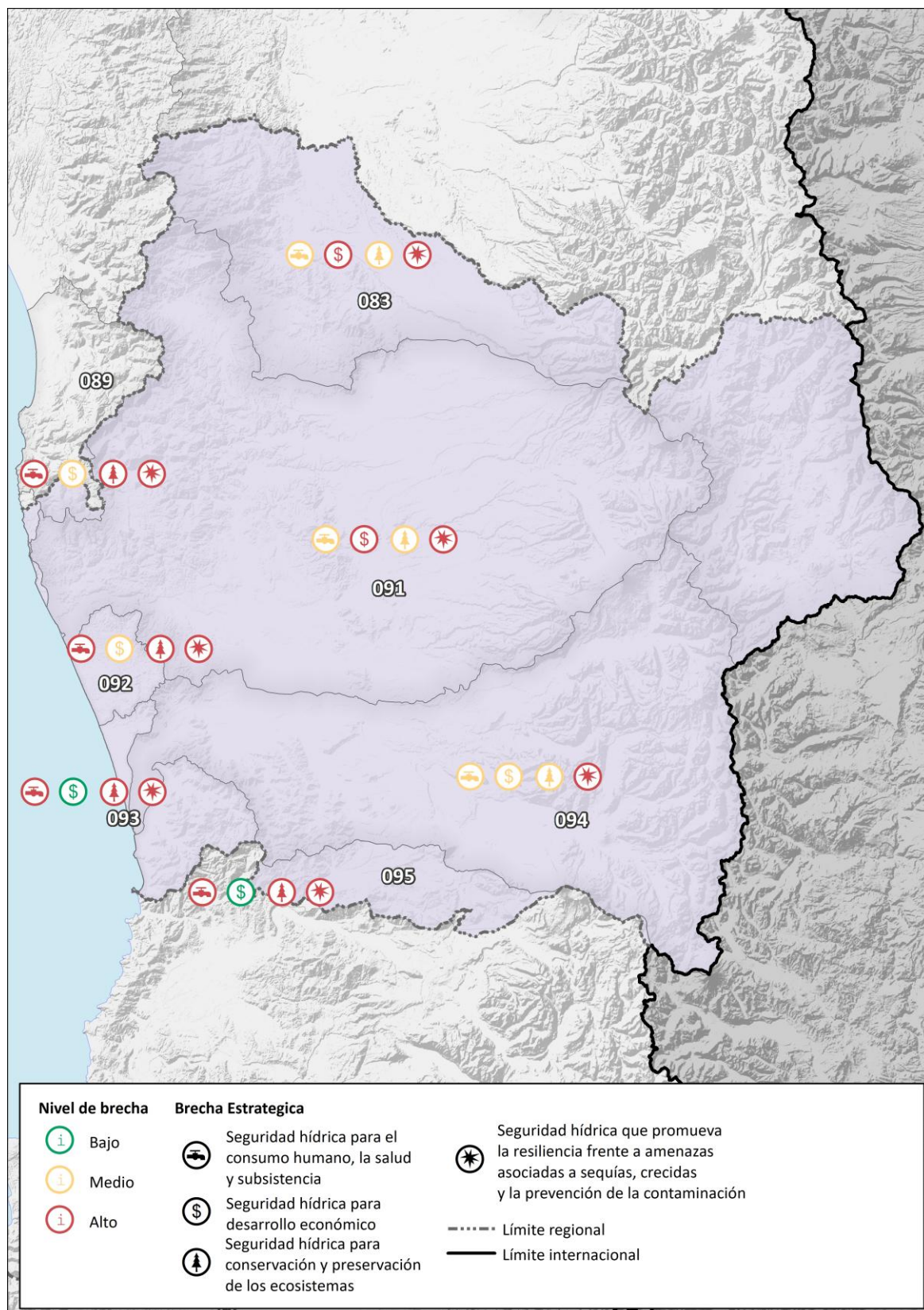
Tabla 4.2-7 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por cuenca región de la Araucanía

Justificación regional	Brechas Estratégicas General	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Rio Bio-Bio	Costeras e Islas entre R. Paicaví y Limite Región	Costeras Limite Región y R. Imperial	Rio Imperial	Rio Budi	Costeras Entre Rio Budi y Rio Toltén	Rio Toltén	Rio Queule	Rio Valdivia
En la región de La Araucanía no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional. No obstante, se identifican planes maestros de aguas lluvia para las comunas de Temuco y Padre Las Casas	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Falta de estándares clave de infraestructura resiliente que incorporen factores socioeconómicos y promuevan soluciones ecológicas para proteger a la población en áreas vulnerables y gestionar los riesgos del cambio climático.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápite 2.3.2). Se incluye la ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Variación porcentual sobre 20% de Pp24 en eventos extremos u Ocurrencia Histórica de eventos de inundación o aluvión. 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	4	4	2	4	4	4	4	4	4
En la región de La Araucanía no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Falta de estándares clave de infraestructura resiliente que incorporen factores socioeconómicos y promuevan soluciones ecológicas para proteger a la población en áreas vulnerables y gestionar los riesgos del cambio climático.	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	2	2	2	4	4	4	4	2	2
En la región de La Araucanía no existe infraestructura de defensa fluvial y aluvional	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Falta de estándares clave de infraestructura resiliente que incorporen factores socioeconómicos y promuevan soluciones ecológicas para proteger a la población en áreas vulnerables y gestionar los riesgos del cambio climático.	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	2	2	2	4	2	2	2	1	1

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Resumen de brechas estratégicas

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-1 Resumen de Brechas Estratégicas por cuenca región de la Araucanía

4.3 BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA

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

4.3.1 Desarrollo matriz OAI

4.3.1.1 Objetivos

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

- i. Dimensión para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia**
 - Asegurar el acceso universal a la infraestructura básica, especialmente en comunidades marginadas. Esto incluye garantizar el derecho humano al agua mediante servicios de agua potable y saneamiento de calidad y asequibles. Se propone proporcionar infraestructura para reducir las disparidades regionales, promover la equidad y mejorar la calidad de vida con un enfoque de género. Las prioridades son apoyar a los asentamientos rurales más pequeños, mejorar el acceso a los servicios básicos y desarrollar infraestructura estratégica para el desarrollo sostenible. Se establecerán estándares mínimos para la infraestructura urbana y se promoverán proyectos de alta calidad en áreas desatendidas. El objetivo es crear un sistema de servicios de infraestructura eficiente, eficaz y resiliente en la Región de la Araucanía que aborde las brechas de desarrollo regional y pobreza. Los recursos hídricos se planificarán de manera estratégica y sostenible para garantizar la disponibilidad para el consumo humano. También se mejorará el seguimiento y la gestión de los proyectos rurales de agua y saneamiento, con la cuantificación y localización de las demandas de suministro de agua para los hogares rurales.
 - Evaluar la capacidad para garantizar servicios básicos de infraestructura que reduzcan tanto la vulnerabilidad a los riesgos socionaturales como las brechas sociales y que promuevan la equidad en saneamiento. Priorizar la evaluación objetiva del potencial de tratamiento y reutilización de aguas residuales para mejorar el bienestar, proteger el medio ambiente y aumentar la disponibilidad de agua. La Región de la Araucanía analizará su sistema integrado de infraestructura para superar las brechas de

desarrollo y pobreza, mejorar la habitabilidad y la calidad de vida de las comunidades indígenas y rurales. La región también evaluará la planificación y coordinación regional para asegurar el financiamiento y la implementación de la infraestructura de saneamiento.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos hídricos, en particular en la agricultura y la silvicultura. Adicionalmente, se propone el desarrollo de infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente al clima que aproveche soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos. La región también busca identificar oportunidades territoriales actuales y futuras para expandir la base económica de las zonas rurales a través de diversas actividades competitivas relacionadas con el agua, promoviendo el dinamismo económico local y el empleo. Los recursos hídricos se deben planificar de manera estratégica y sostenible para garantizar y asegurar la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades productivas agrícolas y forestales, realizando estudios sobre infraestructura de almacenamiento de agua dentro y fuera de los predios.
- Aprovechar los avances tecnológicos vinculados a los recursos naturales y al capital humano para promover servicios de infraestructura especializados para sectores económicos clave. Implementar la gestión integrada del agua, invirtiendo en infraestructura para abordar la escasez y promoviendo la investigación para permitir un uso eficiente y sostenible del agua. También son objetivos las mejoras en la gestión de las comunidades indígenas y las organizaciones de usuarios del agua mediante iniciativas de formación y desarrollo de capacidades. La región tiene como objetivo aumentar los avances tecnológicos, con un enfoque en la modernización de la agricultura en pequeña escala, la mejora de la infraestructura de riego y la expansión del área irrigada, con el objetivo de aumentar la producción y los rendimientos hortícolas.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Preservar los ecosistemas, abogar por un desarrollo descentralizado y geográficamente equilibrado, con servicios de infraestructura, sistemas económicos productivos y asentamientos distribuidos de acuerdo con las diversas capacidades e idoneidades de cada territorio. Además, el estudio integrará consideraciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y regulación del uso de suelo rural, equilibrando la conservación y gestión de los ecosistemas acuáticos con las necesidades humanas de seguridad hídrica y promoviendo prácticas de uso sostenible de la tierra para prevenir la desertificación y la erosión del suelo.

Finalmente, el estudio pretende incentivar la restauración de áreas degradadas, así como establecer metas específicas de mejora ambiental para las ciudades, incluida la eficiencia del recurso hídrico. Esto se complementará con una evaluación de los problemas ambientales y un programa de transferencia de tecnología para la remediación ambiental, así como iniciativas de incentivos económicos para medidas privadas de conservación y protección relacionadas con los recursos hídricos.

- Evaluar los sistemas naturales como soportes fundamentales en la planificación y el diseño de intervenciones territoriales, e integrarlos en políticas, regulaciones y planes relevantes para crear conciencia sobre su valor y la necesidad de protección, restauración y remediación. También se busca medir y monitorear los servicios ecosistémicos, promover la construcción sustentable e inventariar información sobre los cambios en el suelo y el uso de la tierra para mitigar los riesgos. Además, se diagnosticará redes de calidad del agua, relevará y digitalizará datos de recursos hídricos, actualizará el conocimiento de los acuíferos de la región y mejorará los modelos de aguas subterráneas. También se monitoreará los niveles y la calidad de las aguas subterráneas, comprenderá los flujos de agua y la intrusión de agua salada.

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

- Establecer estándares clave de infraestructura, promover infraestructura resiliente, incorporar factores socioeconómicos, salvaguardar a la población, invertir en soluciones ecológicas y asegurar la compatibilidad de la infraestructura. El enfoque se centra en la identificación de áreas vulnerables y la implementación de estrategias de prevención, adaptación y mitigación para mejorar la seguridad, la resiliencia y el desarrollo sostenible. La región gestionará eficazmente los riesgos de desastres, contribuirá a la protección y desarrollará estrategias para abordar los desafíos del cambio climático, incluida la gestión del agua. Finalmente, se implementarán programas para mejorar las áreas con problemas de drenaje e inundaciones, con apoyo municipal y regional.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región del Araucanía (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 77 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 distribución de agua, obras de acumulación de agua, redes de aguas lluvias 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 y las brechas estratégicas brechas estratégicas identificadas en el acápite 4.2, se presentan en la Tabla 4.3-1 y Tabla 4.3-2 las tipologías de iniciativas y las medidas asociadas que potencialmente podrían resolver las brechas estratégicas.

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

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	Asegurar el acceso universal a la infraestructura básica, especialmente en comunidades marginadas. Esto incluye garantizar el derecho humano al agua mediante servicios de agua potable y saneamiento de calidad y asequibles. Se propone proporcionar infraestructura para reducir las disparidades regionales, promover la equidad y mejorar la calidad de vida con un enfoque de género. Las prioridades son apoyar a los asentamientos rurales más pequeños, mejorar el acceso a los servicios básicos y desarrollar infraestructura estratégica para el desarrollo sostenible. Se establecerán estándares mínimos para la infraestructura urbana y se promoverán proyectos de alta calidad en áreas desatendidas. El objetivo es crear un sistema de servicios de infraestructura eficiente, eficaz y resiliente en la Región de la Araucanía que aborde las brechas de desarrollo regional y pobreza. Los recursos hídricos se planificarán de manera estratégica y sostenible para garantizar la disponibilidad para el consumo humano. También se mejorará el seguimiento y la gestión de los proyectos rurales de agua y saneamiento, con la cuantificación y localización de las demandas de suministro de agua para los hogares rurales.	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	
		Conservación y restauración de riberas y cauces Control de erosión	Conservación y restauración de riberas y cauces	Manejo de quebradas
	Evaluar objetivamente la capacidad para garantizar servicios básicos de infraestructura que reduzcan la vulnerabilidad a los riesgos socionaturales, reduzcan las brechas sociales y promuevan la equidad en saneamiento. Prioriza la evaluación objetiva del potencial de tratamiento y reutilización de aguas residuales para mejorar el bienestar, proteger el medio ambiente y aumentar la disponibilidad de agua. La Región de la Araucanía analizará objetivamente su sistema integrado de infraestructura para superar las brechas de desarrollo y pobreza, mejorar la habitabilidad y la calidad de vida de las comunidades indígenas y rurales. La región también evaluará objetivamente la planificación y coordinación regional para asegurar el financiamiento y la implementación de la infraestructura de saneamiento.	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	Fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos hídricos, en particular en la agricultura y la silvicultura. Adicionalmente, se propone el desarrollo de infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente al clima que aproveche soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos. La región también busca identificar oportunidades territoriales actuales y futuras para expandir la base económica de las zonas rurales a través de diversas actividades competitivas relacionadas con el agua, promoviendo el dinamismo económico local y el empleo. Los recursos hídricos se deben planificar de manera estratégica y sostenible para garantizar y asegurar la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades productivas agrícolas y forestales, realizando estudios sobre infraestructura de almacenamiento de agua dentro y fuera de los predios.	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
	Aprovechar los avances tecnológicos vinculados a los recursos naturales y al capital humano para promover servicios de infraestructura especializados para sectores económicos clave. Implementar la gestión integrada del agua, invirtiendo en infraestructura para abordar la escasez y promoviendo la investigación para permitir un uso eficiente y sostenible del agua. También son objetivos las mejoras en la gestión de las comunidades indígenas y las organizaciones de usuarios del agua mediante iniciativas de formación y desarrollo de capacidades. El estudio tiene como objetivo aumentar los avances tecnológicos, con un enfoque en la modernización de la agricultura en pequeña escala, la mejora de la infraestructura de riego y la expansión del área irrigada, con el objetivo de aumentar la producción y los rendimientos hortícolas.	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

