

**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 MAULE

REV. 0

Preparado para:



marzo de 2025

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	INTRODUCCIÓN	9
1.2	MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL	10
1.2.1	Visión objetivo	10
1.2.2	Objetivo estratégico general	11
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	11
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	13
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	13
2.1.1	Dimensión física	13
2.1.2	Clima	17
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	18
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	19
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	29
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	30
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	31
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	33
2.3.1	Oferta hídrica	33
2.3.2	Eventos extremos	44
2.3.3	Calidad de aguas	46
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	49

3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	49
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	49
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	62
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	80
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	83
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	86
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	88
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	90
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	90
4.3.2	Identificación de brechas de infraestructura	99
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	102
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	102
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	104
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	105
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	111
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	115
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	115
5.6.1	Beneficios de Inversiones	115
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	120
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	124
6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	124
6.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	127
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	128
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	133
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	133

7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	134
7.1.2	Factores críticos regionales	136
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	137
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	137
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	140
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	142
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	145
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	147
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	147
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	150
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	150
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN PARA LA RESILIENCIA	151
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	151
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVERGAR LA INCERTIDUMBRE	152
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	152
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	155
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	156

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región del Maule	15
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región del Maule.....	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	31
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	32
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	33
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región del Maule según clasificación BNA.....	34
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región del Maule, por tipología	36
Figura 2.3-3	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región del Maule ...	37
Figura 2.3-4	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región del Maule, por tipología	41
Figura 2.3-5	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región del Maule.....	42
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región del Maule 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 del Maule	54
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región del Maule según indicador BS13	55

Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	56
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región del Maule	59
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región del Maule	61
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 073.....	72
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región del Maule	73
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región del Maule.....	75
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región del Maule	89
Figura 4.3-1	Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región del Maule.....	96
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	103
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	104
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	106
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	107
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	129
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región del Maule.....	130
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región del Maule	131
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región del Maule	132
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	149
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	153

TABLAS

Tabla 2.2-1	Demanda Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Maule	19
Tabla 2.2-2	Demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región del Maule	21
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región del Maule	22
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región del Maule	22
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región del Maule	23
Tabla 2.2-6	Demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Maule	24
Tabla 2.2-7	Demanda hídrica consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Maule.....	26
Tabla 2.2-8	Demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Maule	26
Tabla 2.2-9	Demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Maule ..	27
Tabla 2.2-10	Demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Maule	28
Tabla 2.2-11	Demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Maule	29
Tabla 2.2-12	Demanda hídrica Acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Maule	30
Tabla 2.2.13	Caudales de Reserva para Protección Ambiental – Cuencas BNA Región Maule	30
Tabla 2.2-14	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región del Maule	32
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	38
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciación en periodo histórico 1985-2015.....	39
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en región	43
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual de agua subterránea en región	44
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	44
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región del Maule, periodo 1912-2017 ...	45
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región del Maule, periodo 2017-2023	46
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 del Maule.....	51
Tabla 3.1-3	Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región del Maule	60
Tabla 3.1-4	Estaciones de monitoreo de la región del Maule	60
Tabla 3.1-5	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	62
Tabla 3.1-6	Iniciativas según tipologías y características básicas	63
Tabla 3.1-7	Iniciativas con estado de ejecución.....	64
Tabla 3.1-8	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región del Maule	64
Tabla 3.1-9	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	69
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región del Maule.....	74
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región del Maule .	79
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región del Maule	81
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región del Maule (continuación)	82
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región del Maule	84
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región del Maule (continuación).....	85
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región del Maule	87
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región del Maule	93
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Maule (continuación)	94
Tabla 4.3-3	Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región del Maule	98
Tabla 4.3-4	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Maule	101
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	104
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	105
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-INI-EST-01	108
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-INI-EST-02	108
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-INI-EST-03 y MAU-INI-EST-06	109
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-INI-EST-04	110

Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-INI-EST-05 110
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF111
Tabla 5.5-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas 115
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)117
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica121
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización 126
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Maule149

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

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

1.1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

Finalmente, se entrega una nueva prospectiva de los programas y/o proyectos estratégicos de infraestructura hídrica identificados con nuevos horizontes de realización (con alcance temporal al 2055 y con escenarios de corte de 10, 20 y 30 años), en base a diversos criterios y/o escenarios, con sus requerimientos de inversión y programación estimados dentro del

período 2025-2055, para ser presentados como propuestas dentro del proceso de elaboración del Plan Director de Infraestructura 2025-2055.

1.2 MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL

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

1.2.1 Visión objetivo

La Región del Maule conformada por sus habitantes que mantienen sus tradiciones e identidad rural arraigada, mejorará de manera sostenible, con innovación y avance tecnológico, adaptado a los efectos del cambio climático y resiliente a los desastres socio-naturales los requerimientos territoriales de servicios de infraestructura, tales como la conectividad interna, interregional e internacional, generando integración territorial para la producción silvoagropecuaria, turística y con energías no convencionales.

Planificará su infraestructura para generar integración productiva y social con vinculación público-privada, generando polos productivos, protegiendo y organizando un equilibrio en los centros poblados y cuidando su patrimonio cultural.

Desarrollará infraestructura para el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico, buscando la calidad de vida de sus habitantes de acuerdo a los requerimientos del territorio, asegurando de forma prioritaria el consumo humano del agua y su saneamiento, la actividad productiva y el desarrollo de la energía sostenible con el medio ambiente regional.

A continuación, se presenta el objetivo estratégico general y los objetivos estratégicos regionales los cuales se han definido a partir de la revisión y análisis de los Planes de Riego (CNR, 2016) de la región, el (Plan Chile 30/30, 2018)), el Plan de Infraestructura y Gestión de Recursos Hídricos al 2021 (MOP, 2021), los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs) desarrollados dentro de la región (DGA, 2020), la Estrategia Regional de Desarrollo (GORE Maule, 2022) y por último el inventario de planes del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2023).

1.2.2 Objetivo estratégico general

Desarrollar una red de infraestructura hídrica eficiente y sostenible en la región del Maule, que priorice el acceso equitativo al agua potable y el saneamiento, especialmente en zonas rurales, cordilleranas y costeras. Promover una gestión integrada y adaptada al cambio climático, que incluya tecnologías innovadoras para optimizar el uso del agua en riego y abastecimiento, así como el monitoreo y la preservación de ecosistemas críticos. Fomentar la participación ciudadana y la coordinación intersectorial para mitigar los riesgos socio-naturales y asegurar la resiliencia territorial, impulsando el desarrollo sostenible, la protección del patrimonio natural y la equidad en el acceso a los recursos hídricos.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Desarrollar una red de infraestructura hídrica eficiente y sostenible en la región del Maule que priorice el consumo humano y el saneamiento del agua, con un enfoque especial en las zonas rurales, cordilleranas y costeras. Promoviendo la implementación de soluciones permanentes para el abastecimiento de agua potable, especialmente en comunidades dependientes de camiones aljibe y sistemas de Agua Potable Rural (APR) con baja seguridad de abastecimiento. Además, promover la coordinación entre entidades públicas para garantizar la gestión integrada del agua, respetando las particularidades de la vida campesina, y la incorporación nuevas tecnologías en la infraestructura sanitaria para reducir inequidades sociales y mejorar la calidad de vida de los habitantes.
2. Impulsar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico que priorice el acceso humano y el saneamiento, especialmente en zonas rurales, mediante la optimización de infraestructura y la incorporación de nuevas fuentes de agua. Además, fortalecer la regulación sanitaria y la gestión de derechos de agua, apoyando la fiscalización y la organización de usuarios.
3. Mejorar la infraestructura en la región del Maule mediante la integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático, priorizando una gestión eficiente del recurso hídrico. Esto incluye el fomento del riego tecnificado, la construcción y rehabilitación de tranques comunitarios, así como la actualización del catastro de canales. Además, se implementarán Planes Maestros para el mantenimiento de la infraestructura y se facilitará la capacitación en el uso del agua. Se promoverá el empoderamiento de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) mediante programas de capacitación en gestión organizacional, riego tecnificado y estrategias comunicacionales.

4. Fomentar el desarrollo de infraestructura hídrica sostenible y la incorporación de nuevas fuentes de agua para aumentar la disponibilidad del recurso, priorizando su uso eficiente en riego. Además, optimizar la gestión de información relacionada con la regulación sanitaria, los derechos de agua y la fiscalización.
5. Desarrollar un enfoque integral para la planificación y gestión de la infraestructura regional que incorpore conocimientos científicos y saberes indígenas en la solución de riesgos naturales y la gestión de recursos hídricos, fomentando la participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y conservación mediante una gestión intersectorial que optimice procesos, e impulsando campañas educativas y medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit, promoviendo la conservación del patrimonio natural y la biodiversidad como pilares del desarrollo estratégico de la región.
6. Desarrollar e implementar un enfoque integral que incluya estudios sobre el impacto de las actividades productivas en los niveles de aguas superficiales y subterráneas, así como en la preservación de humedales y ecosistemas críticos; mejorar la infraestructura y tecnología de monitoreo hidrométrico y de calidad de aguas para facilitar el acceso a información en tiempo real; y crear programas educativos sobre el uso sostenible del agua en el contexto del cambio climático, promoviendo la concientización y participación comunitaria en la adaptación a estos desafíos.
7. Desarrollar una infraestructura regional sostenible en la Región del Maule que incorpore innovación y tecnología avanzada para adaptarse a los efectos del cambio climático y aumentar la resiliencia ante desastres socio-naturales, promoviendo la planificación integral del territorio basada en un enfoque armónico y equitativo que considere las particularidades y potencialidades locales, generando y utilizando información sobre infraestructura regional que integre ciencia indígena y participación ciudadana para diseñar e implementar planes de emergencia y mitigación de riesgos naturales, mejorando la coordinación intersectorial, y fomentando la investigación y gestión del conocimiento para reducir los riesgos de desastres mediante la elaboración de planes y programas a nivel regional y comunal, alineados con estrategias nacionales.

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

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

A continuación, se presentan las principales características de la región en términos físicos, climáticos y socio-económicos. El detalle de este trabajo se presenta de en el Anexo 08.01 del presente estudio.

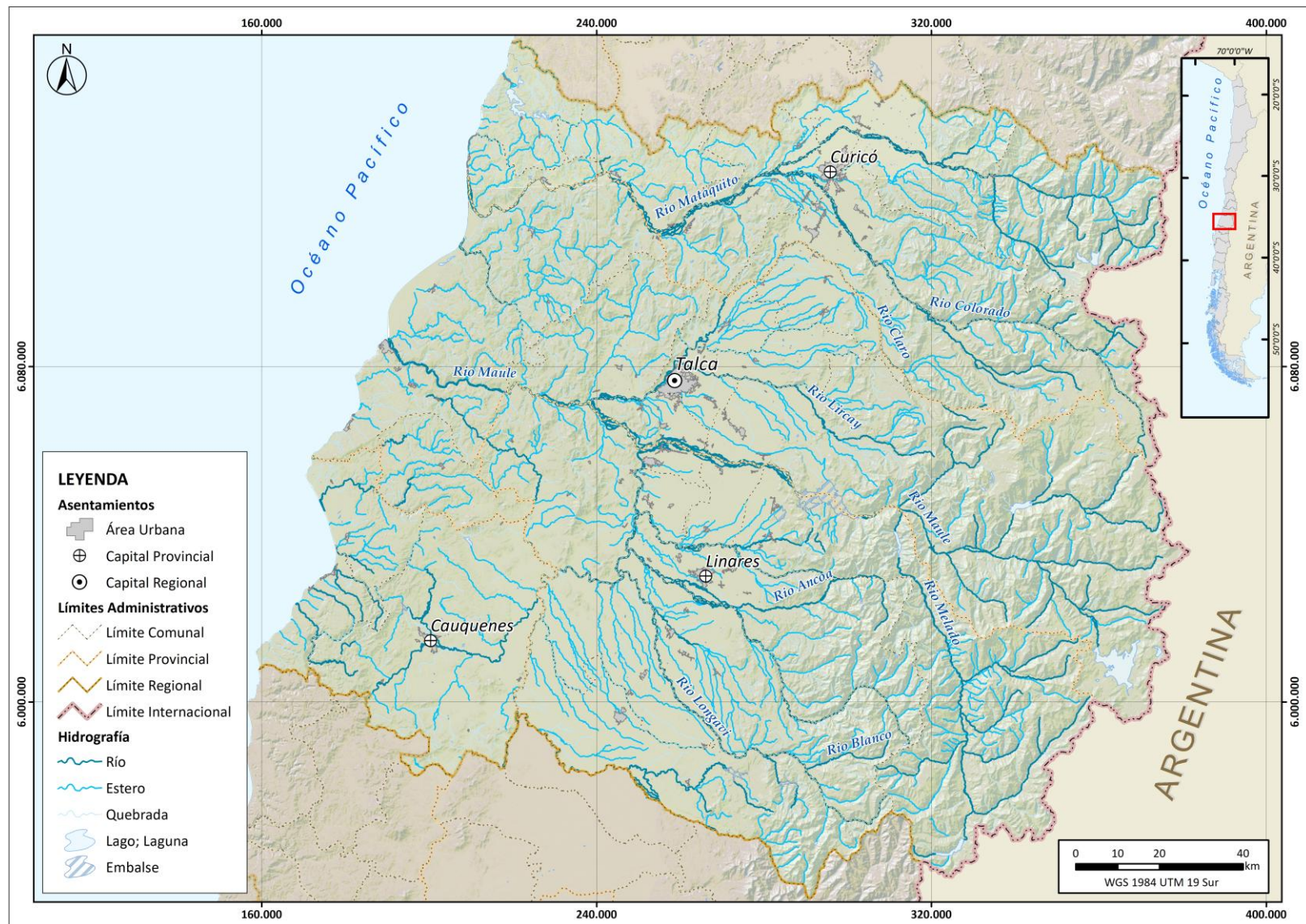
2.1.1 Dimensión física

La Región del Maule se caracteriza por una diversidad geológica que incluye la Cordillera de los Andes, la depresión intermedia, la Cordillera de la costa y las planicies litorales. Entre la precordillera y la Cordillera de la Costa se encuentra el valle longitudinal, atravesado por numerosos ríos. La hidrografía de la región se presenta en la Figura 2.1-1. También se observa un relieve precordillerano entre la depresión intermedia y la Cordillera de los Andes. La Cordillera de la Costa presenta rocas cristalinas y metamórficas en su borde occidental, rocas intrusivas en el este, y secuencias volcánicas y sedimentarias en el extremo oriental.

La depresión central está rellena de depósitos aluviales y volcánicos, con un basamento de rocas Mesozoicas y Cenozoicas. La Cordillera principal está formada por rocas Cenozoicas deformadas y plegadas, así como por secuencias volcánicas. Los sedimentos no consolidados de origen fluvial, glacial y lacustre llenan las cuencas de la región.

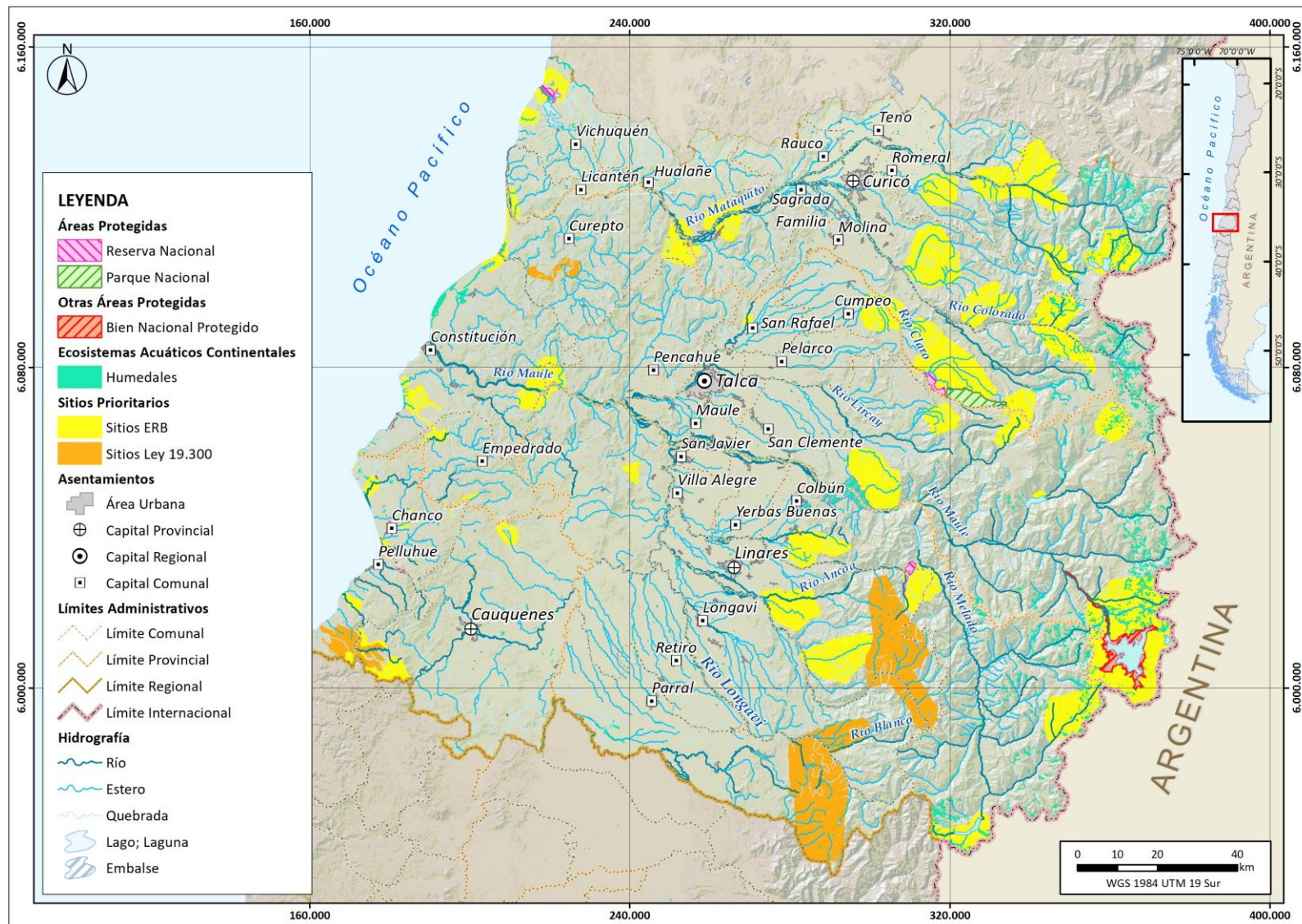
En términos ambientales, se han identificado diversas áreas con diferentes niveles de protección de la biodiversidad en las cuencas de los ríos Maule, Lontué y Mataquito, según el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Destacan el Parque Nacional Radal Siete Tazas y la Reserva Nacional Altos de Lircay, que representan reservas naturales significativas en la región (ver Figura 2.1-2). Con respecto a la protección de humedales en las cuencas de la región de Maule se presentan diferentes niveles de criticidad. Las cuencas Río Rapel, Costeras Rapel – E. Nlahue, Río Mataquito y Río Maule muestran una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales inferiores

al 5%. Por otro lado, las cuencas Costeras entre Límite Región y Río Mataquito, Costeras Mataquito – Maule y Costeras Maule y Límite Región exhiben una criticidad media, con porcentajes de protección que varían entre el 5% y el 25%. Esta evaluación subraya la necesidad de mejorar la gestión y protección de los humedales en la región para mitigar los impactos negativos en los recursos hídricos y garantizar la sostenibilidad ambiental a largo plazo.



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

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región del Maule



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF

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

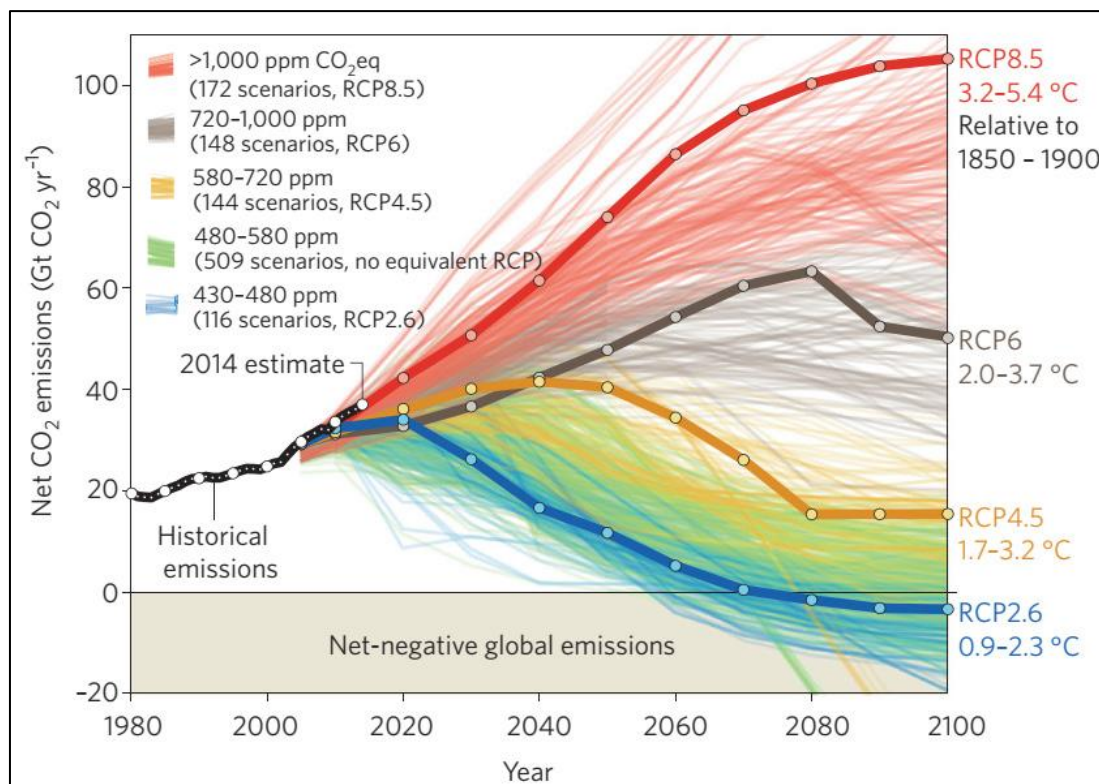
2.1.2 Clima

La caracterización climática comprende una descripción de los tipos de clima presentes en la región y análisis de variabilidad climática. En la Región del Maule, se distingue un clima templado mediterráneo con una estación seca que varía de seis meses en el norte a cuatro meses en el sur, con una temperatura media de 19°C y extremas de 30°C en verano, mientras que en invierno las temperaturas mínimas medias son de 7°C. En la costa, predomina el clima templado mediterráneo costero, con temperaturas moderadas durante todo el año. En el valle longitudinal, se encuentra un clima templado mediterráneo cálido, que cambia a un clima templado mediterráneo de altura en la precordillera, con temperaturas más bajas y aumento de precipitaciones hasta aproximadamente los 2.000 m de altura (BCN, 2023). Esta región se considera de transición entre las zonas desérticas y templadas mediterráneas.

En el Anexo 08.01 se detalla la clasificación climática de Köppen-Geiger y los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, calculados dentro del período histórico considerado de 1985-2015, utilizando información 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 4 modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de la iniciativa CMIP-5¹ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), siendo ajustados a una escala espacial de 0,05° x 0,05° para Chile. Estos modelos poseen información histórica hasta el año 2005, por lo que, a partir de ese año, los resultados reportados corresponden a proyecciones. Los GCM utilizados corresponden a aquellos del escenario de emisiones RCP8.5, que supone la mayor tasa de emisiones hacia el futuro, siendo la más pesimista, pero que mejor predijeron lo ocurrido desde el año 2005 hasta el año 2014, como se puede ver en la Figura 2.1-3. El GCM representativo de la región corresponde al IPSL-CM5A-LR. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 08.01.

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 del Maule se sitúa en la macrozona centro del país y tiene un área de 30.296,1 km². La caracterización administrativa, social, económica y cultural de la Región del Maule revela una población proyectada para el año 2035 de 1.256.803 habitantes, con un crecimiento estimado del 20,27% respecto al censo de 2017. La distribución por género muestra un 51,41% de mujeres y un 48,59% de hombres, con una estructura poblacional que se asemeja a una pirámide invertida. En cuanto a la distribución geográfica, el 73,2% de la población se encuentra en áreas urbanas y el 26,8% en zonas rurales. Destaca la presencia del pueblo Mapuche con un 90,6% de la población indígena. En términos de pobreza, se observa una disminución de la pobreza extrema del 10,82% al 2,99% en 2017, con una tendencia decreciente hasta 2022, según la encuesta CASEN (INE, 2017).

En el ámbito económico, el Producto Interno Bruto (PIB) de la Región del Maule alcanza los \$9.264 mil millones de pesos, representando el 3,9% del total nacional. En términos sectoriales se destaca la industria manufacturera (17,5%), seguido por servicios personales (16,0%) y el sector agropecuario-silvícola (14,3%), como los principales sectores que contribuyen al PIB regional. El sector de servicios de vivienda e inmobiliarios contribuye con un 12,1% del PIB regional, mientras que el comercio representa el 9,1% (BDE, 2024).

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS

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

2.2.1 Agua potable urbana

El análisis de la demanda de agua potable urbana en las cuencas de la región del Maule está determinado por las fuentes de extracción que se localizan al interior de los límites definidos de las cuencas y que abastecen localidades con áreas urbanas. Los resultados del análisis son presentados a nivel de cuenca considerando el consumo en términos de volumen anual demandado (Mm³/año).

Los cálculos de demanda hídrica actual consideran el consumo facturado en el año 2022 según el Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) (SISS, 2022). La demanda proyectada para Clientes Residenciales considera el consumo facturado histórico y la proyección de clientes de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional, mientras que para los demás clientes perteneciente a la categoría “Otros”, se utiliza la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) (BC, 2022). El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 08.02.

Tabla 2.2-1 Demanda Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Maule

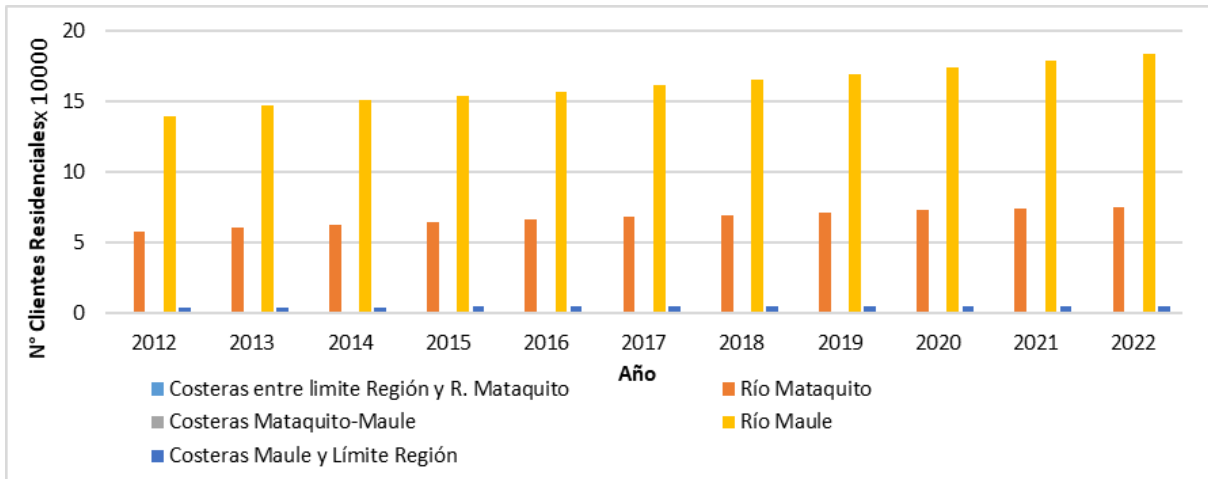
Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	121	124	131	136	140
071	Río Mataquito	14.817	15.114	15.875	16.399	16.746
072	Costeras Mataquito-Maule	157	159	167	172	176
073	Río Maule	36.653	37.463	39.475	40.858	41.773
074	Costeras Maule y Límite Región	879	896	945	980	1.004
Total		52.627	53.756	56.593	58.545	59.839

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

Según se desprende de la Tabla 2.2-1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas, asociada al aumento de la población urbana que demanda el recurso hídrico en las cuencas. Asimismo, se observa que la mayor demanda se concentra en la cuenca del Río Maule (Código cuenca N°073) en donde operan los sistemas de producción de agua potable que abastece a la mayor población de la región.

En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 96,3% del total de clientes en la región.