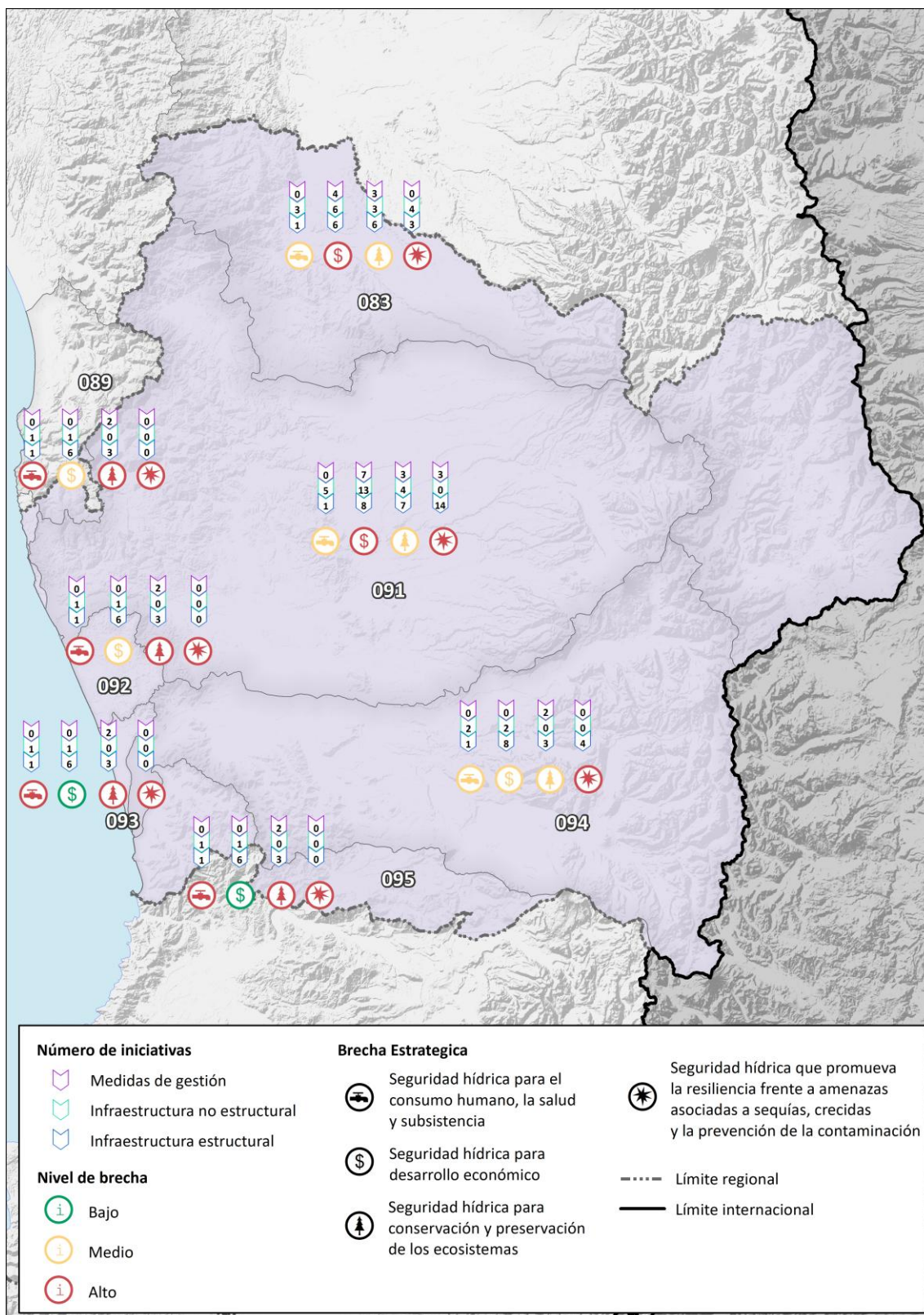
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3-2 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de la Araucanía (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	Preservar los ecosistemas, abogar por un desarrollo descentralizado y geográficamente equilibrado, con servicios de infraestructura, sistemas económicos productivos y asentamientos distribuidos de acuerdo con las diversas capacidades e idoneidades de cada territorio. Además, el estudio integrará consideraciones de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y regulación del uso de la tierra rural, equilibrando la conservación y gestión de los ecosistemas acuáticos con las necesidades humanas de seguridad hídrica y promoviendo prácticas de uso sostenible de la tierra para prevenir la desertificación y la erosión del suelo. Finalmente, el estudio pretende incentivar la restauración de áreas degradadas, así como establecer metas específicas de mejora ambiental para las ciudades, incluida la eficiencia del recurso hídrico. Esto se complementará con una evaluación de los problemas ambientales y un programa de transferencia de tecnología para la remediación ambiental, así como iniciativas de incentivos económicos para medidas privadas de conservación y protección relacionadas con los recursos hídricos.	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
	Implementar un sistema integral de monitoreo y gestión de recursos hídricos que optimice la red de control de calidad del agua y caudales en las cuencas. Esto incluirá la mejora y ampliación de estaciones fluviométricas y meteorológicas, junto con la digitalización y sistematización de la información para facilitar su acceso y uso en la toma de decisiones. Además, se llevarán a cabo estudios hidrogeológicos y de recarga de acuíferos, así como el monitoreo continuo de las aguas subterráneas, fortaleciendo la administración eficiente de los recursos hídricos a través de la creación de un centro especializado en análisis y monitoreo.	-	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	Establecer estándares clave de infraestructura, promover infraestructura resiliente, incorporar factores socioeconómicos, salvaguardar a la población, invertir en soluciones ecológicas y asegurar la compatibilidad de la infraestructura. El enfoque se centra en la identificación de áreas vulnerables y la implementación de estrategias de prevención, adaptación y mitigación para mejorar la seguridad, la resiliencia y el desarrollo sostenible. La región gestionará eficazmente los riesgos de desastres, contribuirá a la protección y desarrollará estrategias para abordar los desafíos del cambio climático, incluida la gestión del agua. Finalmente, se implementarán programas para mejorar las áreas con problemas de drenaje e inundaciones, con apoyo municipal y regional.	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
		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
		-	Analisis sistemas glaciares y periglaciares	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo anterior, en la Figura 4.3-1 se presenta un resumen del número de iniciativas catastradas en el acápite 3.1.2 y detalladas en el Anexo 12.04, y que pudiesen resolver alguna de las diferentes brechas de seguridad hídrica identificadas en el acápite 4.2.



Fuente: Elaboración propia

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

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre factores técnicos

En la región de la Araucanía, la ejecución de obras de infraestructura hídrica enfrenta diversos desafíos técnicos que obstaculizan su progreso. Uno de los problemas principales es la falta de datos hidrométricos suficientes, lo que limita la planificación y el diseño adecuado de las obras hidráulicas. A pesar de que la Dirección General de Aguas (DGA) está trabajando en la construcción de nuevas estaciones de monitoreo y en la elaboración de reportes para abordar esta brecha, se observa información insuficiente sobre todo en relación a frecuencia en el monitoreo. La viabilidad técnica y económica de algunos proyectos, especialmente en el área de saneamiento y en la implementación de nuevas tecnologías, también genera incertidumbre, una situación que se observa a nivel nacional. En la región, el alto nivel de pobreza y el déficit presupuestario para agua potable en zonas rurales agravan la problemática del acceso al agua. La falta de claridad normativa sobre la gestión y operación de estas obras, como en el caso del reúso de aguas, y la limitada especialización en su operación y mantenimiento, también contribuyen a la incertidumbre. El estado, debido a limitaciones legales, no puede asumir ciertas responsabilidades, lo que complica aún más la ejecución de los proyectos, lo cual se ve acrecentado por la falta de constitución formal de las comunidades de agua, añadiendo una capa adicional a las incertidumbres al momento de planificar una obra de infraestructura de uso de riego, por ejemplo. En resumen, los problemas técnicos en la región de la Araucanía crean un entorno desafiante para la ejecución de obras hídricas esenciales, afectando su desarrollo y efectividad.

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

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 de La Araucanía

Servicios Sanitarios (APR)	• Viabilidad técnica y legal: Se requiere certificar el dominio de los terrenos y las servidumbres de paso, corregir errores en la personalidad jurídica de los comités, y obtener autorizaciones de cesión de derechos de agua por parte de CONADI. Además, es necesario definir claramente el área de influencia, evaluar alternativas de captación y actualizar la lista de beneficiarios para garantizar una correcta planificación y cumplimiento legal. • Alineación con iniciativas existentes: Se necesita aclarar la relación con proyectos en ejecución por la DOH y obtener confirmaciones de la SISS y la DOH sobre la cobertura de concesiones actuales o futuras. Además, se debe evaluar el impacto técnico de desconectar sistemas anteriores para asegurar la correcta planificación y evitar conflictos operativos. • Operación y viabilidad del sistema: Se requiere obtener un compromiso formal de los comités para la administración del sistema, corregir las duplicidades en las personalidades jurídicas, y justificar la relación con proyectos BIP existentes, eliminando duplicidades. Además, es necesario asegurar la disposición de los usuarios para pagar el servicio y realizar un análisis tarifario que garantice la sostenibilidad financiera del proyecto a largo plazo. • 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.
----------------------------	--

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

ii. Sobre conflictos socioambientales

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

En relación a los conflictos relacionados a los recursos hídricos, destaca el proyecto de la planta de biomasa Rakún en Freire, propuesto para generar 30 MW de energía a partir de residuos agrícolas, ha generado oposición debido a su proximidad con comunidades mapuche, como Antonio Epuñam y José Carvajal, quienes han denunciado impactos ambientales y culturales. A pesar de las críticas por falta de participación ciudadana y consulta indígena, la Comisión de Evaluación Ambiental aprobó el proyecto en 2016. Las comunidades han expresado preocupación por la emisión de contaminantes y la alteración del río Toltén, además de rechazar las medidas compensatorias ofrecidas. En respuesta, se han presentado recursos de protección para exigir una revisión del proceso y respeto a los derechos establecidos en el Convenio 169 de la OIT (INDH, 2020).

También destaca el proyecto hidroeléctrico "Doña Alicia" en el río Cautín, Curacautín, el cual buscaba generar 6,3 MW de energía, pero encontró fuerte oposición de comunidades locales y mapuches por su impacto en el caudal, biodiversidad y prácticas culturales. La Comisión Ambiental de La Araucanía lo rechazó en 2013 por falta de requisitos, pero en 2015 el Comité de Ministros revirtió esta decisión, generando nuevas protestas. En 2016, el Tribunal Ambiental suspendió la aprobación por deficiencias en el estudio de impacto. A pesar de la resistencia, el futuro del proyecto quedó en manos de la Corte Suprema en 2017 (INDH, 2020).

Por último, se presenta el conflicto asociado a la industria piscícola en Quetroleufú, el cual contempla la piscicultura de especies de salmónidos, con una capacidad de producción de 176 toneladas anuales, operando en el Estero Quetroleufú. La comunidad indígena Mariano Millahual ha manifestado su oposición debido al uso intensivo de recursos hídricos y el impacto ambiental acumulativo de varios proyectos similares en la zona. Esta comunidad ya ha mostrado resistencia contra otros proyectos, como Carileufu (desistido) y El Turbio (aprobado). La principal preocupación radica en la gestión del agua y los posibles efectos negativos de la piscicultura en su entorno (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 12.05.