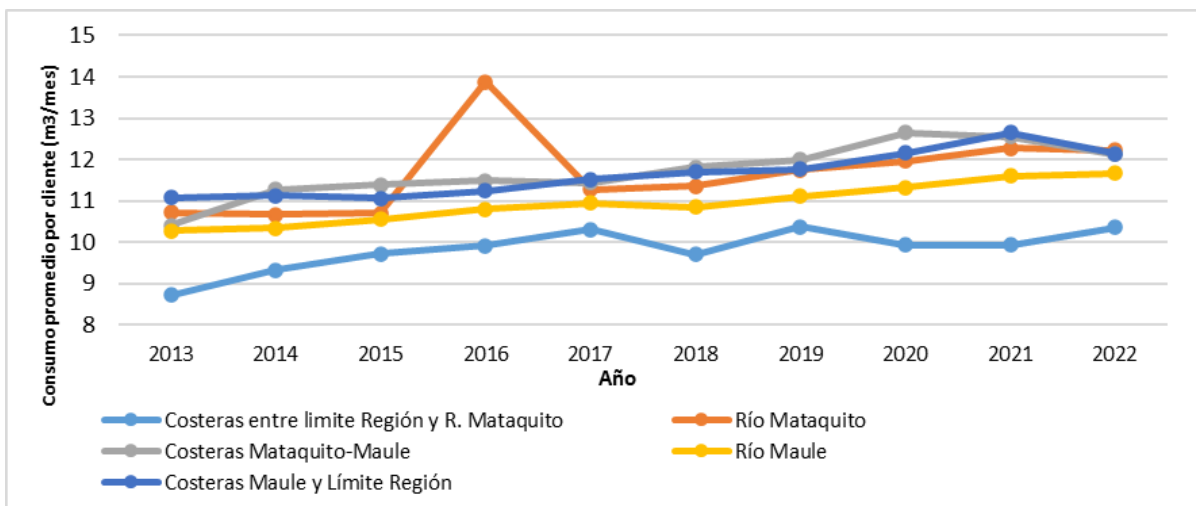
Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,3%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales por cuenca entre los años 2013 y 2022.



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 6,5m³/mes (Figura 2.2-2). Cabe destacar que las cuencas que más consumo promedian son las cuencas del Río Mataquito (Código BNA 071), Costeras Mataquito – Maule (código BNA 073) y Costeras Maule y Límite Región (Código BNA 074).



Fuente: SISS (2023)

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

En cuanto a las fuentes de abastecimiento, estas son de carácter mixto, es decir, corresponde a fuentes superficiales y subterráneas. Sin embargo, la escasez hídrica y la falta de lluvias han levantado alertas de preocupación en relación a la cobertura del recurso y el aumento en clientes y consumo, declarando decretos de escasez hídrica para la región en su totalidad en los años 2021-2022 y para la provincia de Curicó para el año 2023 (DGA, 2023).

2.2.2 Agua potable rural

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

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 08.02.

Tabla 2.2-2 Demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región del Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	275	282	300	313	323
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	50	51	55	57	58
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	249	255	273	285	294
071	Rio Mataquito	4.594	4.705	5.186	5.418	5.584
072	Costeras Mataquito - Maule	113	115	133	139	143
073	Rio Maule	12.627	12.931	14.099	14.729	15.181
074	Costeras Maule y Limite Región	494	506	693	724	747
Total		18.401	18.845	20.738	21.665	22.330

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

Según se desprende de la Tabla 2.2-2, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas, asociado al aumento de población rural que demanda el recurso hídrico en las cuencas. Asimismo, se observa que la mayor demanda se centraliza en la cuenca del Río Maule (código BNA 073), en donde se concentra la mayor población.

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región del Maule, donde se observa un incremento en la población rural de

un 26% para las cuencas Costeras Maule y límite Región (código BNA 074), un 16% en las cuencas del Río Mataquito (código BNA 071) y Río Maule (código BNA 073) y por último un 14% para las cuencas del Río Rapel (código BNA 060), Costeras Rapel – E. Nilahue (código BNA 061), Costeras entre límite Región y Río Mataquito (código BNA 070) y Costeras Mataquito – Maule (código BNA 072), para el año 2055 respecto de la población actual.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Proyección de población rural en áreas con APR				
		2022	2025	2035	2045	2055
60	Rio Rapel	5.487	5.573	5.928	6.193	6.383
61	Costeras Rapel - E. Nilahue	923	937	997	1.041	1.073
70	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	4.592	4.664	4.961	5.183	5.342
71	Rio Mataquito	87.779	89.159	97.594	101.954	105.084
72	Costeras Mataquito - Maule	2.341	2.378	2.529	2.642	2.724
73	Rio Maule	247.901	251.800	272.799	284.985	293.734
74	Costeras Maule y Limite Región	10.552	10.718	13.167	13.755	14.177
Total		359.574	365.230	397.975	415.754	428.518

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la Tabla 2.2-4 presenta la proyección de demanda futura para las áreas sin presencia de APR, donde se observa una proyección del 14% de aumento en el consumo para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región a excepción de las cuencas Río Rapel (código BNA 060) y Costeras Rapel – E. Nilahue (código BNA 061).

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda áreas sin APR(Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	2	2	2	2	2
071	Rio Mataquito	42	43	46	48	49
072	Costeras Mataquito - Maule	10	10	11	12	12
073	Rio Maule	91	92	98	102	105
074	Costeras Maule y Limite Región	66	67	71	74	77
Total		211	214	228	238	246

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 14% al año 2055 en relación a la población

actual en todas las cuencas presentes en la región a excepción de las cuencas Río Rapel (código BNA 060) y Costeras Rapel – E. Nilahue (código BNA 061).

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Proyección de población rural en áreas sin APR				
		2022	2025	2035	2045	2055
060	Río Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	101	102	109	114	117
071	Río Mataquito	2.326	2.363	2.513	2.625	2.706
072	Costeras Mataquito - Maule	563	572	609	636	655
073	Río Maule	4.968	5.046	5.367	5.607	5.779
074	Costeras Maule y Limite Región	3.611	3.668	3.902	4.076	4.201
Total		11.569	11.751	12.499	13.058	13.459

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región del Maule, se emplearon diversos datos y metodologías. Se consideraron los requerimientos de riego de los cultivos, teniendo en cuenta la demanda evapotranspirativa, el aporte de la precipitación y las eficiencias de los sistemas de riego. La estimación de la superficie de cultivo actual y futura se basó en los resultados de los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), a los cuales se les aplicó tendencia. Además, se estableció un coeficiente de cultivo representativo para cada grupo de cultivo (Cereales, Hortalizas, Vides y Frutas) utilizando los catastros de ODEPA (ODEPA, 2022); mientras que los datos de evapotranspiración y precipitación se obtuvieron a partir de la homologación del Balance Hídrico Nacional del 2022. Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 08.02.

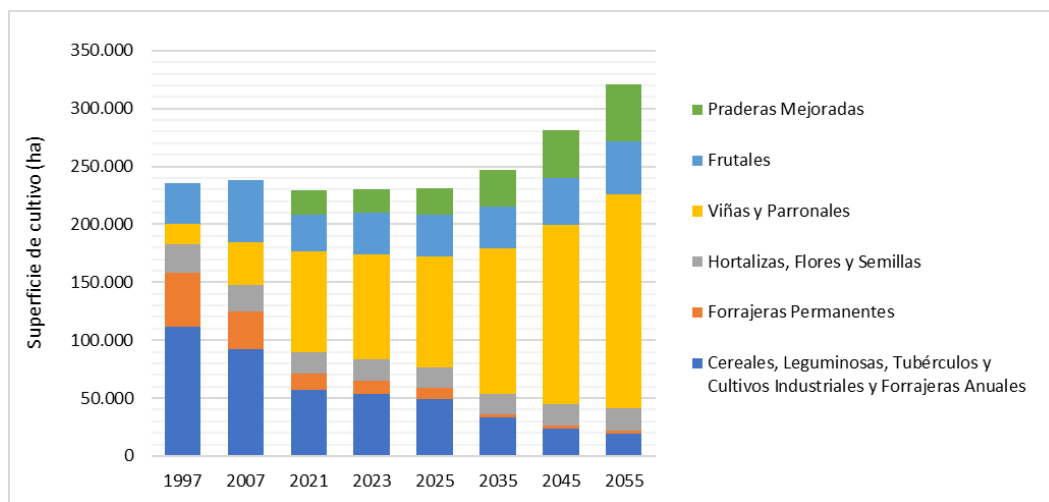
Tabla 2.2-6 Demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	66.917	63.290	69.495	76.833	85.728
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	33.087	31.428	33.043	32.838	34.902
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	26.179	25.676	28.733	28.792	30.871
071	Río Mataquito	833.363	810.481	877.599	925.243	982.283
072	Costeras Mataquito-Maule	54.535	54.831	67.851	70.803	78.811
073	Río Maule	3.492.114	3.276.046	3.628.935	3.630.637	3.655.910
074	Costeras Maule y Límite Región	30.276	30.858	42.300	47.506	55.965
Total		4.536.471	4.292.610	4.747.956	4.812.652	4.924.470

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 se espera en la región un incremento del 9% en la demanda de agua para el período comprendido entre los años 2023 y 2055. El aumento previsto de la demanda, basado en datos censales históricos, se atribuye principalmente al aumento de la superficie cultivada de viñas y parronales (Figura 2.2-3). Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las áreas registradas en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021, las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos censos no se evidencia una tendencia lineal en las áreas de riego a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

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



Fuente: Elaboración propia.

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

En lo que respecta a la evolución de la demanda hídrica por tipo de cultivo, destacan como principales consumidores de agua las viñas y parronales, según las proyecciones para el periodo 2023 a 2055. Para el año 2023, se estima una demanda de 1.808.722 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 2.986.310 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 65% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua.

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

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que la demanda ejercida por el sector de generación eléctrica consta de dos componentes en su uso: la no consuntiva (centrales hidroeléctricas) y la consuntiva (centrales termoeléctricas que utilizan agua para sus sistemas de enfriamiento). Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-7 y Tabla 2.2-8, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 08.02.

Tabla 2.2-7 Demanda hídrica consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Río Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	0	0	0	0	0
071	Río Mataquito	0	0	0	0	0
072	Costeras Mataquito-Maule	0	0	0	0	0
073	Río Maule	0	0	0	0	0
074	Costeras Maule y Límite Región	6.928	6.797	5.946	5.521	5.521
Total		6.928	6.797	5.946	5.521	5.521

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 Costeras Maule y Límite Región, donde destaca la termoeléctrica Viñales. Las proyecciones futuras indican una disminución en esta demanda, en línea con la tendencia a la baja observada en los datos históricos de generación eléctrica en los últimos años. Es importante señalar que, dado que las proyecciones de demanda hídrica apuntan a una demanda nula para el año 2055, se ha decidido mantener de manera conservadora la estimación correspondiente al año 2045.

Tabla 2.2-8 Demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Río Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	0	0	0	0	0
071	Río Mataquito	0	0	0	0	0
072	Costeras Mataquito-Maule	0	0	0	0	0
073	Río Maule	11.382.673	15.924.478	12.075.553	8.177.832	4.459.002
074	Costeras Maule y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		11.382.673	15.924.478	12.075.553	8.177.832	4.459.002

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2.2-8 muestra una reducción en la demanda hídrica no consuntiva, similar a la tendencia a la baja observada en la demanda consuntiva. La demanda se concentra en la cuenca Río Maule, donde destacan las hidroeléctricas Pehuenche, Colbún, Machicura y Cipreses. Es importante señalar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, entre los años 2023 y 2055, se deben a los valores de generación eléctrica, los cuales fueron analizados en función de tendencias. Estos valores no muestran una tendencia lineal a lo largo del tiempo, lo que se refleja en las proyecciones futuras.

2.2.5 Minero

En la región del Maule no hay actividad minera detectada, por lo que no hay demanda hídrica vinculada a esta industria en la zona.

2.2.6 Industrial

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

Respecto al SIFAC II, no fueron consideradas aquellas industrias con servicio de agua potable, esto dado que dicha demanda forma parte de la demanda de agua potable urbana (acápite 2.2.1). En consecuencia, han sido consideradas desde el SIFAC II solo aquellas industrias que utilizan la red de alcantarillado de aguas servidas y extraen agua desde unas fuentes distintas a la red de agua potable. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-9 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 08.02.

Tabla 2.2-9 Demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	0	0	0	0	0
071	Río Mataquito	6.043	6.322	9.312	12.302	15.292
072	Costeras Mataquito-Maule	0	0	0	0	0
073	Río Maule	22.691	23.741	34.969	46.196	57.424
074	Costeras Maule y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		28.734	30.063	44.281	58.498	72.716

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en 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 153% 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 19% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 113% entre los años 2013 y 2022 (BDE, 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 (CONAF, 2009) Las superficies plantas consideradas corresponden a especies forestales exóticas. Estas superficies fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-10 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 08.02.

Tabla 2.2-10 Demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Río Rapel	2.563	2.693	2.946	2.685	2.699
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	20.778	21.827	23.884	23.460	23.574
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	130.368	136.954	149.974	146.341	147.057
071	Río Mataquito	346.659	364.162	398.503	366.761	368.554
072	Costeras Mataquito-Maule	323.608	339.946	371.991	346.628	348.323
073	Río Maule	2.734.009	2.860.243	3.113.870	2.889.897	2.904.029
074	Costeras Maule y Límite Región	646.450	678.372	741.347	698.846	702.263
Total		4.204.435	4.404.197	4.802.515	4.474.618	4.496.499

Fuente: Elaboración propia.

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

de uso productivo. La demanda nativa forma parte de la demanda estimada para protección ambiental (acápito 2.2.10).

2.2.8 Pecuario

Para la estimación de la demanda hídrica del sector pecuario representada principalmente por las producciones bovina, ovina, caprina, avícola y porcina, se emplearon los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007, 2021 (INE, 1997; INE, 2007; INE, 2021) y encuestas ODEPA. A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-11, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 08.02.

Tabla 2.2-11 Demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	191	199	244	293	343
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	39	37	29	22	14
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	63	64	71	78	85
071	Río Mataquito	1.520	1.545	1.699	1.851	1.962
072	Costeras Mataquito-Maule	51	49	42	35	23
073	Río Maule	2.960	2.889	2.679	2.596	2.481
074	Costeras Maule y Límite Región	84	79	61	46	24
Total		4.908	4.862	4.825	4.921	4.932

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-11, se observa a nivel regional una leve variación de la demanda hídrica. A nivel de cuenca se observa un aumento en tres de las siete cuencas que conforman la región.

2.2.9 Acuicola

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 08.02.

Tabla 2.2-12 Demanda hídrica Acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Maule

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
060	Río Rapel	0	0	0	0	0
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0	0	0
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	0	0	0	0	0
071	Río Mataquito	0	0	0	0	0
072	Costeras Mataquito-Maule	0	0	0	0	0
073	Río Maule	3.762.177	2.231.676	1.528.979	861.227	861.227
074	Costeras Maule y Límite Región	0	0	0	0	0
Total		3.762.177	2.231.676	1.528.979	861.227	861.227

Fuente: Elaboración propia

Según se desprende de la Tabla 2.2-12, la proyección de la demanda acuícola muestra una tendencia a la baja. Lo anterior se debe a los registros históricos de producción, los cuales no evidencian una disminución 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 07.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario Cajón del Río Teno (SP2-220) y Sitio Prioritario Cerros de Upeo (SP2-201) ambos en la cuenca Río Mataquito, Sitio Prioritario Bosques Nativos de Digua y Bullileo (SP1-062) en la cuenca Río Maule y Sitio Prioritario Desembocadura Río Santa Ana en la cuenca Costeras Maule y Limite Región.