En la Tabla 4.3-4 presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas. En el Anexo 12.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

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

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	N° inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	49	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	23	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	9	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	49	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	10	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	4	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	4	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	0	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	10	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	7	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	30	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	14	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	13	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	3	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	2	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	10	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	13	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	15	-	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	2	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	19	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	14	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

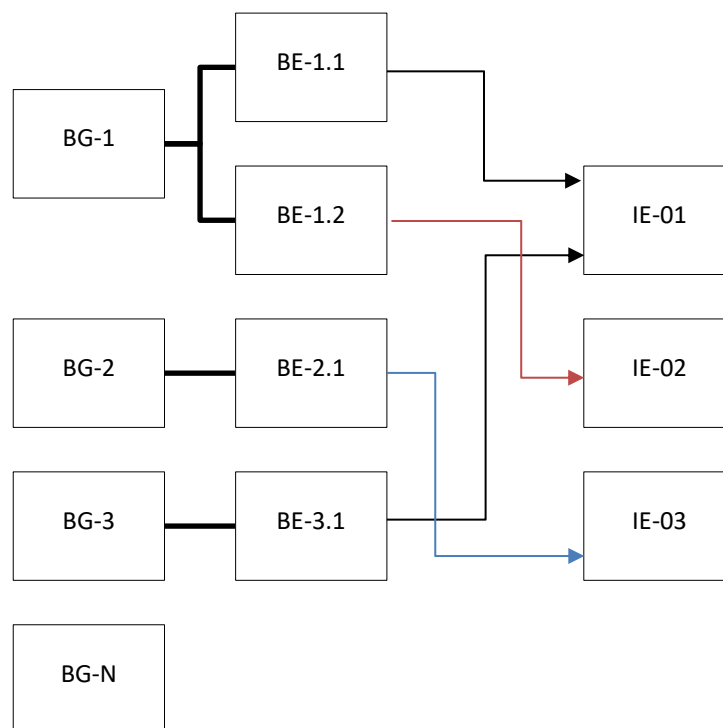
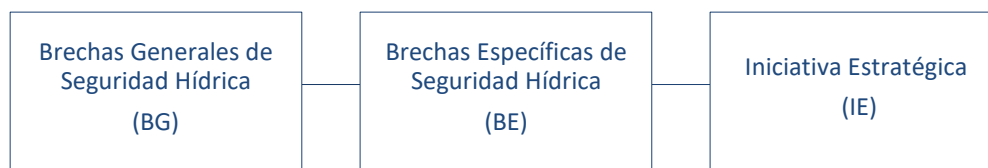
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 12.07 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 (ARA), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

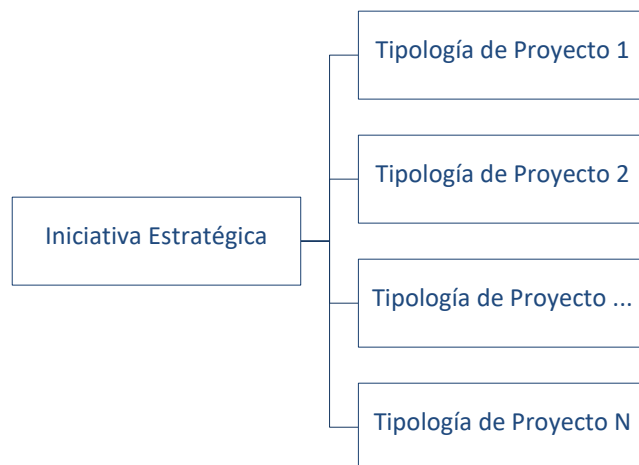
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

Iniciativas Estratégicas	Código Iniciativa Estratégica
Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en comunidades indígenas y rurales	ARA-INI-EST-01
Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego, con énfasis en fortalecimiento agrícola	ARA-INI-EST-02
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas	ARA-INI-EST-03
Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza	ARA-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	ARA-INI-EST-05

Fuente: Elaboración propia

5.2 TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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


Figura 5.2-1 Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas

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

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

ARA-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
ARA-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
ARA-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
ARA-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
ARA-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.

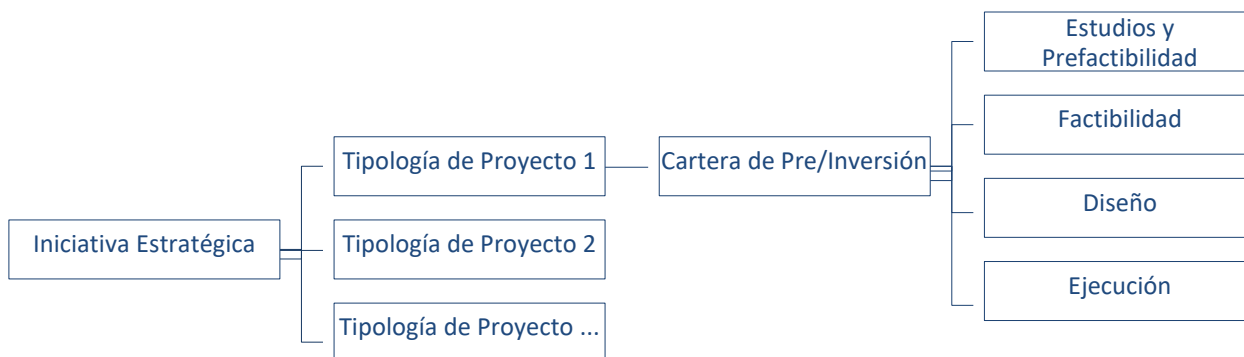


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégicas, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

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 PIIH: 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 (ARA), “IE” el numero correlativo de la Iniciativa estratégica, “TP” la tipología de proyecto a la que pertenece y NN un número de correlativo.

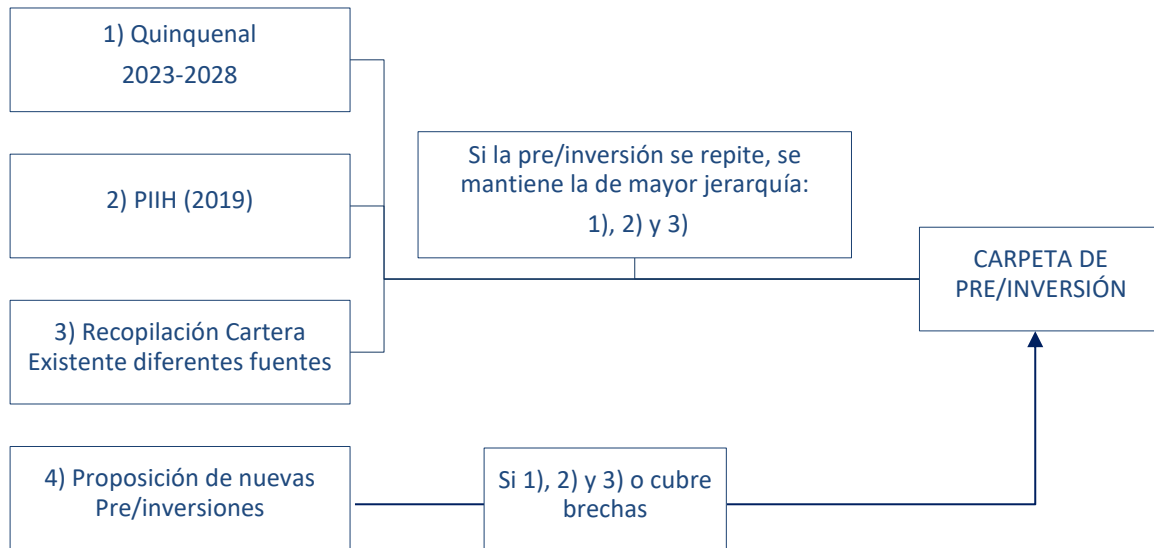


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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 12.07.

Tabla 5.3-1 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ARA-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 ARA-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 ARA-INI-EST-03 y ARA-INI-EST-06

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales	Se proponen en puntos estratégicos antes o después de confluencias, zonas altas y desembocaduras, cubriendo los principales cauces y considerando cercanía de estaciones existentes (ver Anexo 12.07). Idealmente, que cada cuenca BNA tenga al menos una estación. Existen excepciones en las que no se justifica por tratarse de quebradas secas, cuencas muy pequeñas o bien ubicaciones muy poco accesibles (Campo de Hielo Sur, por ejemplo).
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Superficial: en cada estación Fluvimétrica. Subterránea, al menos una en cada pozo de medición proyectado y en SHAC sin medición con igual condición de superficie que en 3.5
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Se proponen ubicaciones en áreas con poca cobertura de estaciones y que sea sean representativas de diversas zonas climáticas de Köppen para cada cuenca, considerando también la accesibilidad. Detalles en Anexo 12.07
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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 12.07.
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 ARA-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 ARA-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	3-3	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
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 12.07.

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\$)
ARA-INI-EST-01	130	678.136.485
ARA-INI-EST-02	65	1.715.740.475
ARA-INI-EST-03	55	41.887.347
ARA-INI-EST-04	17	44.627.600
ARA-INI-EST-05	41	66.759.110
TOTAL	308	2.547.151.018

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 12.07.

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	Incidencia
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 12.07.

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 [13]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [9]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media [8]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Media Baja [6]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Baja [3]: Iniciativas vinculadas a Saneamiento [D1 - AS]	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 [13]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media Alta [9]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2] Media Baja [8]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Media Baja [6]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4] Baja [3]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Saneamiento Y Reúso [D1-AS]	Alta [4]: Se considera iniciativa multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional	
Ponderación	10%	9%	13%	20%	12%	12%	12%
max	4	4	4	4	4	4	4
min	1	1	1	1	1	1	1

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

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

Fuente: Elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

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

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

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

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

Donde:

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

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

y_{ij} = Variable normalizada

x_{ij} = Variable original

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

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

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

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

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

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

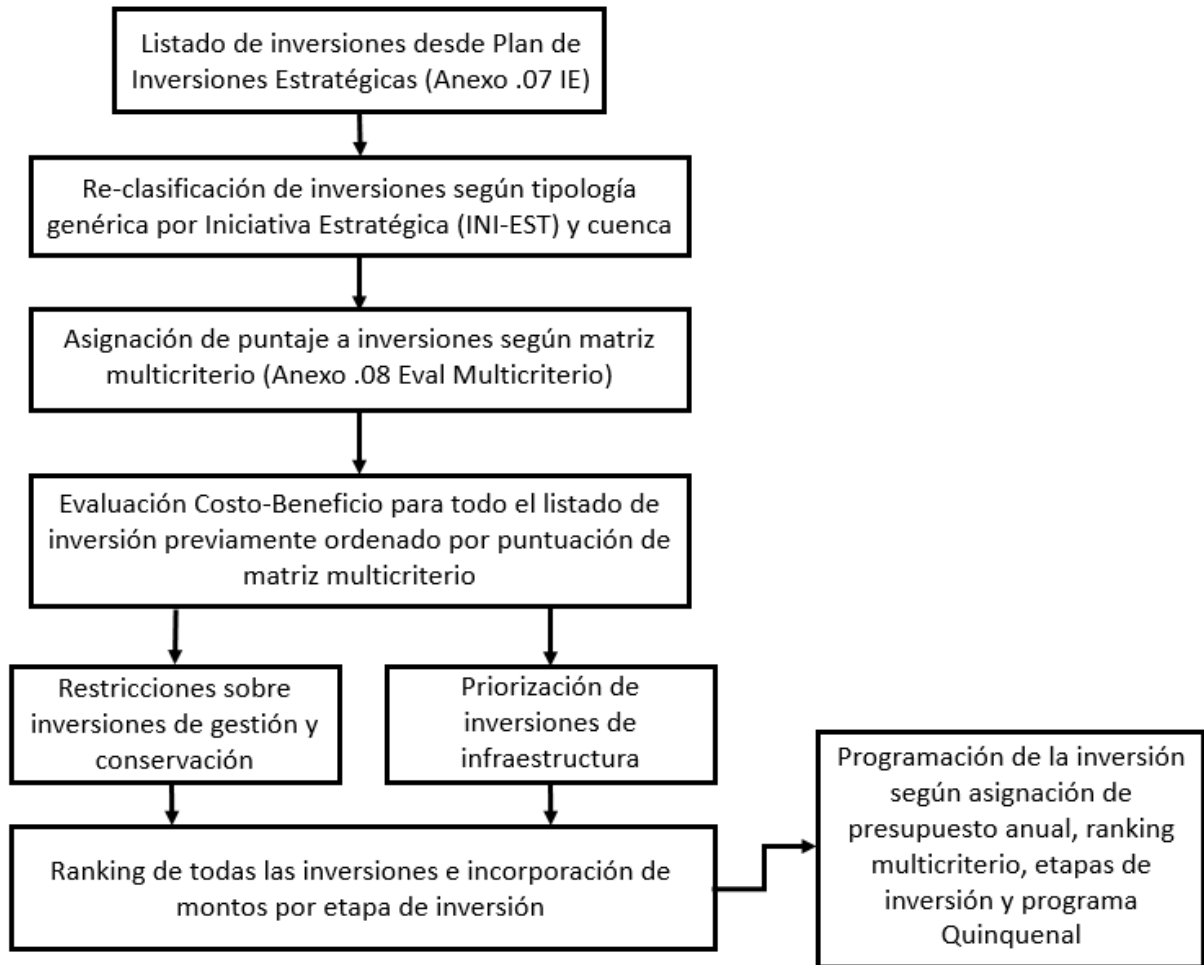
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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

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

- Se dejan fuera del ranking para la programación de la inversión todas las iniciativas vinculadas a conservación, las que quedan con un monto fijo anual asignado que equivale al promedio de la inversión histórica del MOP para este tipo de iniciativas entre los años 2019-2023. Para la región de la Araucanía, 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 \$60.500.000 (miles de pesos), el cual se obtiene a partir del promedio ajustado anual de la inversión histórica del MOP para esta región entre los años 2019-2023.
- En la programación se incluye el orden de las etapas que conforman una inversión, ordenándose de acuerdo a la siguiente priorización:
 1. Estudio y/o prefactibilidad
 2. Factibilidad
 3. Diseño
 4. Ejecución
- En el caso de las conservaciones, solo se considera la etapa de ejecución.