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

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm3)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Mataquito	193,7	102,4	79,8	71,8	157,7	268,0	249,5	229,8	211,2	228,1	290,3	329,7	2.411,8
Río Maule	34,6	18,0	13,9	39,9	178,8	263,0	207,7	182,3	153,5	131,3	92,4	63,8	1.379,2
Costeras Maule y Limite Región	0,3	0,0	0,0	1,1	16,6	30,1	44,7	45,5	22,2	7,7	3,5	2,0	173,4
Total	228,6	120,4	93,7	112,8	353,1	561,1	501,9	457,6	386,9	367,1	386,2	395,5	3.964,4

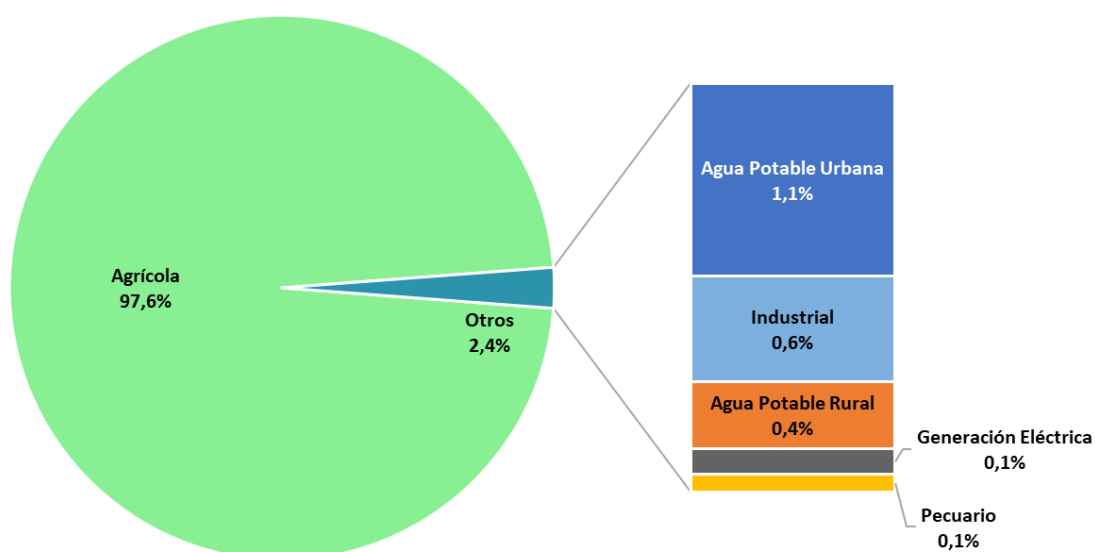
Fuente: Elaboración propia.

2.2.11 Análisis de demanda total en la región

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

i. Análisis de demanda extractiva total en la región

A continuación, en la Figura 2.2-4, se presenta la distribución del total de la demanda hídrica consuntiva en la región del Maule en el año 2023, destacando el sector agrícola como el principal demandante consuntivo de agua para usos productivos. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 08.02



Fuente: Elaboración propia.

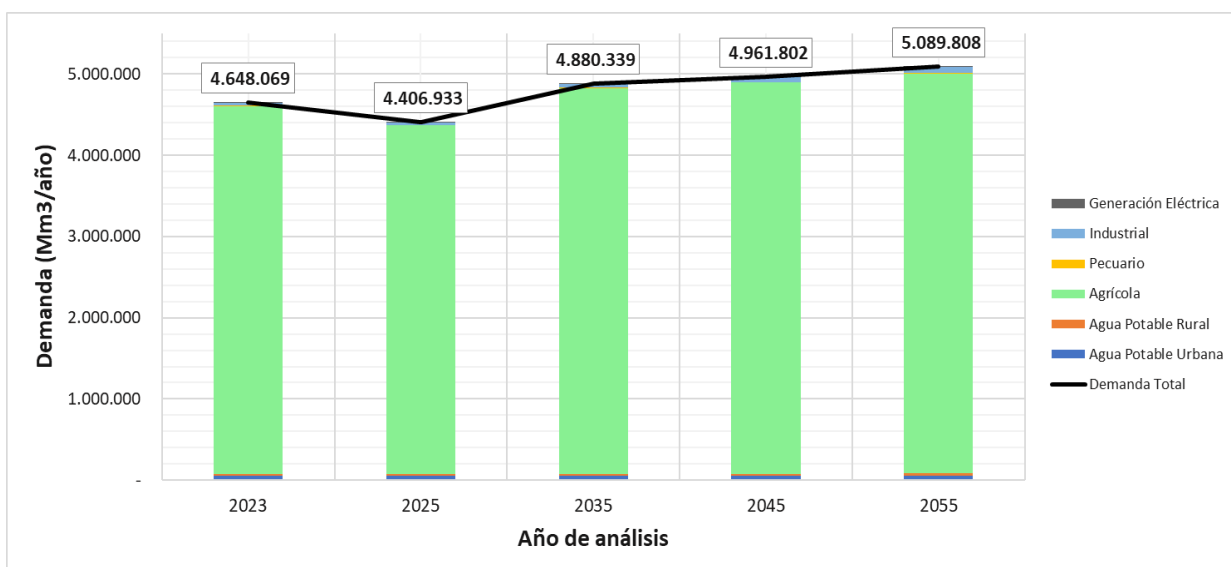
Figura 2.2-4 Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023

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 10% de las demandas consuntivas totales en el periodo 2023-2055; asociado principalmente al sector agrícola que corresponde a un 88% del aumento de la demanda consuntiva total, seguido por el sector industrial que corresponde aproximadamente al 10% del aumento de la demanda consuntiva total.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	67.383	63.771	70.039	77.439	86.394
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	33.176	31.516	33.126	32.917	34.974
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	26.612	26.119	29.208	29.291	31.390
071	Rio Mataquito	860.337	838.167	909.671	961.213	1.021.867
072	Costeras Mataquito - Maule	54.855	55.154	68.193	71.149	79.153
073	Rio Maule	3.567.045	3.353.070	3.720.157	3.735.016	3.772.769
074	Costeras Maule y Limite Región	38.661	39.136	49.945	54.777	63.261
Total		4.648.069	4.406.933	4.880.339	4.961.802	5.089.808

Fuente: Elaboración propia.

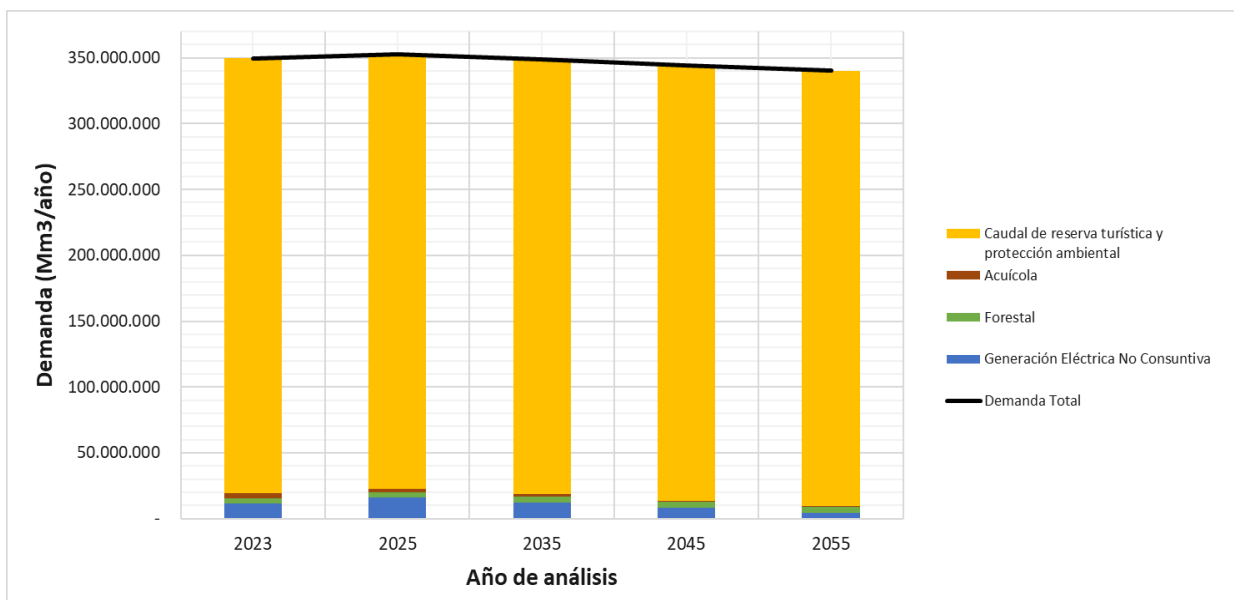


Fuente: Elaboración propia.

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. Con respecto a la generación eléctrica, cabe señalar que el presente análisis no incorpora limitantes respecto a la disponibilidad física o legal de los DAA, actuales o futuros, en los cauces con hidroeléctricas.



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

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

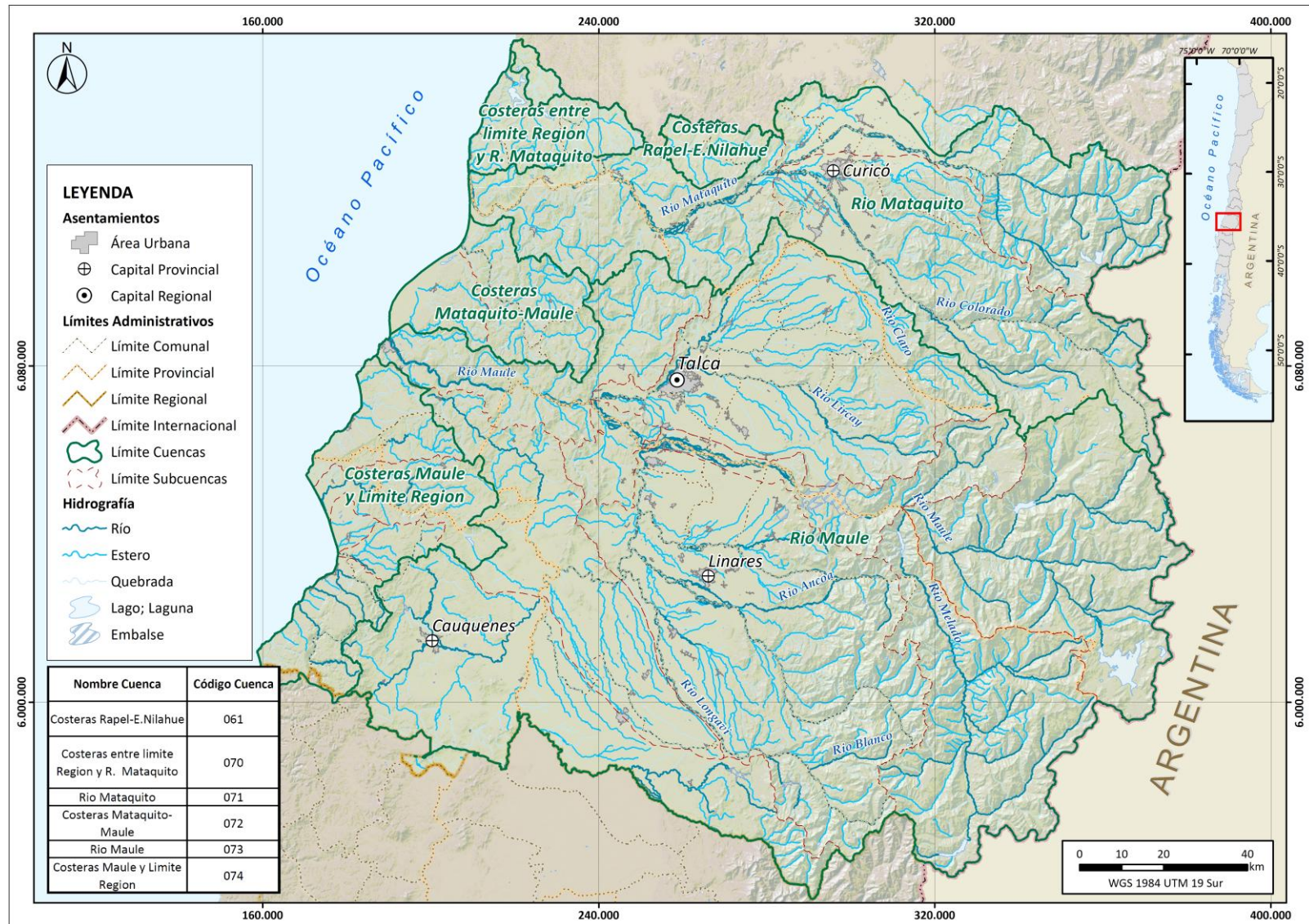
Fuente: Elaboración propia.

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

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

2.3.1 Oferta hídrica

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



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

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

2.3.1.1 Agua Superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

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

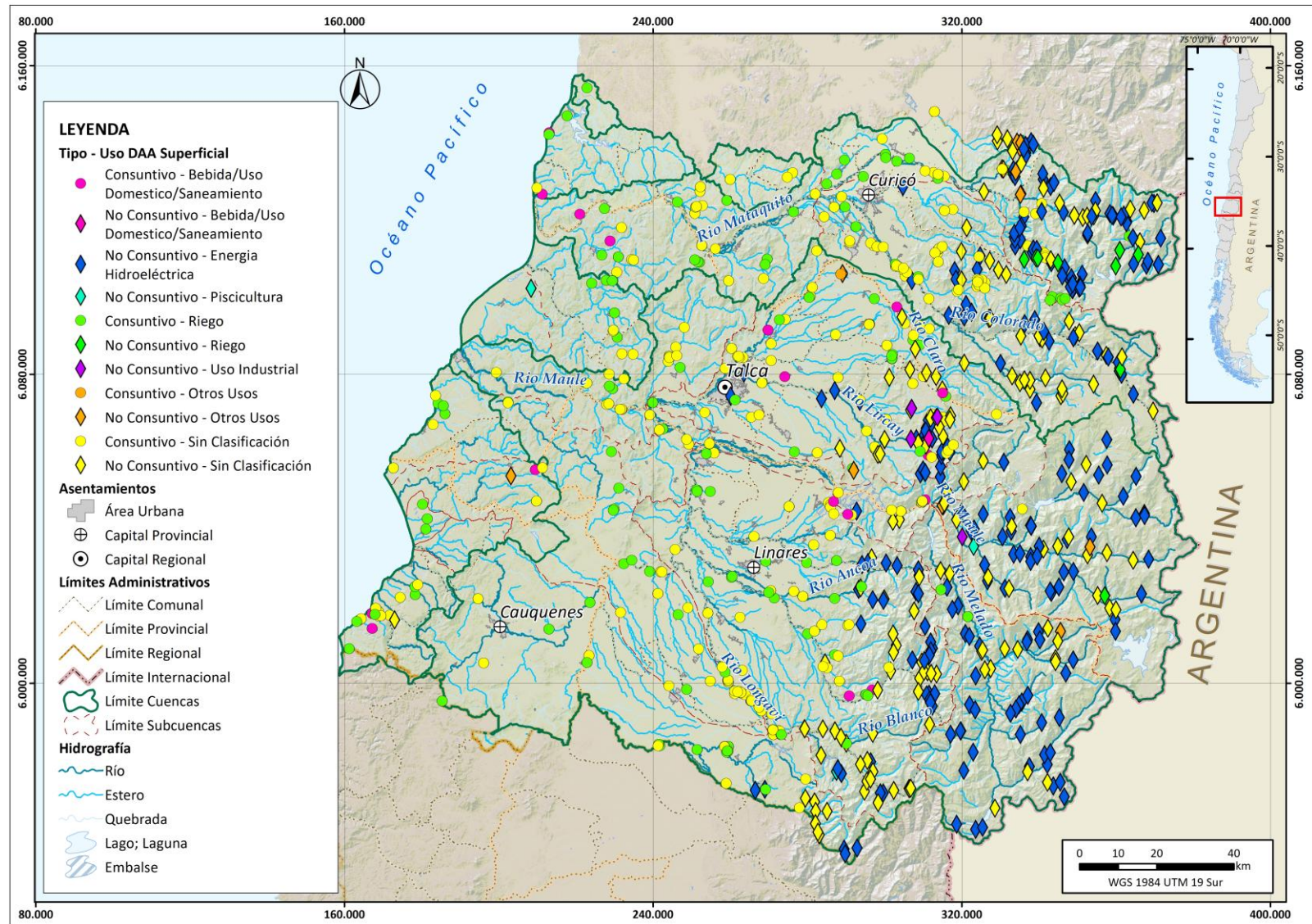
En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región del Maule existen 5.838 DAA superficiales registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 323.156,1 litros por segundo constituidos². La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-2. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 08.03.