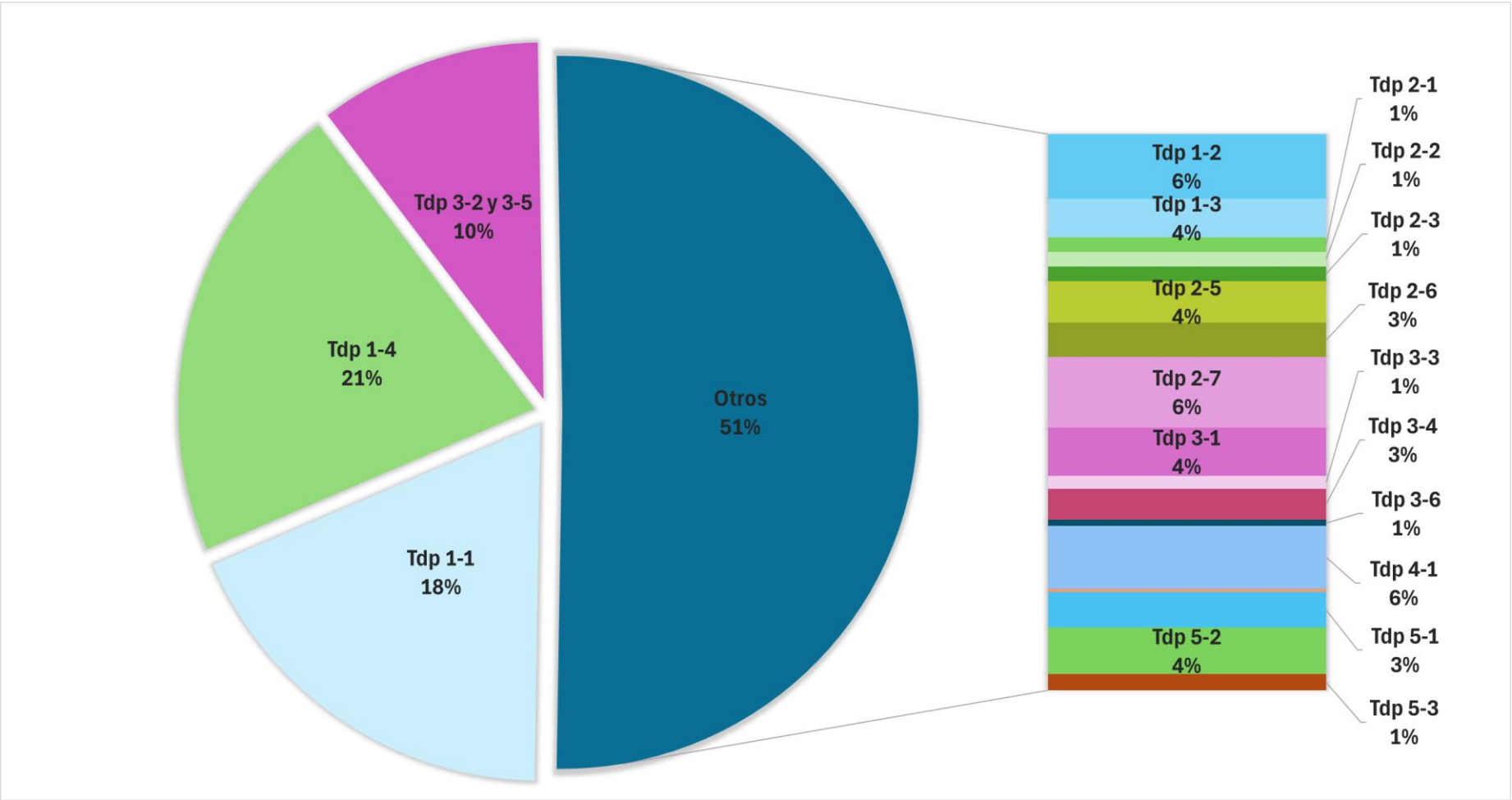
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

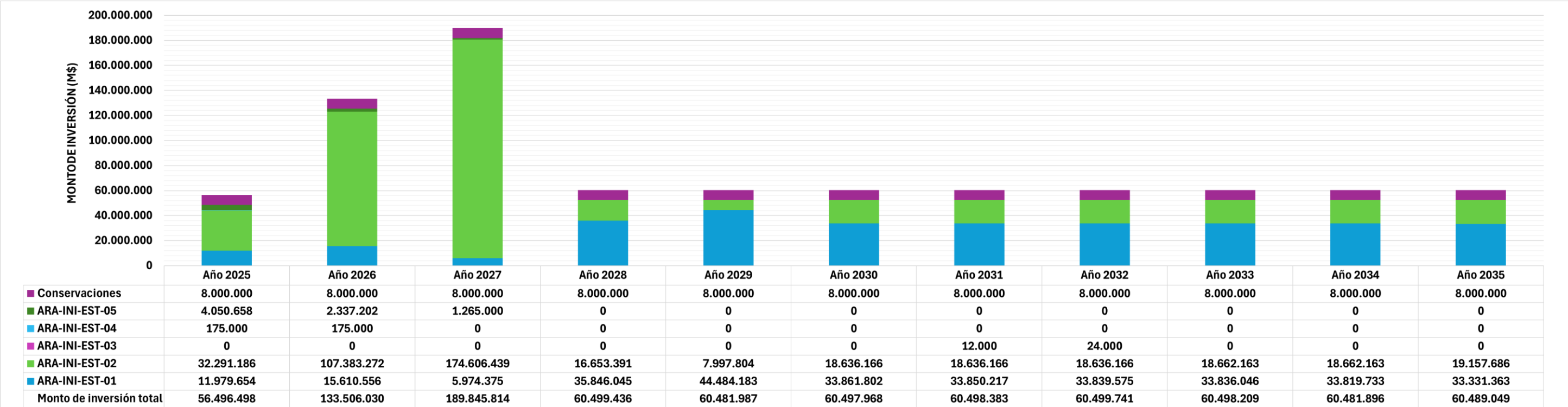
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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

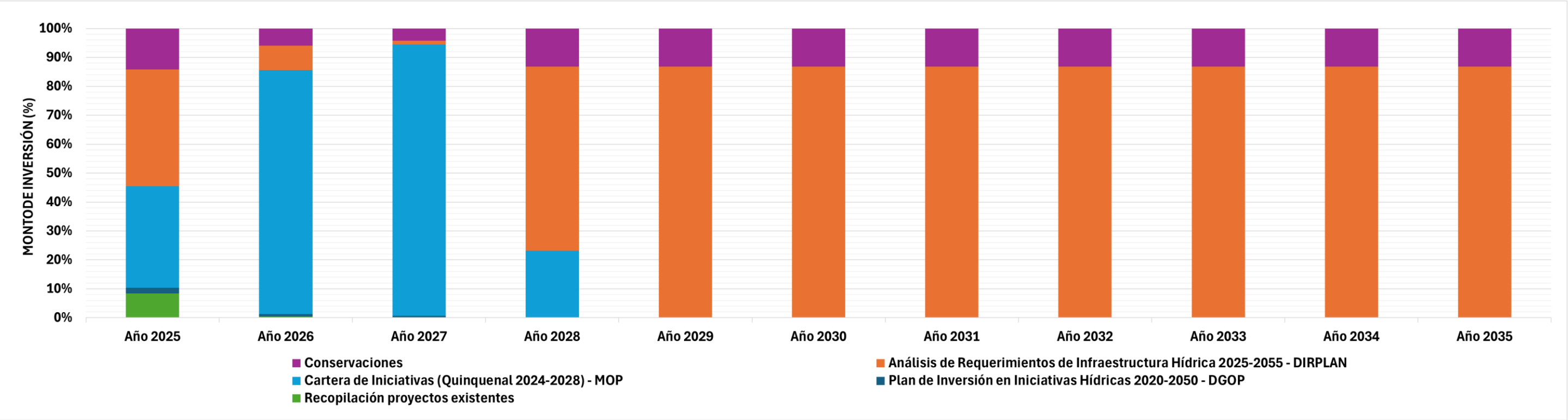
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de la Araucanía



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en comunidades indígenas y rurales
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 de la Araucanía



Fuente: Elaboración propia

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

CAPÍTULO 7 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

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

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

7.1 SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

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

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

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

7.1.1 Contexto regional y áreas de intervención prioritarias

La Región de La Araucanía, con una población de aproximadamente 957.224 habitantes según el Censo 2017, enfrenta desafíos significativos en infraestructura hídrica, acceso a agua potable y saneamiento, planificación territorial y desarrollo económico. El crecimiento poblacional es moderado y con tendencia al envejecimiento, proyectándose que en 2035 la región alcanzará 1.061.056 habitantes, con un aumento significativo en la población mayor de 80 años y una reducción en los grupos etarios menores de 15 años. Temuco y Padre Las Casas conforman la principal conurbación urbana con una tasa de crecimiento del 3,11%, mientras que Pucón y Villarrica muestran un crecimiento acelerado del 4,87%, asociado al turismo. En contraste, zonas como Curacautín y Purén experimentan decrecimientos poblacionales, posiblemente debido a la migración hacia centros urbanos más desarrollados.

En términos de abastecimiento de agua potable, las diferencias entre zonas urbanas y rurales son notables. En las áreas urbanas concesionadas, el suministro está a cargo de empresas como Aguas Araucanía y Aguas San Isidro, con 38 territorios operacionales que abastecen a ciudades como Temuco, Angol, Villarrica, Lautaro y Nueva Imperial. La cobertura de agua potable en las zonas urbanas concesionadas alcanza el 88,8%, aunque persisten brechas en sectores periurbanos. En el ámbito rural, el acceso es mucho más precario. Del total de 121.686 viviendas rurales, solo el 21,6% tiene acceso a la red pública de agua, mientras que el 52,7% obtiene agua de pozos, vertientes o camiones aljibe. Existen 278 Servicios Sanitarios Rurales (SSR), que abastecen al 65,5% de la población rural, pero aún queda un 34,5% sin acceso formal al servicio. La cobertura de agua potable en la región es la más baja del país, con un 78,32%, lejos del promedio nacional del 92,99%.

El saneamiento en la región también presenta brechas importantes. En las zonas urbanas, la cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas es del 88,8%, aunque varía según la comuna. En el sector rural, el 29,3% de la población dispone de alcantarillado, mientras que el 54,5% utiliza sistemas individuales como fosas sépticas o pozos absorbentes. Comunas como Padre Las Casas, Pucón y Villarrica tienen una cobertura de saneamiento más avanzada en comparación con otras zonas rurales de la Provincia de Malleco.

En términos de planificación territorial, la región enfrenta una expansión urbana desordenada. Temuco ha incrementado su superficie urbana en 12,59 km² entre 2002 y 2017, mientras que Padre Las Casas ha duplicado su tamaño urbano en el mismo período.

Sin embargo, muchas comunas, especialmente en Malleco, carecen de Planes Reguladores Comunales (PRC) actualizados, lo que dificulta la gestión del crecimiento y la provisión de infraestructura básica.

El sector productivo ejerce una presión significativa sobre los recursos hídricos. La demanda hídrica para uso agrícola en la región alcanzó los 704 Mm³ en 2023 y se espera que aumente en un 50% para 2055, con mayor impacto en las cuencas del Río Imperial (BNA 091) y Río Toltén (BNA 094). En la Cuenca del Río Imperial, la superficie de riego es de 320.845 hectáreas y se proyecta que llegue a 491.822 hectáreas en 2055, lo que requerirá mejoras en la eficiencia de los sistemas de riego. La eficiencia promedio de riego en la región es del 35%, lo que implica pérdidas significativas de agua. La modernización de los sistemas de riego tecnificado, como el riego por goteo o aspersión, es clave para reducir estas pérdidas.

El sector industrial también muestra un incremento en la demanda hídrica, con un aumento del 90% proyectado entre 2023 y 2055. Actualmente, las industrias de la región, concentradas en Temuco, Lautaro y Angol, utilizan 20 Mm³ anuales, principalmente en el sector manufacturero y de celulosa. La eficiencia en el uso del agua en estos sectores varía según la industria, pero se requieren inversiones en recirculación de agua y tratamiento de efluentes para reducir la carga sobre las fuentes de abastecimiento.

El sector forestal es el mayor consumidor de agua no consuntiva en la región, con una demanda anual de 6.738 Mm³ en 2023, proyectada a 7.117 Mm³ en 2055. En la Cuenca del Río Toltén, el 63,65% de la superficie cultivada corresponde a plantaciones forestales, principalmente pino y eucalipto, lo que impacta la disponibilidad hídrica en zonas de recarga de acuíferos. Se requieren estrategias de manejo forestal sostenible para mitigar estos impactos, incluyendo la diversificación de especies y la reforestación con árboles nativos.

Desde la perspectiva de la oferta hídrica, la región enfrenta una reducción en la disponibilidad de agua superficial y subterránea. El caudal del Río Imperial (BNA 091) muestra una tendencia decreciente, con una reducción del 4% en la recarga acuífera proyectada para 2055. En la Cuenca del Río Toltén (BNA 094), la disponibilidad hídrica superficial disminuirá en un 2,4%, lo que afectará la viabilidad de nuevas concesiones de agua. A esto se suma la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, con un aumento del 17% en las precipitaciones máximas en 24 horas en la Cuenca del Río Imperial, incrementando el riesgo de inundaciones.