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 del Maule, 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.

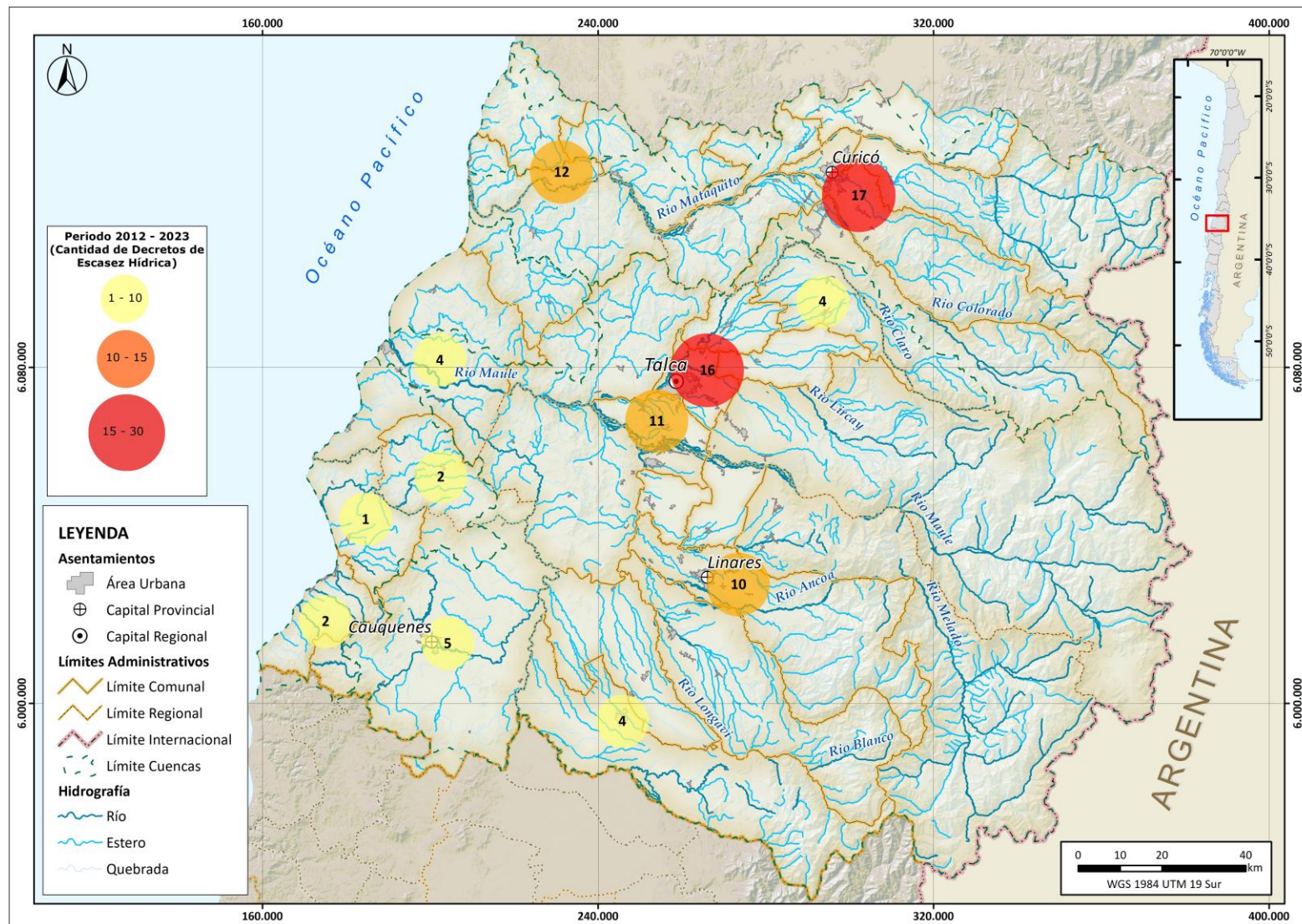
No existen restricciones vigentes para el uso de aguas superficiales en la región, salvo por la declaración de agotamiento del río Claro, de la Región de O'Higgins (Resolución DGA N°25), que abarca la cuenca Río Rapel (060) y que tiene una pequeña extensión dentro de la región de Maule. En la Figura 2.3-3 se muestran las zonas con decretos de escasez históricos en la región. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 08.03.

² 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 del Maule, por tipología



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

Figura 2.3-3 Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región del Maule

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 08.04.01.

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

Código BNA	Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	66.246	47.956
071	Río Mataquito	3.568.883	3.168.324
072	Costeras Mataquito-Maule	207.327	159.820
073	Río Maule	13.389.262	11.469.616
074	Costeras Maule y Límite Región	514.989	387.729

Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas más afectadas serían Costeras entre límite Región y río Mataquito y costeras Maule y límite región con una disminución porcentual de 27,6% y 24,7%, respectivamente.

Además, es importante tener en consideración la posible incidencia de los cambios proyectados en glaciares en el ciclo hidrológico, por lo que para estimar este efecto se considerarán los resultados presentados en el Balance Hídrico Nacional. En este, se presenta (en tablas) el aporte de escorrentía glaciar histórico a nivel de cuenca y la variación 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)
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	3,70	0,00
071	Río Mataquito	165,88	1,45
072	Costeras Mataquito-Maule	10,59	0,00
073	Río Maule	574,73	1,96
074	Costeras Maule y Límite Región	23,84	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM IPSL-CM5A-LR proyecta una disminución de aproximadamente 1,83 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 subterráneo concedidos

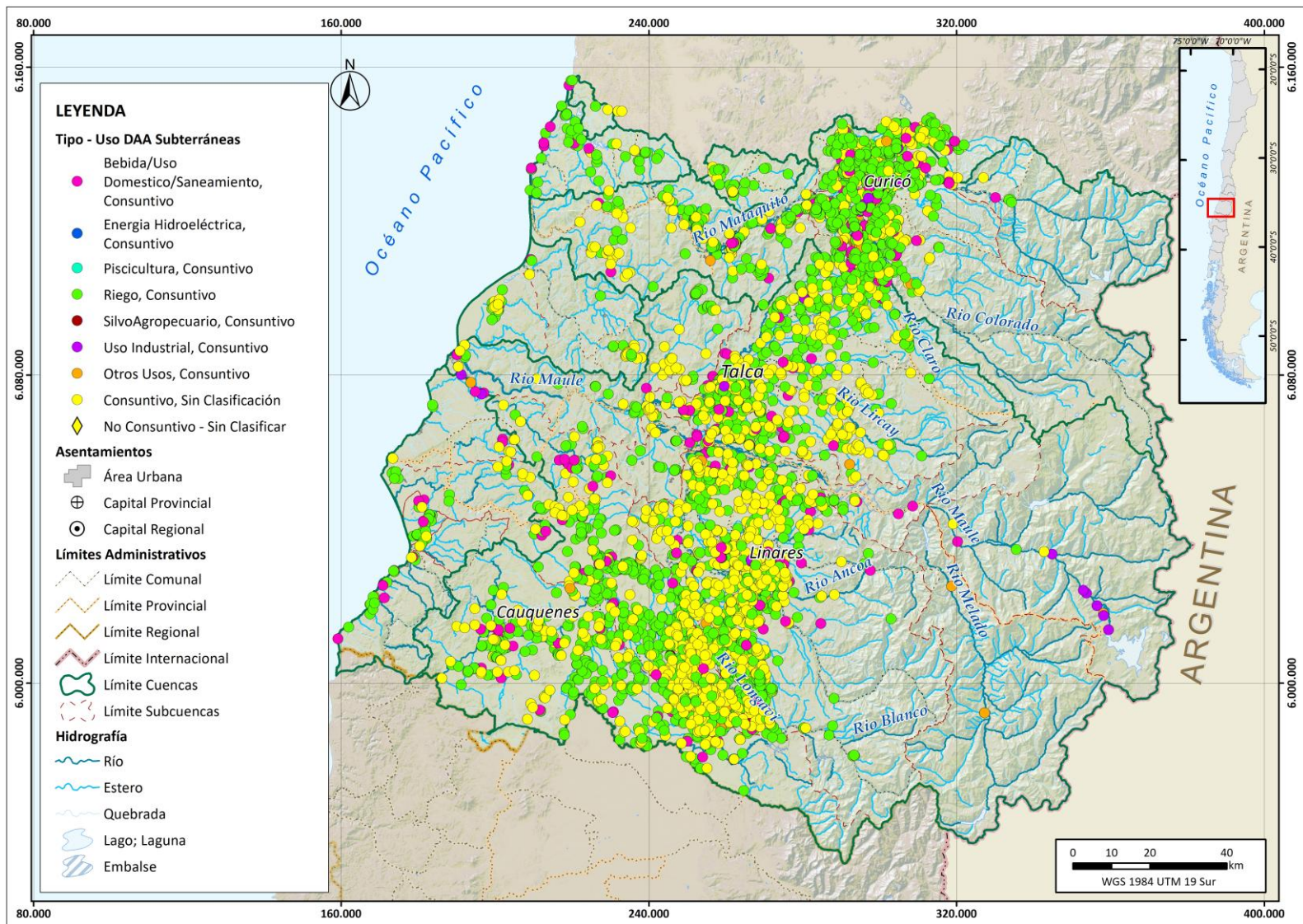
A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneos otorgados en la región del Maule. Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_VII_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región del Maule existen 5.496 DAA subterráneos registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 108.707,6 litros por segundo constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-4. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 08.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

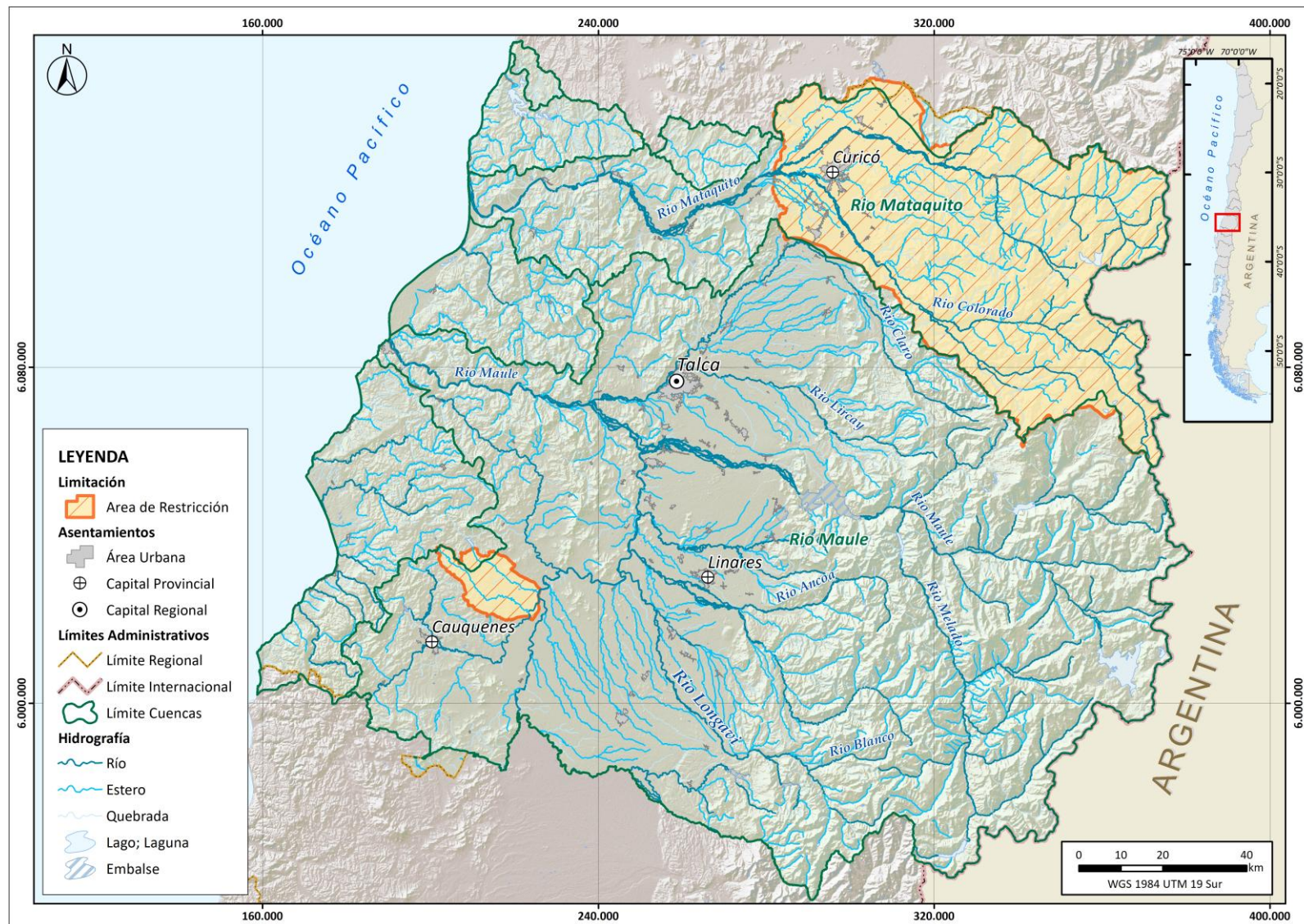
Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua en la Región del Maule, se detallan las limitaciones respecto al uso actual y futuro del agua en sus distintas formas de protección para fuentes subterráneas, en un periodo de análisis de 11 años (2012-2023). Para esto se revisan las restricciones para el uso de Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) definidas por la Dirección General de Aguas (DGA) para fuentes subterráneas, que incluyen; i) Áreas de restricción de aguas subterráneas; y ii) Zonas de Prohibición de aguas subterráneas.