Para abordar estos desafíos, es prioritario invertir en infraestructura hídrica que garantice el acceso equitativo al agua potable y saneamiento, con énfasis en la expansión de los SSR en las comunas rurales y en la construcción de nuevas plantas de tratamiento en Temuco, Villarrica y Angol. La modernización de la infraestructura de riego debe enfocarse en

aumentar la eficiencia hídrica en las cuencas con mayor demanda, como el Río Imperial y el Río Toltén. Además, es crucial fortalecer la gobernanza hídrica con participación de las comunidades indígenas y rurales, asegurando una planificación territorial sostenible que incorpore criterios de resiliencia climática y gestión del riesgo.

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 recarga acuífera en la Cuenca del Río Imperial (BNA 091) disminuirá un 4% y en la Cuenca del Río Toltén (BNA 094) un 2,4% hacia 2055, reduciendo la disponibilidad hídrica. Paralelamente, la demanda crecerá significativamente. El sector agrícola pasará de consumir 704 Mm³ en 2023 a un 50% más en 2055, mientras que la demanda industrial aumentará un 90%. La sobreexplotación del recurso y el cambio climático exigen mejorar la eficiencia en el uso del agua, priorizar tecnologías de riego y explorar fuentes alternativas como la recarga de acuíferos y la reutilización de aguas tratadas.
- **Vulnerabilidad a eventos extremos y riesgos climáticos:** El cambio climático intensificará sequías e inundaciones en La Araucanía, afectando la infraestructura hídrica. Se proyecta un aumento del 17% en las precipitaciones máximas en 24 horas en la Cuenca del Río Imperial, incrementando el riesgo de inundaciones en Temuco, Nueva Imperial y Padre Las Casas. A su vez, la disminución de caudales impactará a las comunas rurales de la Provincia de Malleco. Esto requiere fortalecer la gestión del riesgo, mejorar drenajes urbanos, optimizar redes de distribución de agua potable y fomentar infraestructuras resilientes para garantizar el abastecimiento y mitigar el impacto de eventos extremos.

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 con énfasis en comunidades indígenas rurales” [ARA-INI-EST-01].

- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en fortalecimiento agrícola” [ARI-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 de patrón hidrológico” [ARI-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 la Araucanía 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

La Región de La Araucanía enfrenta un deterioro progresivo de su seguridad hídrica, evidenciado por la creciente brecha entre oferta y demanda, una infraestructura deficiente y los impactos del cambio climático sobre la hidrología regional. Este escenario de

estancamiento crítico se caracteriza por una capacidad de respuesta limitada frente a la crisis hídrica, lo que deriva en un aumento de la vulnerabilidad tanto para el abastecimiento de agua potable y saneamiento como para las actividades productivas y la conservación ecosistémica.

La región presenta una compleja estructura hidrográfica, conformada por diversas cuencas, entre las que destacan las **cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094) y Río Budi (BNA 092)**, las cuales abastecen a centros urbanos clave como **Temuco, Padre Las Casas, Nueva Imperial, Villarrica y Angol**. Sin embargo, en las últimas décadas, estas cuencas han experimentado una disminución en sus caudales de base, lo que ha sido atribuido a la sobreexplotación de recursos hídricos, la deforestación, la expansión de monocultivos forestales y la variabilidad climática. Modelaciones hidrológicas proyectan que la disponibilidad de caudales con una probabilidad de excedencia del 85% disminuirá entre **2,4% y 5% para el año 2055**, con impactos severos en la planificación hídrica regional.

El **acceso al agua potable y saneamiento** es una de las problemáticas más críticas dentro del escenario de estancamiento. En zonas urbanas, la cobertura de agua potable concesionada alcanza el **88,8%**, pero con significativas pérdidas en la red de distribución, estimadas en un promedio del **31,4%**. Localidades como **Pillanlebún presentan pérdidas superiores al 50%**, mientras que comunas como **Angol, Renaico y Traiguén mantienen pérdidas menores al 20%**, lo que sugiere deficiencias diferenciadas en la infraestructura según la geografía y concentración poblacional. En cuanto a saneamiento, en las áreas rurales, **el acceso a alcantarillado formal es inferior al 30% en comunas como Purén, Lumaco y Curacautín**, mientras que en sectores con mayor densidad poblacional, como **Freire y Nueva Imperial, la cobertura de saneamiento apenas alcanza el 50%**. En el ámbito rural, el acceso a servicios de agua potable gestionados a través de los **Sistemas de Agua Potable Rural (APR)** es altamente deficiente. La cobertura de estos sistemas solo alcanza al **65,5% de la población rural regional**, dejando a aproximadamente **96.000 personas sin acceso a un servicio de agua seguro y continuo**. En comunas como **Lonquimay, Galvarino y Ercilla**, el acceso es particularmente precario, dependiendo de fuentes hídricas superficiales y subterráneas que, en muchos casos, presentan **altos niveles de contaminación por nitratos, hierro y arsénico**, lo que genera riesgos sanitarios significativos.

Las consecuencias de la persistencia de este escenario de crisis hídrica son múltiples y abarcan dimensiones socioeconómicas, ambientales y productivas. En primer lugar, la **vulnerabilidad de las comunidades rurales y periurbanas** se verá incrementada debido a la insuficiencia de infraestructura para garantizar el acceso equitativo y seguro al agua potable. Esto podría derivar en **incremento de enfermedades hídricas**, reducción de la calidad de vida y aumento de la desigualdad territorial.

Desde una perspectiva productiva, el sector agrícola es el principal consumidor de agua en la región, representando el **94% del uso total del recurso**. Sin embargo, la eficiencia hídrica de los sistemas de riego sigue siendo baja, con un promedio del **69%**, lo que indica pérdidas superiores al **30% en filtraciones y evaporación**. Este problema se acentúa en la **cuenca del río Biobío (BNA 083)**, donde la eficiencia del riego es la más baja de la región (**56%**), mientras que en la **cuenca del río Valdivia (BNA 101)** se alcanzan valores cercanos al **77%**. Si no se modernizan los sistemas de riego y almacenamiento, la demanda hídrica agrícola seguirá en aumento, con un incremento proyectado del **50% hacia 2055**, generando competencia con otros usos prioritarios del recurso. En términos industriales, se proyecta que la demanda hídrica del sector manufacturero crecerá en **un 90% entre 2023 y 2055**, principalmente en los polos industriales de **Temuco, Angol y Lautaro**, donde se concentran actividades de procesamiento de madera y alimentos. Sin una regulación efectiva del uso del agua, este crecimiento exacerbado del consumo hídrico podría generar un aumento en la competencia por el recurso con el sector agrícola y el abastecimiento humano, lo que podría derivar en conflictos socioambientales.

El deterioro de los ecosistemas hídricos es otra consecuencia directa de la falta de medidas de mitigación. Se estima que **el 45% de los humedales de la región han sido afectados por la expansión agrícola y forestal**, particularmente en comunas como **Pucón, Loncoche y Curacautín**. Esta degradación impacta la capacidad de regulación hídrica natural, reduciendo la resiliencia de la región frente a eventos climáticos extremos, tales como sequías prolongadas y precipitaciones intensas.

Para evitar la profundización de la crisis hídrica en La Araucanía, es imperativo implementar una serie de estrategias que permitan fortalecer la infraestructura hídrica, mejorar la eficiencia en el uso del agua y fortalecer la gobernanza del recurso. En términos de infraestructura, se recomienda la **expansión de los Sistemas de Agua Potable Rural (APR) en comunas como Collipulli, Lumaco y Vilcún**, donde la brecha de acceso es más alta. Paralelamente, en áreas urbanas, se requiere la **modernización de las redes de distribución en localidades con mayores pérdidas, como Pillanlebún y Renaico**, mediante la implementación de sistemas de detección de fugas y la digitalización del monitoreo del caudal.

En el ámbito agrícola, la modernización de los sistemas de riego es una de las acciones prioritarias. Se debe fomentar la **tecnificación del riego en Cunco, Freire y Padre Las Casas**, promoviendo la adopción de tecnologías como el riego por goteo y el uso de sensores de humedad del suelo. Asimismo, la **rehabilitación del Canal Imperial** es una acción estratégica que permitiría recuperar y ampliar la superficie cultivable bajo riego, optimizando el uso del recurso.

Desde una perspectiva de gobernanza, la creación de una **Agencia Regional de Gestión Hídrica** permitiría mejorar la coordinación interinstitucional y garantizar la planificación a largo plazo. Esta agencia debería tener un rol activo en la implementación de un **sistema de monitoreo hidrométrico y meteorológico actualizado**, con la instalación de nuevas estaciones en las **cuencas del río Toltén y Cautín**, donde la variabilidad climática está afectando significativamente la disponibilidad del agua.

Para aumentar la resiliencia de la región frente a eventos extremos, es fundamental la construcción de embalses en ríos estratégicos. La evaluación de un **embalse en el río Cautín** permitiría regular el caudal y garantizar el abastecimiento de agua en períodos de sequía. Asimismo, la implementación de **obras de drenaje en Nueva Imperial y Puerto Saavedra** reduciría el impacto de las lluvias intensas y la recurrencia de inundaciones.

En conclusión, el escenario de estancamiento crítico en la Región de La Araucanía requiere una intervención urgente y coordinada, basada en la planificación estratégica y la inversión en infraestructura hídrica sostenible. La ejecución de estas acciones permitirá mejorar la seguridad hídrica, garantizar el acceso equitativo al agua y fomentar la resiliencia climática de la región.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La Región de La Araucanía enfrenta una creciente brecha hídrica derivada de la interacción entre la variabilidad climática, el crecimiento demográfico y la expansión de las actividades productivas. Si bien la oferta de agua en las principales cuencas de la región es significativa, la distribución geográfica y temporal del recurso, junto con la ausencia de infraestructura estratégica de almacenamiento y regulación, exacerban la vulnerabilidad hídrica. Las cuencas del río Imperial (BNA 091) y del río Toltén (BNA 094) han experimentado una disminución del caudal del orden del 5 al 10% en las últimas décadas, afectando la seguridad hídrica de comunas como Temuco, Padre Las Casas, Villarrica, Pitrufquén y Nueva Imperial. El acceso al agua potable en zonas rurales constituye un problema estructural, con una cobertura promedio del 78,32%. Localidades como Lonquimay y Curacautín exhiben las mayores brechas en la provisión de agua potable, debido a la limitada capacidad operativa y financiera de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR). En ausencia de intervenciones integrales, esta situación podría perpetuarse, afectando a más de 100.000 habitantes en el mediano plazo. En el ámbito urbano, la presión sobre los sistemas de abastecimiento ha aumentado, especialmente en Temuco y Padre Las Casas, donde la demanda de agua potable se ha incrementado en un 15% en la última década. A pesar de la presencia de redes consolidadas, las pérdidas por distribución alcanzan hasta un 31,4%, evidenciando la necesidad de mejorar la infraestructura y la detección de fugas.

El saneamiento en la región también presenta desafíos significativos, particularmente en zonas rurales, donde el 55% de la población no tiene acceso a sistemas de alcantarillado y depende de soluciones individuales con altos riesgos de contaminación de napas subterráneas. Comunas como Cholchol y Ercilla han registrado concentraciones elevadas de nitratos y metales pesados en aguas subterráneas debido a la falta de infraestructura de tratamiento. A nivel de calidad del agua superficial, los ríos Cautín y Toltén muestran signos de degradación por descargas de aguas servidas y escorrentías agrícolas con altas concentraciones de contaminantes.

El uso eficiente del agua es otro factor crítico para la sostenibilidad de la región. En el sector agrícola, que representa el mayor consumo de agua en La Araucanía, la eficiencia de riego es del 69% en promedio, con variaciones significativas entre cuencas. La cuenca del río Valdivia (BNA 101) ha implementado tecnología avanzada que permite eficiencias superiores al 75%, mientras que la cuenca del río Biobío (BNA 083) presenta sistemas de riego con niveles de eficiencia de hasta el 56%. En localidades como Angol y Collipulli, la falta de revestimiento en los canales de riego contribuye a pérdidas sustanciales por infiltración y evaporación, comprometiendo la sostenibilidad del recurso hídrico.

El sector forestal también desempeña un papel clave en el balance hídrico regional. La expansión de plantaciones exóticas ha incrementado la demanda de agua en subcuencas estratégicas, reduciendo la recarga de acuíferos y afectando la disponibilidad hídrica de pequeños productores. Se estima que en la cuenca del río Imperial, la expansión de monocultivos forestales ha generado una disminución del 10% en la recarga hídrica en las últimas dos décadas.

Para mitigar estos desafíos, se han identificado estrategias prioritarias con base en su impacto y viabilidad. La expansión de la infraestructura hídrica se erige como una necesidad imperiosa. La construcción de embalses en la cuenca del río Cautín permitiría incrementar la capacidad de regulación y almacenamiento, asegurando el abastecimiento durante periodos de déficit hídrico. En paralelo, la rehabilitación del Canal Imperial optimizaría la eficiencia del riego en zonas agrícolas, reduciendo las pérdidas y maximizando la disponibilidad del recurso para la producción agropecuaria.

La modernización del riego es otra estrategia clave para garantizar el uso eficiente del recurso. La implementación de sistemas de riego por goteo y sensores de humedad en comunas como Freire, Pucón y Villarrica permitiría mejorar la eficiencia hídrica en sectores con alta demanda. Estas tecnologías posibilitarían la reducción de pérdidas y el aumento de la productividad agrícola sin comprometer la sostenibilidad del recurso.

En el ámbito de la gestión del agua potable, se recomienda la expansión de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR), priorizando las comunas con mayor déficit de cobertura. En áreas urbanas como Temuco y Padre Las Casas, se plantea la digitalización del monitoreo de caudales y la implementación de sensores para la detección temprana de fugas en las redes de distribución, lo que permitiría una mejor gestión del suministro y reducción de pérdidas. La conservación de los ecosistemas acuáticos es otro aspecto fundamental para la sostenibilidad hídrica de la región. Se propone la restauración de humedales en la cuenca del río Budi (BNA 092), donde la degradación ambiental ha reducido la capacidad de retención hídrica. Asimismo, se plantea la instalación de estaciones de monitoreo en ríos estratégicos como el Toltén y el Biobío, a fin de evaluar la calidad del agua y mitigar fuentes de contaminación.

En términos de gobernanza, se recomienda la creación de un Banco de Proyectos de Obras Hídricas que facilite la planificación y ejecución de inversiones estratégicas en la región. También se busca fortalecer la participación de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) y de comunidades indígenas en la toma de decisiones, promoviendo mecanismos de diálogo y capacitación que mejoren la gestión comunitaria del recurso hídrico.

A través de estas estrategias, La Araucanía puede avanzar hacia un modelo de gestión hídrica basado en la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad. La implementación de soluciones estructurales e institucionales permitiría no solo garantizar el acceso equitativo al agua para consumo humano y productivo, sino también proteger los ecosistemas hídricos y fortalecer la resiliencia regional ante los efectos del cambio climático.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La gestión hídrica en la Región de La Araucanía enfrenta un conjunto de desafíos multidimensionales que comprometen tanto la disponibilidad del recurso como su distribución equitativa y su utilización sostenible. Este análisis se centra en la evaluación de la infraestructura existente, las vulnerabilidades sistémicas y la gobernanza del agua en un contexto de cambios climáticos y presión antropogénica. La región, conformada por las provincias de Cautín y Malleco, exhibe una geografía diversa que comprende centros urbanos de alta densidad, como Temuco, Padre Las Casas y Angol, y vastas extensiones rurales con acceso desigual a los servicios de abastecimiento y saneamiento.

Uno de los problemas más apremiantes radica en la disparidad en la cobertura de agua potable y saneamiento. En centros urbanos como Temuco y Villarrica, la cobertura de agua potable mediante redes públicas supera el 90 %, mientras que en comunas de menor densidad, como Curacautín, Lonquimay y Melipeuco, la cobertura apenas alcanza el 50 %, obligando a las comunidades a depender de sistemas de agua potable rural (APR), los cuales presentan deficiencias estructurales y operacionales. La cobertura de alcantarillado en

áreas urbanas como Temuco y Padre Las Casas es superior al 85 %, pero en sectores rurales de Cautín y Malleco menos del 30 % de los hogares cuentan con sistemas formales de evacuación de aguas servidas, utilizando en su lugar soluciones rudimentarias como fosas sépticas o sistemas de infiltración de baja eficiencia.

En términos de disponibilidad del recurso, los análisis hidrológicos proyectan una reducción en los caudales de cuencas estratégicas como el río Imperial (BNA 091) y el río Toltén (BNA 094), con disminuciones estimadas de hasta un 4,5 %. Este fenómeno afectará tanto el consumo humano como las actividades productivas, particularmente la agricultura y la industria forestal. La eficiencia en el uso del agua en el sector agrícola sigue siendo subóptima, con pérdidas superiores al 30 % en sistemas de riego ineficientes en comunas como Freire, Pitrufulquén y Victoria, donde la tecnificación del riego no supera el 35 %. La implementación de tecnologías de riego presurizado sigue siendo limitada, lo que agrava la presión sobre las fuentes hídricas.

El deterioro de la calidad del agua es otro factor crítico. Se ha identificado contaminación en diversas fuentes de abastecimiento debido a descargas industriales en el río Cautín (BNA 092) y en afluentes del río Biobío (BNA 083), exacerbada por el uso indiscriminado de agroquímicos en zonas de alta producción agrícola como Vilcún y Lautaro. En sectores rurales, la carencia de sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales ha provocado contaminación en pozos subterráneos, comprometiendo la calidad del agua potable de comunidades que dependen de APR. Este escenario plantea un riesgo sanitario significativo y exige estrategias de mitigación integrales, que incluyan la ampliación de la red de monitoreo de calidad del agua y el fortalecimiento normativo en la gestión de residuos líquidos.

Desde una perspectiva ecosistémica, la sobreexplotación de acuíferos y la reducción de caudales han afectado humedales clave como el Humedal de Monkul y el Humedal de Queule, en la franja costera de la región. Estos ecosistemas desempeñan un papel esencial en la regulación del ciclo hidrológico, la conservación de la biodiversidad y la mitigación de eventos extremos. Sin intervenciones orientadas a la restauración ecológica y la conservación de estas áreas, se prevé una pérdida progresiva de sus funciones hidrológicas, con impactos colaterales en la resiliencia climática de la región.

La dimensión socioeconómica de la crisis hídrica en La Araucanía es igualmente relevante. El sector agrícola, principal consumidor de agua en la región, enfrenta desafíos de eficiencia en la gestión del recurso. En áreas de producción cerealera en Traiguén y Collipulli, el consumo de agua por hectárea es un 40 % superior al promedio nacional, reflejando un margen significativo de mejora en términos de modernización de los sistemas de riego. En paralelo, la industria forestal, con plantas de procesamiento de madera y celulosa en

Loncoche y Angol, genera una alta demanda hídrica, tensionando aún más la disponibilidad del recurso para otros usos.

Otro elemento de preocupación es la creciente conflictividad en torno al acceso al agua. En comunas donde la demanda de riego compite con el abastecimiento urbano, como en Pucón y Curarrehue, se han documentado tensiones entre productores agrícolas y empresas sanitarias. La ausencia de una gobernanza hídrica efectiva y mecanismos de resolución de conflictos podría agravar estas disputas en el futuro, comprometiendo la estabilidad social y económica de la región.

Para abordar estos desafíos, es imperativo adoptar un enfoque integral que contemple la diversificación de fuentes de abastecimiento, la mejora de la infraestructura hídrica y la implementación de instrumentos de gestión que incentiven el uso eficiente del agua. La reutilización de aguas residuales tratadas representa una estrategia clave para aliviar la presión sobre las fuentes hídricas convencionales, particularmente en la cuenca del río Imperial y el Toltén, donde la demanda es más elevada. Asimismo, la expansión de redes de agua potable y alcantarillado en comunas con baja cobertura, priorizando la inversión en saneamiento en Lonquimay, Purén y Saavedra, contribuiría a cerrar brechas de acceso al recurso.

La modernización de los Sistemas de Agua Potable Rural (APR), especialmente en la provincia de Malleco, donde el 40 % de los sistemas presentan deficiencias estructurales, es otra prioridad. Mejorar la capacidad operativa y técnica de estas infraestructuras garantizaría un suministro más confiable y seguro para las comunidades más vulnerables. En paralelo, la construcción de embalses y sistemas de almacenamiento, como el embalse regulador proyectado en la cuenca del río Cautín, aseguraría la disponibilidad hídrica en Temuco y comunas circundantes, mitigando el impacto de la variabilidad climática sobre la oferta del recurso.

La adopción de prácticas agrícolas más eficientes es también un eje central en la estrategia de gestión hídrica. La promoción del riego por goteo en cultivos de alto consumo hídrico, como la fruticultura en Perquenco y Galvarino, permitiría optimizar el uso del agua, reducir pérdidas y aumentar la productividad de las explotaciones agrícolas. Complementariamente, la reforestación de zonas de recarga de acuíferos en áreas estratégicas como el Parque Nacional Villarrica y la Reserva Nacional Malalcahuello fortalecería la resiliencia hídrica de la región.

Desde la perspectiva de adaptación al cambio climático, el fortalecimiento de la red de monitoreo hidrometeorológico es fundamental. La instalación de estaciones de medición en puntos estratégicos como el río Quepe y el río Cholchol permitiría generar datos robustos

para la modelación hidrológica y la planificación adaptativa. Asimismo, la implementación de infraestructura de defensa ante eventos extremos, como obras de mitigación de inundaciones en Carahue y mejoramientos en los sistemas de drenaje en Puerto Saavedra, reduciría la vulnerabilidad de la población ante desastres naturales.

En términos de gobernanza, es imperativo establecer un sistema de gestión integrada del agua que articule la participación de los sectores público y privado, las comunidades locales y los actores productivos. La digitalización de los datos hídricos y el desarrollo de plataformas de acceso abierto contribuirían a una mayor transparencia y permitirían una toma de decisiones basada en evidencia. Además, la implementación de incentivos económicos para la eficiencia en el uso del agua, como tarifas diferenciadas y subsidios para tecnologías de ahorro hídrico, generaría externalidades positivas en la sostenibilidad del recurso.

La crisis hídrica en La Araucanía requiere un enfoque multidisciplinario que integre infraestructura, innovación tecnológica, gestión ecosistémica y gobernanza eficiente. Solo a través de un compromiso coordinado entre el Estado, la sociedad civil y el sector privado será posible avanzar hacia una gestión hídrica equitativa, resiliente y sostenible en la región.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

La Región de La Araucanía se proyecta como un modelo de gobernanza hídrica resiliente y sostenible mediante la implementación de estrategias avanzadas de gestión integrada de los recursos hídricos, fundamentadas en una planificación territorial basada en cuencas y el uso de tecnología de vanguardia para la optimización de la infraestructura. La articulación de políticas públicas, la participación multisectorial y la aplicación de enfoques de sostenibilidad han permitido avanzar en la equidad en el acceso y la resiliencia del sistema hídrico, reduciendo brechas históricas en abastecimiento y saneamiento tanto en entornos urbanos como rurales.

Las principales intervenciones se han concentrado en la modernización de la infraestructura hídrica en núcleos urbanos como Temuco, Padre Las Casas, Angol y Villarrica, mientras que en sectores rurales de las provincias de Malleco y Cautín se han promovido inversiones orientadas a la optimización de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Se ha logrado una reducción sustancial en las pérdidas de agua en redes de distribución urbana, disminuyendo del 31.4% al 15% mediante la implementación de sistemas de telemetría avanzada y redes de detección de fugas en tiempo real. Paralelamente, la expansión de la cobertura de agua potable en sectores rurales ha permitido reducir significativamente la brecha de acceso en comunas como Curacautín y Lonquimay, donde hasta hace poco, el 31% de la población carecía de suministro seguro. No obstante, el saneamiento continúa siendo un desafío

estructural en localidades de la cuenca del río Imperial (BNA 091) y el río Toltén (BNA 094), donde más del 50% de la población aún depende de sistemas no regulados de disposición de aguas servidas.

El avance en la eficiencia del uso del agua ha sido un factor clave en la transición hacia un modelo de gestión hídrica más equitativo y sustentable. En el sector agrícola, que concentra el mayor volumen de demanda hídrica regional, la tecnificación de sistemas de riego ha sido prioritaria en zonas de alta presión hídrica como el Valle de Ercilla y las cuencas del río Biobío (BNA 083) y el río Valdivia (BNA 101). La modernización de los métodos de irrigación ha incrementado la eficiencia de riego del 56% al 77%, reduciendo el consumo neto sin comprometer la productividad agrícola en cultivos estratégicos como trigo, papas y frutales. En paralelo, en la industria manufacturera, particularmente en las plantas de Lautaro y Temuco, la implementación de procesos de reutilización de aguas residuales ha disminuido la extracción de agua potable en un 40%, lo que ha mitigado la sobrecarga sobre los recursos hídricos locales.

La conservación de ecosistemas estratégicos ha sido un eje central en la planificación hídrica de la región. En la cuenca del río Budi (BNA 092), la restauración de humedales degradados ha permitido recuperar su capacidad de regulación hídrica, asegurando beneficios ecosistémicos clave para comunidades aledañas como Puerto Saavedra. Asimismo, en la cuenca del río Imperial, la creación de áreas de conservación hídrica ha mitigado la degradación de esteros y afluentes secundarios, estabilizando la calidad del agua en zonas afectadas por la expansión agroindustrial.

El impacto del cambio climático ha obligado a una adaptación acelerada de la infraestructura y la planificación hídrica en la región. La incorporación de infraestructura verde en ciudades como Temuco y Villarrica ha resultado en una reducción efectiva del impacto de inundaciones urbanas, mientras que la construcción de embalses multipropósito de pequeña escala en la cuenca del río Queule (BNA 095) ha incrementado la disponibilidad de agua durante períodos de sequía. Adicionalmente, en las comunidades rurales, la consolidación de sistemas de gestión comunitaria ha fortalecido la autonomía de los SSR, permitiendo una operación más eficiente y sostenible.

No obstante, persisten desafíos críticos que requieren una intervención estratégica continua. La creciente presión sobre los ecosistemas acuáticos, especialmente en la cuenca del río Imperial, puede intensificar conflictos distributivos entre comunidades locales y sectores productivos de alto consumo. Asimismo, el aumento de los costos operativos en la gestión del recurso hídrico representa un obstáculo para la adopción masiva de tecnologías avanzadas en las zonas de menor capacidad económica.

Para abordar estos retos, se han priorizado diversas estrategias de intervención. La rehabilitación y modernización de la red de canales en la cuenca del río Biobío permitirá reducir significativamente las pérdidas en el transporte de agua destinada al riego, mejorando la eficiencia global del sistema agrícola. La expansión de la red de monitoreo de calidad del agua en el río Toltén proporcionará información crítica para la formulación de políticas de regulación ambiental. En paralelo, la implementación de programas de reforestación en zonas de captación hídrica en la precordillera favorecerá la estabilización de los ciclos hidrológicos y la reducción de la erosión del suelo.