En la Figura 2.3-5 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de las restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 08.03.



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

Figura 2.3-4 Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región del Maule, por tipología



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

Figura 2.3-5 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región del Maule

iii. Oferta en la fuente

La oferta hídrica actual en lo que respecta a aguas subterráneas se obtuvo de distintos estudios realizados en las cuencas que componen la región. A partir de estos, en la Tabla 2.3-3 se presentan las recargas de los acuíferos para cada una de las cuencas. Es importante mencionar que no se disponen de referencias para todas las cuencas, siendo para el caso de esta región las más pequeñas. Esta brecha de información es comentada en el acápite 4.2.1.ii.

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

Código BNA	Cuenca	Recarga (l/s)	Fuente
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	61.920	-
071	Río Mataquito	75.619	PEGH EN LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO
072	Costeras Mataquito-Maule	307	PEGH EN LA CUENCA DEL MAULE
073	Río Maule	-	PEGH EN CUENCAS COSTERAS MATAQUITO - MAULE
074	Costeras Maule y Límite Región	-	-

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de lo presentado anteriormente, para el caso de la oferta hídrica proyectada, el uso de las fuentes mencionadas ya no resulta válido debido a los supuestos particulares que se usaron en cada uno de esos estudios para estimar la recarga subterránea en el periodo futuro. En este sentido, se consideró que la recarga subterránea varía de manera proporcional a la variación de la precipitación. Por lo tanto, para estimar la recarga acuífera futura, se aplicó la variación de precipitación del GCM considerado (IPSL-CM5A-LR) como referencia del clima futuro de la región a las recargas presentadas en la Tabla 2.3-3. De este modo, en la Tabla 2.3-4 se presentan las recargas proyectadas para cada una de las cuencas. El supuesto utilizado es parte de las brechas de información en el acápite 4.2.1.ii.

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	61.920	-7,5	57.276
071	Río Mataquito	75.619	-9,1	68.775
072	Costeras Mataquito-Maule	307	-8,0	283
073	Río Maule	-	-7,7	-
074	Costeras Maule y Límite Región	-	-7,4	-

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 08.03 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 descenso en la magnitud de los eventos extremos, lo cual debe confirmarse con un estudio respectivo. Por otro lado, para el caso de las sequías, en todas las cuencas se proyecta un aumento en los años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 08.03.02).

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

Código BNA	Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	96.5	82.2	-14.7
071	Rio Mataquito	125.5	114.6	-8.6
072	Costeras Mataquito-Maule	103.5	96.6	-6.7
073	Rio Maule	114.7	117.7	2.6
074	Costeras Maule y Limite Región	98.5	107.8	9.4

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en consideración que los eventos extremos no se deben únicamente al efecto de la intensidad de precipitación, sino que son producto de la sinergia de distintos fenómenos climáticos y geográficos. En este sentido, aspectos como la duración y distribución temporal de la tormenta, fisiografía, humedad del suelo y superficie pluvial pueden llegar a afectar la intensidad de un evento extremo. Al respecto, uno de los aspectos que pueden llegar a tener un mayor impacto es el área pluvial, correspondiente a la superficie que principalmente genera la escorrentía efectiva que deriva en la crecida. Esta superficie pluvial está determinada por el cruce entre la cuenca aporte total a un punto y la

posición de la línea de nieve o isoterma 0°C. Por lo tanto, a partir de los eventos observados en el último tiempo, resulta importante tener en consideración que variaciones de la isoterma 0°C pueden provocar un efecto sinérgico que aumente la intensidad de la crecida antes eventos de precipitación, por lo que resulta necesario tomar este aspecto en cuenta. Este tipo de análisis debiera realizarse a escala de cuenca para lograr una correcta estimación, como lo fue el estudio realizado por Mardones y Garreaud (2020) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C. En particular, la región del Maule se encuentra aproximadamente entre las latitudes 35° S y 36° S, por lo que, según el antecedente mencionado, la línea de nieve proyecta un aumento de entre 400 y 500 metros aproximadamente.

En relación a los eventos extremos históricos, en base a Eridanus (2018) 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 del Maule, periodo 1912-2017

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	249	123
Aluvión	1	0

Fuente: Elaboración propia en base a Eridanus (2018)

En base a SENAPRED, en el periodo 2017-2023, se observan sesenta y un (61) sistemas frontales y una (1) remoción en masa, sin provocar daños mayores a la población.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan cincuenta y cinco (55) inundaciones afectando a la totalidad de las cuencas presentes en la región. La Tabla 2.3-7 presenta las cuencas afectadas por inundaciones y aluviones.

Tabla 2.3-7 Cuenclas afectadas por eventos extremos en la región del Maule, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
060	Río Rapel	X	
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	X	
070	Costeras entre límite Región y R. Mataquito	X	
071	Río Mataquito	X	
072	Costeras Mataquito - Maule	X	
073	Río Maule	X	
074	Costeras Maule y Límite Región	X	

Nota: Cuenclas afectadas en rojo.

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

2.3.3 Calidad de aguas

A continuación, se presenta un análisis de la calidad de las aguas en la región del Maule, desglosado por cuenca:

- En la cuenca del Río Rapel (Código BNA 060), los datos indican que las aguas del acuífero Alhué se clasifican como bicarbonatadas cálcicas ($\text{HCO}_3^{--}\text{Ca}^{2+}$). En contraste, los acuíferos de Cachapoal y Tinguiririca predominan aguas sulfatadas-cálcicas ($\text{SO}_4^{2--}\text{Na}^+$). Se han registrado concentraciones elevadas de sulfatos, níquel, cromo, manganeso, hierro y otros contaminantes. Además, en la unidad hidrogeológica superficial de baja permeabilidad, se observan niveles elevados de nitrato; sin embargo, estos no superan los límites establecidos por la Norma NCh409/2005, especialmente en pozos situados en áreas de alta vulnerabilidad.

En relación con las aguas superficiales, se observa una tendencia al aumento en los valores de pH, calcio, magnesio y conductividad eléctrica, especialmente en las estaciones del río Cachapoal en Puente Coinco, del río Claro en Tunca y del estero Zamorano en Pencahue.

En cuanto al Embalse Rapel, se caracteriza por presentar condiciones eutróficas e hipertróficas. Los niveles de coliformes fecales totales se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Chilena Oficial N°1333/78 para agua destinada a uso recreativo con contacto directo (1.000 NMP/100 ml). Sin embargo, desde el punto de vista microbiológico, se observa que la contaminación fecal en el embalse es predominantemente de origen animal, al igual que en sus tributarios. En estas últimas, se registraron concentraciones que superan lo permitido por la misma norma, especialmente en las estaciones del estero Las Palmas y del río Tinguiririca (DGA, 2022a).

- En la cuenca del río Mataquito (Código 071) presenta una notable variabilidad en la clasificación de tipos de aguas. En las zonas altas, predominan las aguas de composición bicarbonatada cálcica ($\text{HCO}_3\text{--Ca}^{2+}$). En la parte alta del río Teno, se registran concentraciones significativas de sulfuros y calcio. En la zona baja de la cuenca, se observa una transición entre aguas bicarbonatadas cálcicas ($\text{HCO}_3\text{--Ca}^{2+}$) y bicarbonatadas cálcicas-magnésicas ($\text{HCO}_3\text{--Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$), hasta llegar a la desembocadura en la costa.

Los principales parámetros evaluados en la cuenca del río Mataquito muestran un pH que varía entre 6 y 8. Algunas aguas tienden hacia la alcalinidad (pH 7-8), mientras que otras presentan características ácidas (pH 6-7). En cuanto a la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (SDT), estos parámetros son variables en el sector del río Mataquito, siendo más elevados en el sector Lontué.

Las mediciones de coliformes en aguas superficiales indican concentraciones que superan los límites establecidos en la Norma NCh 1620/1.Of84, especialmente cerca de centros urbanos. Una situación similar se observa en la estación de calidad de aguas del río Mataquito en Licantén, donde las concentraciones de boro (B) y molibdeno (Mo) también exceden los límites establecidos por la Norma NCh 1.333 (DGA, 2022b).

- En las cuencas Costeras Mataquito-Maule (072), las aguas superficiales cercanas a la costa están influenciadas por el agua de mar, como es el caso del río Huenchullamí en Puente Huenchullamí y el humedal de Putú, donde se clasifican como cloruradas sódicas ($\text{Na}^+\text{-Cl}^-$). En contraste, aguas más arriba, como las del río Huenchullamí en Macal, corresponden al tipo bicarbonatadas sódicas ($\text{Na}^+\text{-HCO}_3^-$). Según las normas NCh 409/05 y NCh 1333/78, los elementos hierro (Fe), cromo (Cr) y manganeso (Mn) superan los límites establecidos. Esta situación es similar en las aguas subterráneas, donde también se registra molibdeno (Mo), atribuible a un origen geológico relacionado con las rocas de la Cordillera de Costa.

Las aguas superficiales del borde costero muestran un aumento en las concentraciones de magnesio (Mg^{2+}), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^-) y fluoruro (F^-), además de presentar un carácter $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ en las muestras de la costa, como en el río Huenchullamí en Puente Huenchullamí y el humedal de Putú. Asimismo, se ha constatado un incremento en la salinidad del río, que se extiende hasta 3 km. En fuentes de captación de agua para consumo humano, se ha detectado consistentemente la presencia de coliformes totales y E. coli, así como altos niveles de turbiedad (DGA, 2022c).

- En la cuenca del río Maule (Código 073), no se observan variaciones significativas en la composición de las aguas, predominando las bicarbonatadas cálcicas ($\text{HCO}_3\text{--Ca}^{2+}$). Sin embargo, se registra un aumento en la concentración de magnesio (Mg^{2+}) a medida que

se avanza por el valle. En dirección este-oeste, las aguas se enriquecen en sales, incrementando las concentraciones de magnesio, sodio y calcio. A excepción de las aguas cercanas a la costa, que corresponden a cloruradas (Cl^-), sulfatadas sódicas ($\text{SO}_4^{2-} \text{Na}^+$) y bicarbonatadas sódicas ($\text{Na}^+ \text{HCO}_3^-$). En el acuífero Mataquito, se registran concentraciones de manganeso (Mn), plomo (Pb), arsénico (As), hierro (Fe), nitrato y amonio que superan los límites establecidos por la norma de agua potable (NCh 409/2005) (DGA, 2020).

- Las cuencas costeras Rapel - E. Nilahue (Código 061), las que se extienden entre el límite de la región y el río Mataquito (Código 070), y las costeras de Maule (Código BNA: 074) y el límite de la región carecen de información específica sobre la calidad del agua. Esta situación resalta una notable brecha de datos en estos casos.

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 2.2, incluyendo las nuevas fuentes disponibles para su abastecimiento. El detalle de los catastros utilizados se presenta en el anexo metodológico.

3.1.1 Infraestructura hídrica existente al año 2023

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

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

3.1.1.1 Obras de Acumulación

En la región del Maule se han identificado doscientos noventa y seis (296) obras de acumulación. Según el boletín "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" de abril de 2024 de la DGA, los principales embalses son: Laguna Maule (1.420 hm³), Bullileo (60 hm³), Digua (225 hm³) y Tutuvén (22 hm³), todos en la cuenca del río Maule. Los volúmenes de almacenamiento promedio mensual son 635,8 hm³ para Laguna Maule (45% de su capacidad), 8,5 hm³ para Bullileo (14%), 35,8 hm³ para Digua (16%) y 2,8 hm³ para Tutuvén (13%).

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

Se identificaron diversas centrales hidroeléctricas en la región, las cuales se detallada en el Anexo 08.01. Entre las más destacadas se encuentran: Pehuenche con potencia máxima bruta de 573 MW, Colbun con 467 MW, Cipreses con 98 MW, Machicura con 95 MW, Curillinque con 92 MW e Isla con 70 MW.

3.1.1.3 Infraestructura de distribución y sistemas de riego

Se identificaron 1.153 bocatomas en la Región del Maule, según se detalla en el Anexo 08.01. Además, se identifica un total de 8.931 kilómetros lineales de extensión en canales ubicados principalmente en la cuenca Río Maule, donde se concentra aproximadamente el 75% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula.

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

i. Zonas Urbanas

En la región del Maule, se identificaron seis (6) concesiones de agua potable con las empresas Cooperativa Maule, ANSM, Aguas del Centro, Aguas San Pedro, Cooperativa Sarmiento y Cooperativa Sagrada Familia. Estas concesiones operan en treinta y cinco (35) territorios operacionales, como se detalla en el Anexo 08.01.

Además, la región cuenta con treinta y un (31) Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), cada una operada por las respectivas empresas sanitarias.

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

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

Cód. Cuenca	Nombre	N° de Territorios Operacionales	Producción 2022 (m3/año)	Aumento al 2055 (%)
060	Río Rapel	0	0	0%
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	0	0	0%
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	1	157.172	15%
071	Río Mataquito	14	25.998.838	13%
072	Costeras Mataquito-Maule	2	199.938	6%
073	Río Maule	14	60.305.096	14%
074	Costeras Maule y Límite Región	4	1.280.523	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 del Maule

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Nuevo Sur	Talca	Talca
	Curicó	Curicó
	Linares	Linares
	Cauquenes	Cauquenes
	Parral	Parral
	San Rafael	San Rafael
	Lonavi	Lonavi
	Molina	Molina
	Gualleco	Gualleco
	San Clemente	San Clemente
	San Javier	San Javier
	Curanipe	Curanipe
	Putú	Putú
	Pelarco	Pelarco
	Retiro	Retiro
	Curepto	Curepto
	Chanco	Chanco
	Yerbas Buenas	Yerbas Buenas
	Hualañe	Hualañe
	Los Queñes	Los Queñes
	Romeral	Romeral
	Pelluhue	Pelluhue
	Lontué	Lontué
	Empedrado	Empedrado
	Rauco	Rauco
	Iloca	Iloca
	Villa Alegre	Villa Alegre
	Licantén	Licantén
	Teno	Teno
	Loteo Doña Carmen	Loteo Doña Carmen
	Constitución	Constitución
Cooperativa Maule	Maule	Maule
Cooperativa Sagrada Familia	Sagrada Familia	Sagrada Familia
Aguas San Pedro	Alto Zapallar – Curicó	Alto Zapallar - Curicó

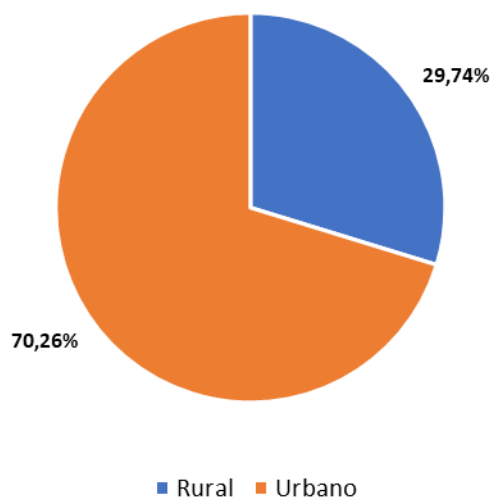
Fuente: Elaboración propia en base a Cooperativa Maule (2019), Cooperativa Sagrada Familia (2021), Aguas San Pedro (2023) y Nuevo Sur (2023).