La optimización del sector agrícola seguirá siendo un pilar fundamental en la estrategia hídrica regional. La expansión de prácticas de agricultura regenerativa y la adopción de cultivos de alta resiliencia frente a la variabilidad climática garantizarán una reducción progresiva en la demanda hídrica del sector. Además, la promoción de incentivos para la implementación de sistemas de tratamiento y reutilización de aguas industriales asegurará una menor carga sobre los acuíferos subterráneos y las fuentes de agua superficiales. Gracias a estas estrategias de intervención integradas y a una planificación prospectiva de largo plazo, la Región de La Araucanía se consolida como un referente en la gestión hídrica resiliente y sostenible en América Latina, garantizando la seguridad hídrica de sus habitantes y la protección de sus ecosistemas estratégicos.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de la Araucanía se caracteriza principalmente por las cuencas Río Imperial (BNA 091) y Río Toltén (BNA 094). La demanda hídrica de la región se concentra en las cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094) y Río Biobío (BNA 083). Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1. El sector agrícola presenta la mayor demanda, mientras que se proyecta un aumento del 46% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola⁶ y a la baja eficiencia en el riego, que se estima en un 69% promedio regional. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094), Río Biobío (BNA 083) y Costeras entre R. Budi – R. Toltén (BNA 093).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, del orden de 0,3% a 2,4% de disminución. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que las cuencas Río Biobío (BNA 083) y Río Toltén (BNA 094) presentan un estrés hídrico. Este estrés se caracteriza por demandas que no superan la oferta disponible con un 85% de probabilidad de excedencia, junto con restricciones en al menos una de sus fuentes, lo que las vuelve más susceptibles a los impactos del cambio climático. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región⁷, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta considerables presiones. En las áreas rurales, entre el 10% y 31% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que se observan brechas de información que afectan hasta el 24,5% de las viviendas rurales, situación que limita el desarrollo de estrategias integrales. Por otra parte, el 55% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado. En las zonas urbanas la sostenibilidad del suministro presenta una

⁶ Asociado a un aumento de la demanda hídrica de superficies de praderas mejoradas, viñas y parronales, debido principalmente al incremento de la superficie y las tasas evaporación. Reducción de la superficie dedicada forrajeras permanentes, de acuerdo con las tendencias de Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; BC, 2022)

⁷ Entendidos como las brechas o problemáticas relacionadas indirectamente a la disponibilidad de agua, las cuales dificultan el cumplimiento de los objetivos de SH.

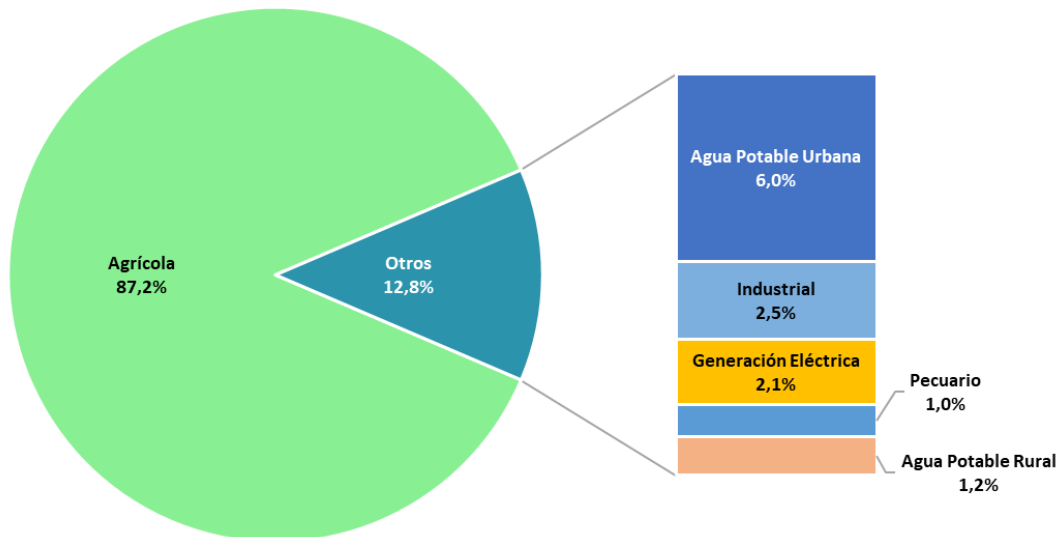
menor complejidad. La cobertura alcanza un 93%, las pérdidas⁸ de los sistemas de distribución se encuentran entre un 20% y 40%, y las tasas de crecimiento de clientes residenciales presentan descensos. Sin embargo, se visualizan oportunidades de mejora para la cobertura de agua potable urbana. En cuanto a la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua la región se encuentra en una situación de moderada complejidad, con oportunidades de mejora. Las eficiencias de riego varían entre el 56% y 77%, siendo la cuenca Río Biobío (BNA 083) la que presenta valores más bajos. Se observan grandes presiones en las cuencas Río Biobío (BNA 083) y Río Imperial (BNA 091), ya que concentran el 44% y 49% de la red de canales de la región, respectivamente. Además, se proyectan incrementos en la demanda hídrica agrícola de la región lo que afecta directamente a las cuencas anteriormente mencionadas, dificultando la productividad y sostenibilidad agrícola. Por otra parte, se proyecta un aumento del 90% en la demanda hídrica de la industria manufacturera, lo que ejercerá una presión significativa sobre la cuenca Río Toltén (BNA 094). Esta situación no solo podría comprometer la seguridad de la provisión, sino también afectar el desarrollo industrial sostenible de la región. Se observan limitaciones en torno a las OUAs⁹, a nivel regional no se identifican CAS, y para las cuencas Río Biobío (BNA 083), Río Imperial (BNA 091) y Río Toltén (BNA 094) solo se registran CA o AC. La región enfrenta limitaciones significativas en la diversificación de la matriz hídrica. Existen brecha de información acerca del volumen actual embalsado, además se proyecta una disminución de la oferta hídrica superficial para todas las cuencas, esta situación evidencia la importancia de diversificar las fuentes de abastecimiento hídrico. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos para uso de fuentes no convencionales de menor escala en las cuencas Río Imperial (BNA 091) y Río Toltén (BNA 094).

La calidad del agua representa un problema crítico para todas las cuencas de la región, debido a la existencia de brechas de información en torno a los niveles de contaminantes presentes en las aguas, lo que favorece riesgos de contaminación por agroquímicos. Se observa un deterioro de la calidad del agua para todas las cuencas debido a la insuficiente cobertura de alcantarillado, inferior al 70% en todas las cuencas, donde aproximadamente un 60% de las localidades rurales no cuenta con sistemas adecuados de tratamiento. Se observan niveles elevados de contaminantes en cuerpos de agua cercanos a zonas industriales, por lo que se visualizan riesgos de contaminación asociados a la actividad industrial. Además, se observa un bajo nivel de monitoreo especialmente en las cuencas Costeras e islas entre R. Paicaví -Límite Región (BNA 089), Costeras entre Límite Regional – R. Imperial (BNA 090), Río Budi (BNA 092) y Costeras Entre R. Budi – R. Toltén (BNA 093). Todas las cuencas, con excepción de Río Biobío (BNA 083), exhiben una protección ecosistémica menor al 5% de la superficie de sus

⁸ Para el período comprendido entre 2012 -2022.

⁹ OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua, JV: Juntas de Vigilancia, CAS: Comunidades de Aguas Subterráneas, CA: Comunidades de Aguas, AC: Asociaciones de Canalistas.

humedales, lo que ha llevado a la pérdida significativa de los servicios ecosistémicos, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Las cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Budi (BNA 092), Costeras Entre Río Budi y Río Toltén (BNA 093) y Río Toltén (BNA 094) presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones, con sistemas de defensa fluvial resultan insuficientes, lo que agrava los impactos ante eventos de crecidas. La cuenca Río Imperial (BNA 091) presenta alta vulnerabilidad a eventos extremos como deslizamientos de tierra, con sistemas de defensa aluviales resultan insuficientes. Los sistemas de drenaje de aguas lluvias de la región presentan baja efectividad. Solo se observan planes maestros para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.



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 La Araucanía

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹⁰	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹¹
			Superficiales	Subterráneas	
083	Río Biobío	Con recursos	Sí	No	Estrés hídrico
089	Costeras e islas entre R. Paicaví y Límite Región	Con recursos	No	No	Con recursos
090	Cuencas costeras entre Límite Regional – R. Imperial	Con recursos	No	No	Con recursos
091	Río Imperial	Con recursos	No	No	Con recursos
092	Río Budi	Con recursos	No	No	Con recursos
093	Costeras Entre Río Budi y Río Toltén	Con recursos	No	No	Con recursos
094	Río Toltén	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico

¹⁰ 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.

¹¹ 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.

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹⁰	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹¹
			Superficiales	Subterráneas	
095	Río Queule	Con recursos	No	No	Con recursos
101	Río Valdivia	Con recursos	No	No	Con recursos

Fuente: Elaboración propia.

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

En la región de la Araucanía se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas Río Biobío (BNA 083), Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094) y Río Valdivia (BNA 101). 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 todas las cuencas, con excepción de Costeras e islas entre R. Paicaví – Límite Región (BNA 089). A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de actualizar y 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 de la Araucanía, actores como el Gobierno Regional, CNR, SISS, SEA, SMA, OUAs, SOFO, CORMA¹², SERNATUR, CONAF, CONADI, comunidades indígenas, gremios forestales, empresas hidroeléctricas, empresas agrícolas y pisciculturas, empresas sanitarias y organizaciones civiles desempeñan roles clave. Aunque el MOP destaca por su capacidad

¹² CNR: Comisión Nacional de Riego; SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios; SEA: Servicio de Evaluación Ambiental; SMA: Superintendencia de Medio Ambiente, OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua; SOFO: Sociedad de Fomento Agrícola; CORMA: Corporación de la Madera; SERNATUR: Servicio Nacional de Turismo; CONAF: Corporación Nacional Forestal; CONADI: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

técnica, enfrenta desafíos como la fragmentación organizativa y falta de continuidad en políticas. Es esencial fortalecer la articulación local, fomentar la confianza y asegurar una gobernanza colaborativa y resiliente, adaptada a realidades territoriales.

8.4 FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA

La visión estratégica del Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 prioriza la resiliencia hídrica como un componente central de la gobernanza nacional frente a la crisis hídrica. Este enfoque reconoce el agua como un recurso estratégico para la población, la economía y la biodiversidad, promoviendo su gestión integrada y sostenible en respuesta a los desafíos climáticos y socioeconómicos. Se busca garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, fomentando un desarrollo equitativo y resiliente. En la región de la Araucanía, la estrategia se centra en desarrollar un sistema integral de infraestructura de recursos hídricos, que asegure el acceso equitativo a servicios de agua potable y saneamiento, priorizando a las comunidades rurales e indígenas. Este sistema busca un desarrollo territorial equilibrado y sostenible por medio de la gestión hídrica resiliente, la promoción de prácticas productivas sostenibles, la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, la innovación y nuevas tecnologías, con una visión que incorpore la resiliencia climática.

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 deterioro progresivo de su seguridad hídrica. La sobreexplotación, deforestación y la variabilidad climática han generado severos impactos en la disponibilidad de los recursos, reduciendo los caudales base en las cuencas. Las deficiencias en los sistemas de distribución y en los servicios de saneamiento incrementan las brechas de seguridad hídrica, lo que ha derivado en una baja cobertura de servicios y dependencia hacia medidas de emergencias, como el uso de camiones aljibes y fosas sépticas, lo que incrementa los riesgos para la salud pública. El aumento de la demanda hídrica agrícola (+50% al 2055) y la ineficiencia de los sistemas de riego incrementan la presión sobre los recursos, lo que pone en riesgo la productividad del sector y aumenta la competencia con otros usos prioritarios. Por su parte, el incremento de la demanda manufacturera (+90% al 2055) ha aumentado la competencia por el recurso, acentuando conflictos socioambientales por su asignación, y generando incrementos en los costos asociados a la producción, poniendo en una situación de vulnerabilidad la productividad del sector industrial. El deterioro de los ecosistemas hídricos debido a la falta de protección y sobreexplotación de los recursos, ha impactado en la capacidad de regulación natural de los ecosistemas, reduciendo la resiliencia de la región frente a eventos extremos climáticos. Por su parte, la deforestación incrementa la pérdida de estos servicios ecosistémicos, incrementando los riesgos y la exposición de la región. En un escenario de *Desafío Gestionable*, los desafíos de seguridad hídrica se incrementan como resultado del

crecimiento demográfico sostenido, la expansión urbana sin planificación hídrica, la intensificación y expansión de las actividades productivas, la ausencia de infraestructura estratégica y los efectos del cambio climático. La capacidad de respuesta de la región permite implementar medidas de mitigación, mediante la identificación de estrategias prioritarias en base al impacto y viabilidad dentro de la región. Estas medidas logran evitar una crisis, sin embargo, se requiere desarrollar estrategias estructurales resilientes que logren 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 significativos, sin embargo, las limitaciones de gobernanza hídrica regional impiden el desarrollo de una gestión hídrica sostenible y resiliente, a la vez que perpetúan vulnerabilidades sistemáticas, como brechas en la provisión de servicios de agua potable y saneamiento, y la escasa conservación de los ecosistemas hídricos. Si esta capacidad de respuesta se mantiene a largo plazo y los desafíos no son abordados desde un enfoque integral, la región puede entrar en un estado de crisis hídrica grave. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, se estabilizan las brechas de seguridad hídrica mediante la implementación de un modelo de gobernanza hídrica resiliente y sostenible. El modelo se fundamenta en la planificación territorial basada en cuencas y el uso de tecnologías de vanguardia para la optimización de la infraestructura. Por medio de programas de inversión sostenidos en el tiempo, articulación de políticas públicas, participación multisectorial y aplicación de enfoques de sostenibilidad, la región ha avanzado hacia la equidad en el acceso y la resiliencia del sistema hídrico, reduciendo brechas históricas en abastecimiento y saneamiento, así como asegurando la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo en la región.