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

Bajo este contexto, y según los datos entregados en el Informe de Coberturas 2022 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023), las cifras de cobertura de agua potable y alcantarillado del sector sanitario en la región del Maule, en las áreas concesionadas, alcanza un 93%.

ii. Zonas Rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 29,7% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región del Maule, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 122.309 viviendas y 279.819 habitantes.



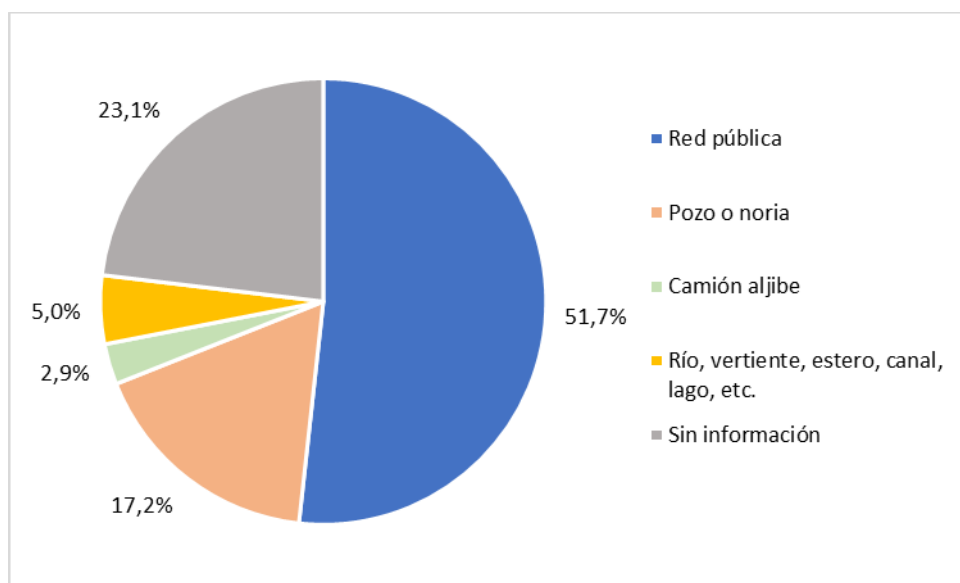
Fuente: INE (2017)

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

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 23,10% 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 actual y futuro en la región del Maule.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 76,9% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 51,7% (63.286) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua³, seguido de un porcentaje no menor de viviendas (17,2%) que su principal fuente de abastecimiento de agua es pozo o noria. (ver Figura 3.1-2).



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

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

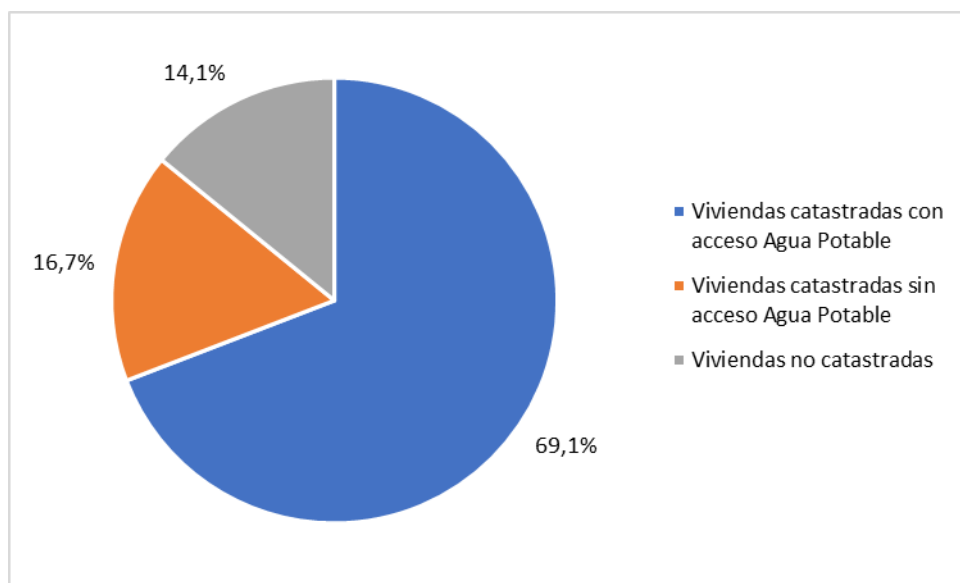
Por otra parte, el Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR) creado para dar seguimiento y cumplimiento de los objetivos propuestos por la Política Nacional de Desarrollo Rural (PNRD) en 2020, entrega información del número de viviendas comunal por región con conexión a la red de agua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

El indicador BS12 relacionado al porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable, considera veintisiete (27) de las treinta (30) comunas de la región, concentrando el 85,9% (105.040 viviendas) del total de viviendas rurales de la región.

Bajo los datos otorgados por este indicador, un 69,1% (84.572) de las viviendas rurales de la región presenta conexión a la red de agua potable, mientras que un 16,7% (20.468 viviendas) no cuentan con acceso a la red pública de agua potable.

³ 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.

A modo de resumen, se identifica que un 85,9% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 16,7% de las viviendas informan que no presentan acceso a la red de agua potable. Por último, se concluye que el indicador BS12 presenta una brecha de información del 14,1% del total de viviendas rurales de la región del Maule (ver Figura 3.1-3).



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

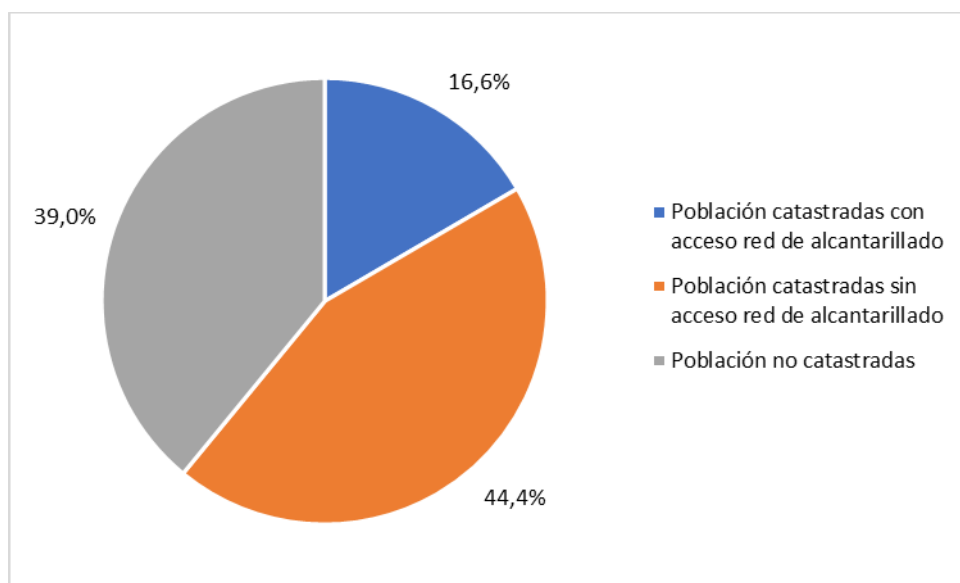
Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región del Maule

Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con doscientos noventa y nueve (299) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región del Maule, distribuidos en sistemas básicos (2,01%), semiconcentrados (7,69%) y concentrados (90,30%). Estos sistemas abastecen a veinte y nueve (29) de las treinta (30) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional (279.819 habitantes), existe un número estimado de 328.525 beneficiarios, sobrepasando el total de la población rural informada por INE (2017) en 17,4%. Esto puede significar a modo de especulación la existencia de población flotante, producto de actividades laborales o segundas viviendas que genera una mayor demanda de las aguas potable rurales.

Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS, 2022) igualmente presenta un listado de SSR para la región, con un total de ciento veinte y cinco (125) sistemas distribuidos en veinte y seis (26) comunas. Estos sistemas de agua potable rural abastecen aproximadamente a 264.237 beneficiarios estimados, el equivalente al 94,4% de la población rural, dejando una brecha de 5,6% (15.582 habitantes rurales).

b) Saneamiento

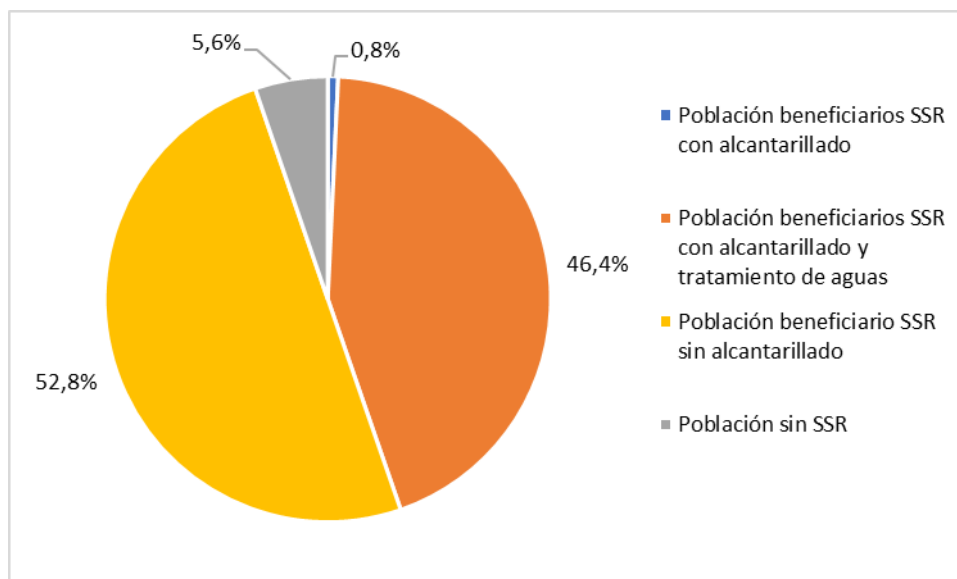
De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (INE, 2021) el cual considera diecisiete (17) comunas de las treinta (30) existentes en la región del Maule, concentrando el 60,9% del total de la población rural de la región, se observa que el 16,6% de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado (ver Figura 3.1-4).



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

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

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la (SISS, 2023) se menciona que del total de beneficiarios SSR, un 0,8% (2.096 beneficiarios), presenta servicio de alcantarillado, un 46,6% (122.597 beneficiarios) presenta servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas, por último, un 52,8% (139.544 beneficiarios) no presenta acceso al 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 08.02.

3.1.1.5 Pozos

Se identificaron un total de 4.802 pozos de extracción en la región del Maule, de los cuales un 57,5% se identifica para uso de riego y un 33,9% no presenta clasificación de uso DGA (2023).

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

No se identifican acuíferos profundos dentro de la región.

ii. Recarga artificial de acuíferos

No se identifican obras de recarga artificial de acuíferos dentro de la región. Sin embargo, se han realizados tres (3) estudios que determinaron sectores favorables para la recarga de acuíferos en la región. El primer estudio determinó diez (10) zonas potenciales de recarga de acuíferos en la zona del secano costera de la región, en las cuencas Costeras entre límite región y Río Mataquito, Río Mataquito, Costeras Mataquito – Maule, Río Maule y Costeras Maule y límite región (CNR, 2014).

El segundo estudio diagnosticó ocho (8) sectores favorables en la cuenca del Río Maule, los cuales poseen una profundidad del nivel freático de al menos 30 m (Moreno & Parraguez, 2015).

El tercer estudio fue realizado en Lontué, en la cuenca del Río Mataquito. La investigación determinó el sector desde Pichingal hacia el sur y el sector nororiente de Curicó, entre las localidades de Sarmiento y Romeral, como territorios con alta aptitud para la recarga de acuíferos. En paralelo se desarrollaron tres (3) proyectos piloto en el Romeral, Los Niches y Pichingal, los cuales determinaron las velocidades de infiltración y la recarga del acuífero (CNR, 2015).

iii. Desalinización

En la región del Maule se identificaron tres (3) plantas desalinizadoras. El Gobierno Regional de Maule implementó una planta desalinizadora en la comuna de Licantén, en la cuenca de Río Mataquito. Tiene capacidad para transformar 2,9 L/s de agua de mar, destinada para uso de agua potable de la comuna (GORE Maule, 2021).

Por su parte la empresa sanitaria Nuevosur cuenta con una planta desalinizadora de ósmosis inversa en la localidad de Iloca, en la cuenca Costeras entre límite Región y Río Mataquito, que permite inyectar 15L/s al sistema de agua potable urbana, con proyecciones de aumentar su capacidad a 26 L/s en una segunda etapa (Cooperativa, 2022).

A su vez, la SUBDERE de Maule financió la construcción de una planta desalinizadora para abastecer de agua potable a 70 familias de la localidad de Lllico, comuna de Vichuquén en la cuenca Costeras entre límite Región y Río Mataquito (SUBDERE, 2018).

iv. Cosecha de aguas lluvia

Se identificaron tres (3) obras cosecha de aguas lluvias en la región. Central La Mina perteneciente a Colbún, ubicado en la cuenca del Río Maule, cuenta con un proyecto de recuperación de aguas lluvias para uso en los servicios básicos de la central. El proyecto tiene una cosecha entre 50 a 90 m³ al año (Colbun, 2022).