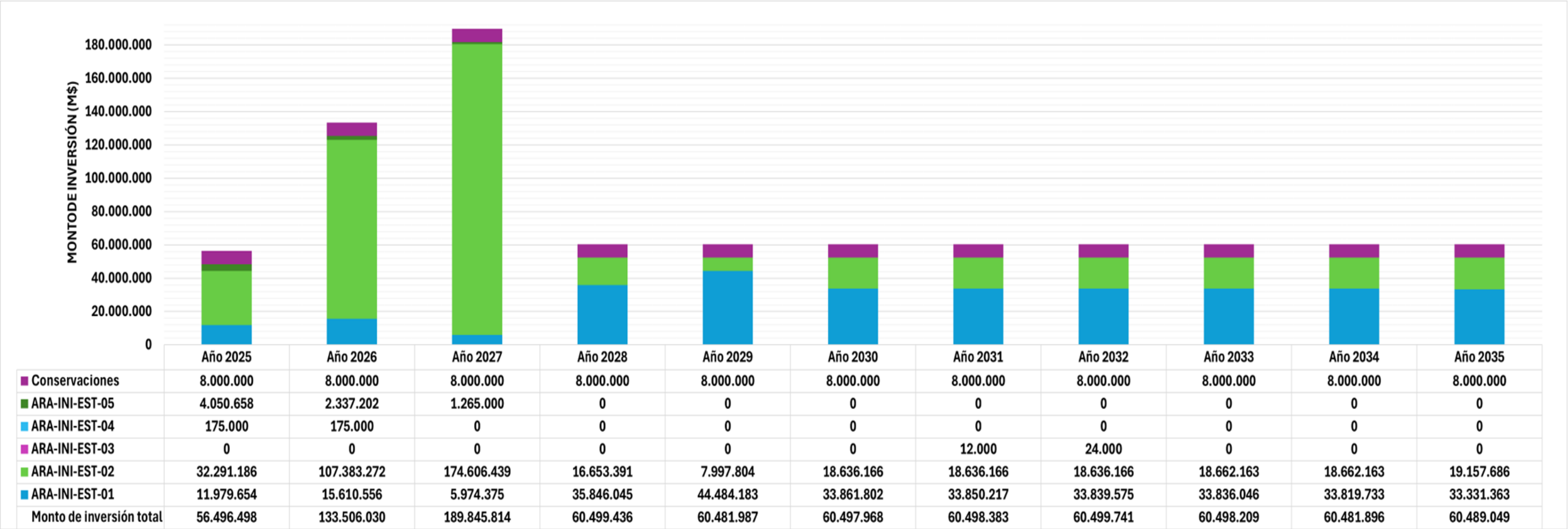
8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

El desarrollo de una planificación estratégica integral y sostenible es clave para abordar los desafíos regionales mencionados en los acápites anteriores. Se deben implementar medidas de adaptación en distintos niveles, a través de una coordinación transversal con mejoras institucionales, que consideren un contexto de alto dinamismo y por lo tanto una actualización constante. Esta planificación debe tener un enfoque inclusivo y coordinado para abordar problemas complejos de forma integral, que considere las particularidades de la región, sin relevar un territorio por sobre otro. La implementación de servicios e infraestructura requiere de un rol activo de todos los actores y una inversión eficiente, que considere metas a corto y mediano plazo para lograr el desarrollo soluciones efectivas en todos los territorios.

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

Para abordar los desafíos hídricos regionales, se han desarrollado Iniciativas Estratégicas (IE), entendidas como un conjunto de acciones diversificadas que incluyen inversiones en infraestructura, medidas de gestión y propuestas de políticas públicas. Las IE buscan solucionar

problemas territoriales y contribuir al cumplimiento de la SH regional en función de una visión de desarrollo sostenible con pertinencia local. Las IE han sido priorizadas de acuerdo a los desafíos de la región, en la Figura 8.7-1 se presenta su distribución.



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en comunidades indígenas y rurales
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.
* Las inversiones se encuentran en 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 “Fuentes de Abastecimiento Sustentables para Consumo Humano y Riego” busca asegurar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. Por último, 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.

Estas iniciativas estratégicas se traducen a inversiones como:

- M\$ 250.548.300 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 98.200 personas distribuidas principalmente en las cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094) y Río Biobío (BNA 083), lo cual permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable.
- M\$ 3.300.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 5 estudios de recursos hídricos y 5 estudios de riego. Un 23% de la inversión está destinado a la cuenca Río Toltén (BNA 094), seguido de un 12% para la cuenca Río Biobío (BNA 083) y un 42% se distribuye equitativamente para las cuencas Costeras entre Límite Regional – R. Imperial (BNA 090), Río Budi (BNA 092), Costeras Entre R. Budi – R. Toltén (BNA 093), Río Queule (BNA 095) y Río Valdivia (BNA 101).
- M\$ 1.327.500 de inversión para el Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras, con un beneficio para 1.400 personas en las cuencas Costeras entre Límite Regional – R. Imperial (BNA 090), Río Imperial (BNA 091) y Río Budi (BNA 092).
- M\$ 205.160.200 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 3.400 ha a nivel regional; y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 280.000 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.
- M\$ 32.102.400 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 390 hectáreas de riego en la región.
- M\$ 2.077.600 de inversión para el desarrollo de Regularización de Derechos de Agua en Captaciones; la Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios, y el Plan de Seguimiento a Planes de Riego.
- M\$ 1.435.096.700 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 140 hm³/año y; M\$ 27.731.400 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 1.200 hectáreas.
- M\$ 17.314.000 de inversión en Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas, equivalente a 4 km de protección de riberas y 2 estudios Río Toltén (BNA 094).

- M\$ 26.863.600 de inversión para Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición y Restauración de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas, equivalente a 6 km de protección de riberas frente a riesgos fluviales, 1 estudio de Diagnostico del Comportamiento Fluvial y 1 estudio de Diagnóstico del Comportamiento de la Ciudad frente a eventos de precipitación extrema. La inversión se encuentra asignada a las cuencas Río Imperial (BNA 091), Río Toltén (BNA 094) y Río Biobío (BNA 083).
- M\$ 9.614.000 de inversión para Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, equivalente al desarrollo de 3 Planes Maestro de Aguas Lluvias y la construcción de 2 km de Canales de Aguas Lluvias. La inversión está mayoritariamente asignada a las cuencas Río Toltén (BNA 094) y Río Biobío (BNA 083), seguida por una inversión destinada a proyectos con enfoque regional.

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

- Aguas Araucanía. (2022). *Memoria 2022*. Obtenido de https://www.aguasaraucania.cl/p_2-16_rse-desarrollo
- Aguas Araucanía. (2023). *Planes de Desarrollo*. Obtenido de https://www.aguasaraucania.cl/p_1-14_concesionnew
- ARCADIS. (2016). *Estudio Hidrogeológico, Región de la Araucanía*.
- ASSSI. (2023). *Aguas San Isidro*. Obtenido de <https://www.sanisidrosa.cl/planes-de-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
- 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 de la Araucanía*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de la Araucanía*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/hidrografia.htm>
- Bolados A., M., Roa A., S., & Aedo A., M.-V. (2023). Análisis de las brechas e iniciativas hídricas propuestas en los planes estratégicos de gestión hídrica (PEGH): un acercamiento a la gobernanza para su implementación. *Sequía y escasez hídrica: mejoras institucionales y regulatorias en materia de aguas: IV Jornadas del régimen jurídico de las aguas*, 520.
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Conseciones sanitarias: cómo se incertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N°48). Retrieved from <https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2023/04/aj-47-concesiones->

- sanitarias-como-se-insertan-en-el-actual-modelo-de-gestion-colectiva-de-las-aguas-natalia-dasencich.pdf
- CEN. (2022). Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente. *Coordinador Eléctrico Nacional*, <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>.
- CEN. (Enero de 2023). *Coordinador Electrico Nacional*. Obtenido de Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente: <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/#Estadisticas>
- CMPC. (2021). “Cosecha de lluvia”: el innovador sistema de captación de precipitaciones que asegura agua potable a familias de comunidades rurales de Lumaco. Obtenido de <https://www.cmpcpulp.com/Noticias/cosecha-de-lluvia-el-innovador-sistema-de-captaci243n-de-precipitaciones-que-asegura-agua-potable-a-familias-de-comunidades-rurales-de-lumaco>
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNR. (2017). *Estudio básico diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de la Araucanía*.
- CONAF. (2009). *Catastro de Usos de Suelo y Vegetación*.
- CONAF. (2014). Obtenido de <https://www.conaf.cl/>
- Coordinador eléctrico nacional, C. (2022). Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente. <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>.
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/>
- DGA. (2009). *Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos*. Santiago.
- DGA. (2017). *Actualización Balance Hídrico Nacional*.
- DGA. (2017). Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de la Araucanía.
- 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. (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/repositoriodga/handle/20.500.13000/125626>
- DGA. (2021). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Río Imperial S.I.T N°475.
- DGA. (2021). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las cuencas de los Ríos Toltén y Bueno*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/126220>

- DGA. (2021). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuencas de Los Ríos Toltén y Bueno S.I.T N°486.
- DGA. (2021a). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DE VALDIVIA*. Santiago.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- 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). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- Diario de la Araucanía. (2024). *Cosecha de aguas lluvia: una apuesta para la pequeña agricultura de La Araucanía*. Obtenido de <https://www.eldiariodelaaraucania.cl/cosecha-de-aguas-lluvia-una-apuesta-para-la-pequena-agricultura-de-la-araucania-2/>
- 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>
- El Mostrador. (2024). *Emprendimiento turístico en la Araucanía reutiliza el 80% de sus aguas*. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/revista-jengibre/viajes/2024/06/03/emprendimiento-turistico-en-la-araucania-reutiliza-el-80-de-sus-aguas/>
- 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*.
- ESSBIO. (2023). *Essbio*. Obtenido de <https://www.essbio.cl/planes-desarrollo>
- FICA UFRO. (2022). *De la academia a la industria: Sistema de ratamiento para agas de recirculación de empresa Eagon*. Obtenido de <https://issuu.com/fica.ufro/docs/nuestra-muestra-2022/s/20442137>

- GORE Araucanía. (2022). *Estrategia de desarrollo regional*.
- INDH. (2020). *Mapa de Conflictos socioambientales*. Obtenido de <https://mapaconflictos.indh.cl/#/conflicto/20651>
- INE. (1997). *Censo Nacional Agropecuario*.
- INE. (2007). Informe Anual. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/produccion-pecuaria>.
- 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>
- 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. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de la Araucanía*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=12
- MOP. (2019). *Ánalysis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020 - 2050*.
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2021). *Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca del río Imperial*.
- MOP. (2023). *Inventario de planes MOP*.
- MOP. (2023). *Inversión Historica MOP 1986-2023*.
- MOP. (2023). *Planamiento Mop Gob*. Obtenido de <https://planeamiento.mop.gob.cl/inversion-historica-mop/>
- ODEPA. (2022). *Catastros Frutícolas*. Santiago, Chile.
- RECT. (2021). Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes del RETC 2021. <https://retc.mma.gob.cl/books/informe-consolidado-de-emisiones-y-transferencias-de-contaminantes-del-retc-2021-2/>.
- RETC. (s.f.). <https://retc.mma.gob.cl/books/informe-consolidado-de-emisiones-y-transferencias-de-contaminantes-del-retc-2021-2/>.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrdr.senapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- SERNAGEOMIN. (2022). Obtenido de Anuario de la Minería de Chile : <https://www.sernageomin.cl/anuario-de-la-mineria-de-chile/>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- Sernapesca. (2015). Anuario Estadístico. <https://www.sernapesca.cl/informes/estadisticas/>.

- 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*. Santiago. Retrieved from 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). Sistema de Facturación Clientes y Coberturas SIFAC II.
- 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>
- UCT. (2023). *UCT implementa “demostrativo” de cosechadora de agua*. Obtenido de Universidad Católica de Temuco: <https://www.uct.cl/actualidad/noticias/uct-implementa-demostrativo-de-cosechadora-de-agua/>
- UMayor. (2022). *Equipo U. Mayor implementa solución que permite recargar acuíferos afectados por la sequía*. Obtenido de Diario Mayor: <https://www.diariomayor.cl/temuco/ciencia-um/1205-equipo-u-mayor-implementa-solucion-que-permite-recargar-acuiferos-afectados-por-la-sequia.html>
- Vitale, J., & Puebla, P. (2017). Aplicación de la prospectiva estratégica a la gestión integrada del recurso hídrico. En *Desafíos del agua para la región Latinoamericana* (págs. 80-93). Santiago: Fundación Chile.
- Walker, W. E., Marchau, V. A., & Kwakkel, J. H. (2019). Dynamic Adaptive Planning (DAP). En V. A. Marchau, W. E. Walker, P. J. Bloemen, & S. W. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*. Cham: Springer.