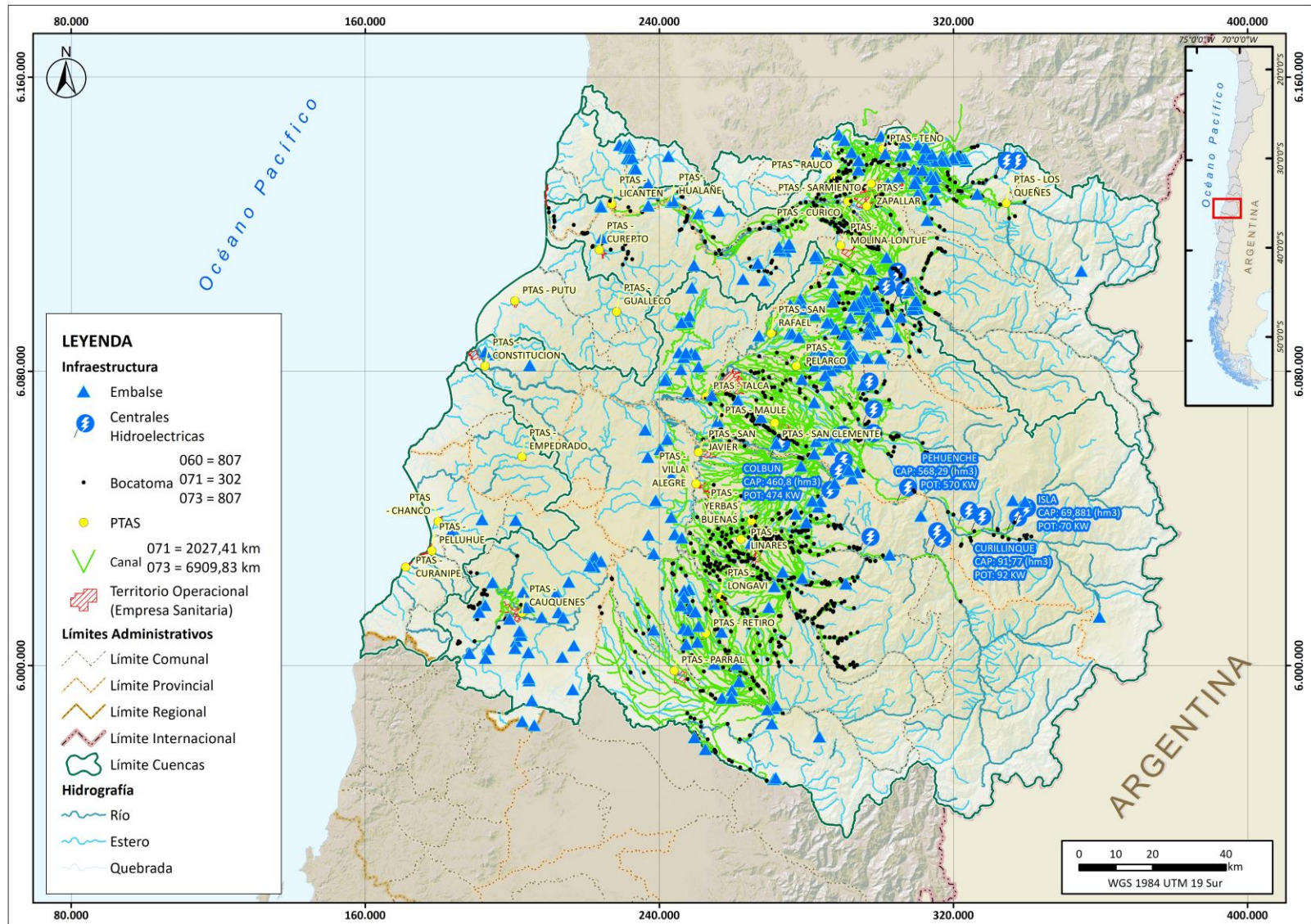
Por su parte, La Fundación Amulén en conjunto con otras organizaciones implementó sistemas de captación y potabilización de agua de lluvia en las viviendas de la comuna de Empedrado, en la cuenca Costeras Maule y límite región, para bastecer de agua potable a los habitantes de la comuna (Amulén, 2021). Igualmente, desarrolló un sistema de captación de aguas lluvias en la Escuela Los Copihues, en Licantén, en la cuenca Río Mataquito, para beneficio de la comunidad escolar (Amulén, 2021).

v. Uso de aguas servidas tratadas

En las cuencas costeras Mataquito-Maule, existen dos (2) plantas de tratamiento de aguas servidas ubicadas en las localidades de Putú y Gualleco. La empresa Sanitaria

Nuevosur S.A indica que las aguas servidas son tratadas por el sistema lodo activado, para posteriormente evacuarlas en los esteros La Vaquería y Gualleco, siendo reutilizadas eventualmente para riego (DGA, 2022).

El Centro de Humedales Río Cruces (CEHUM) en conjunto con diversas universidades y centros de investigación, se encuentran ejecutando el proyecto “Humedales depuradores para mitigar la escasez hídrica en Chile” en cuatro regiones del país, el cual por medio de humedales depuradores de aguas grises permite la reutilización del agua para riego. En la región del Maule los humedales se han implementado en la comuna de Curicó, en la cuenca Río Mataquito y en la comuna de Talca, en la cuenca Río Maule, donde se encuentra en proceso de construcción (CEHUM, 2022)



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

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

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

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

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

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

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Talca	Talca	Río Maule (73)	D.S. N°1905 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Curicó	Curicó y poblado de Sarmiento	Río Mataquito (71)	D.S. N°1906 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Linares	Linares	Río Maule (73)	D.S. N°1904 del 31-10-2002

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

En el caso de la región del Maule no hay tramos colectores ni obras aluvionales.

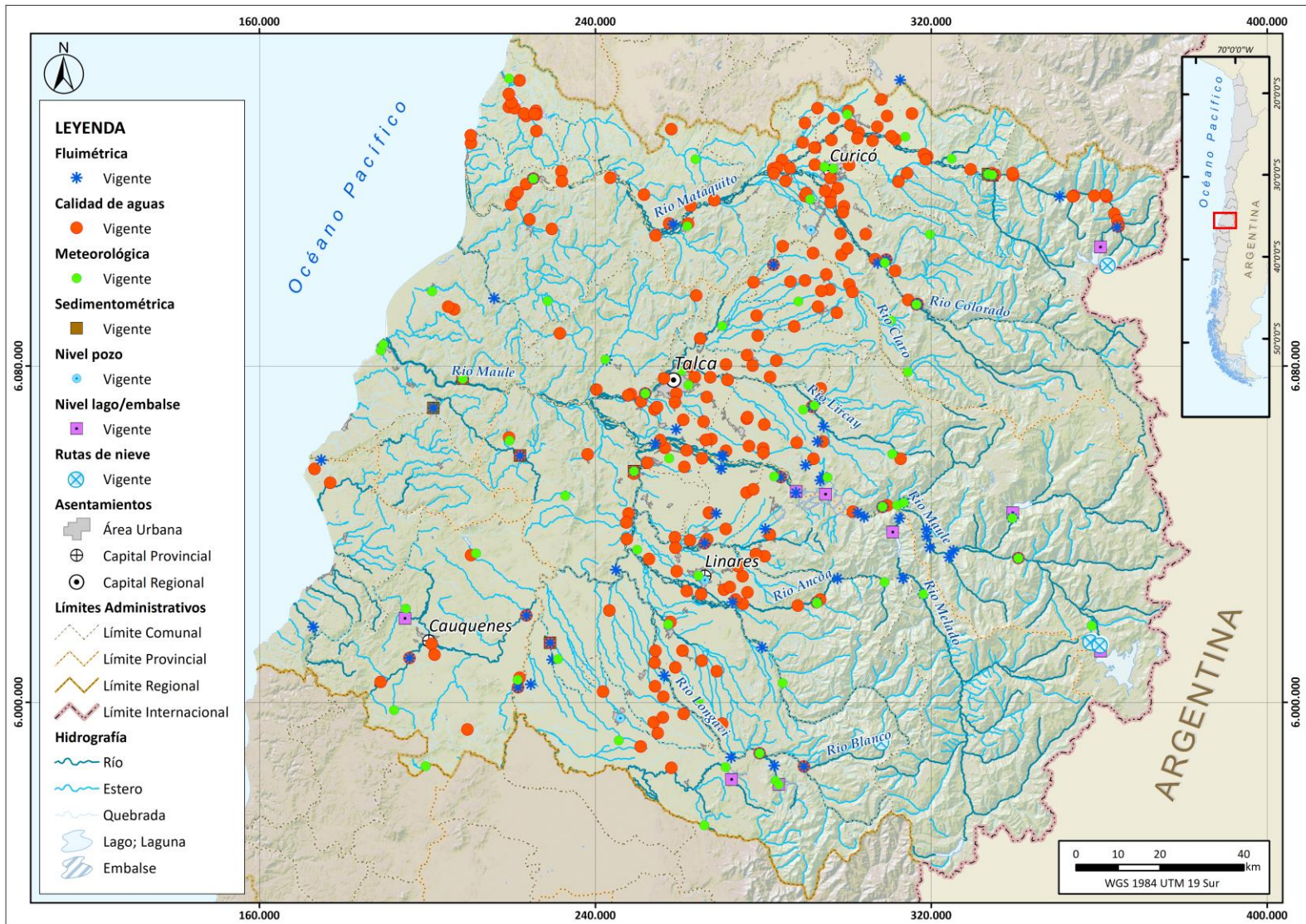
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región del Maule se encuentran 395 estaciones de monitoreo vigentes que constituyen la red hidrométrica de la región. En la Tabla 3.1-4 se muestra en detalle el tipo de estación presente en la región y su estado, en el Anexo 08.01 se encuentra la distribución de la red por cuenca. En la Figura 3.1-7 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. La infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas Río Mataquito y Río Maule.

Tabla 3.1-4 Estaciones de monitoreo de la región del Maule

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	234	0
Fluviométrica	72	0
Meteorológica	65	0
Nivel de pozo	4	0
Sedimentométrica	7	0
Nivel de lagos y embalses	9	0
Glaciológica	0	0
Rutas de nieve	4	0
Total	395	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 del Maule

3.1.2 Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente

A continuación, se exponen las propuestas identificadas en diversos estudios y planes para la región del Maule entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 08.04.

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 3.1-5.

Tabla 3.1-5 Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	14
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	5
	Defensa fluvial y aluvional	1
	Desalinización	1
	Infraestructura de riego	20
	Infraestructura de distribución de agua	26
	Obras de acumulación de agua	29
	Reúso de aguas residuales	3
	Redes de aguas lluvias	4
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	1
	Drenaje de aguas	0
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	5
	Conservación de riberas	18
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	16
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	1
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	0
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	0
	Conservación y restauración de riberas y cauces	4

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	3
	Estudios obras de acumulación de agua	6
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	0
	Conservación obras de riego	0
	Estudio sistemas de riego	1
	Estudios contaminación de aguas	0
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	1
	Estudio obras de distribución de aguas	8
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	6
	Estudio de reúso de aguas	0
	Diagnóstico de OUA y DAA	0
	Estudios para abastecimiento de agua potable	1
Medidas de gestión	Creación de capital humano	20
	Análisis situación legal DAA	6
	Fortalecimiento y formalización de OUA	5
	Reservas de agua	1
	Manejo de quebradas	0
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	4
	Manejo de normas ambientales e hídricas	0
	Planes y políticas	13

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 3.1-6.

Tabla 3.1-6 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	36	58	61	54
Infraestructura hídrica no estructural	20	31	16	19
Medidas de gestión	22	38	19	11

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-7 se presentan las iniciativas que contienen información acerca del estado de su ejecución.

Tabla 3.1-7 Iniciativas con estado de ejecución

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
Infraestructura hídrica estructural	Infraestructura de distribución de agua	4	Perfil (1), Prefactibilidad (1) y Diseño (2)
	Obras de acumulación	3	Perfil (2) y Prefactibilidad (1)
	Redes de aguas lluvias	1	Diseño
Infraestructura hídrica no estructural	Estudios de aguas lluvias	1	Perfil

Fuente: Elaboración propia.

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 del Maule

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Nuevo Sur	2021	Talca	Captaciones, nuevas obras de distribución de AP, ampliación capacidad de producción de AP, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, obras de almacenamiento y potabilización, renovación PEAS, renovación de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Curicó	Captaciones, nuevas obras de distribución de AP, ampliación capacidad de producción de AP, mejoramientos en la red de distribución de AP, reposición e inclusión de equipos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Linares	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, reposición equipos PEAS, refuerzo de red de AS

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Cauquenes	Aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, ampliación PEAS, refuerzo de red de AS
		Parral	Aumento capacidad de conducción de AP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevas obras de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		San Rafael y Longaví	Aumento capacidad de producción de AP, aumento de capacidad PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, reposición equipos PEAS, refuerzo de red de AS, aumento de capacidad PTAS
		Molina	Aumento capacidad de producción de AP, nuevas obras de distribución de AP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, reposición equipos PEAS, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Gualleco	Ampliación capacidad de producción de AP, reposición e inclusión de equipos PTAP y mejoramientos en la red de distribución de AP
		San Clemente	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS
		San Javier	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, reposición equipos PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de red de AS, aumento de

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS
		Curanipe	Captaciones, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PTAS
		Putu	Reposición e inclusión de equipos PTAP, mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PTAS
		Pelarco	Captaciones, obras de distribución, reposición e inclusión de equipos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PTAS
		Retiro	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, aumento de capacidad PEAP, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Curepto	Captaciones, obras de distribución, mejoramientos PTAP, aumento de capacidad PTAP, reposición e inclusión de equipos PTAP, mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PTAS
		Chanco	Captaciones, aumento de capacidad PEAP, inclusión equipos PEAP y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Yerbas Buenas	Ampliación capacidad de producción de AP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevos equipos PEAS y aumento de capacidad PTAS
		Hualañe	Captaciones, obras de distribución, aumento de capacidad PEAP, nuevos equipos PEAP, mejoramientos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			de distribución de AP, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Los Queñes	Captaciones, mejoramientos en la red de distribución de AP y nuevas obras de distribución de AP
		Romeral	Ampliación capacidad de producción de AP, obras de distribución, aumento de capacidad PTAP, inclusión de equipos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, reposición equipos PEAS, renovación PEAS y refuerzo de red de AS
		Pelluhue	Captaciones, ampliación capacidad de producción de AP, nueva PTAP, aumento de capacidad PTAP, aumento de capacidad PEAP, nuevas obras de distribución de AP, nuevos equipos obras de almacenamiento, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, reposición equipos PEAS y aumento de capacidad PTAS
		Lontue	Ampliación capacidad de producción de AP, obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Empedrado	Ampliación capacidad de producción de AP, captaciones, aumento de capacidad PTAP y reparaciones obras de almacenamiento
		Rauco	Aumento de capacidad PTAP, captaciones, obras de almacenamiento y potabilización y mejoramientos en la red de distribución de AP
		Iloca	Aumento capacidad de producción de AP, aumento de capacidad PEAP, obras de distribución, reposición e inclusión de equipos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
			de AP, refuerzo de colectores y aumento de capacidad PTAS
		Villa Alegre	Ampliación capacidad de producción de AP, obras de distribución, aumento de capacidad PTAP, inclusión de equipos PTAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, mejoramiento PEAS, refuerzo de red de AS y aumento de capacidad PTAS
		Licantén	Aumento de capacidad PTAP, inclusión de equipos PTAP, mejoramientos en la red de distribución de AP y renovación PEAS
		Teno	Aumento de capacidad PTAP, aumento de capacidad PEAP, reposición equipos PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP y nuevas obras de distribución de AP
		Constitución	Captaciones, nueva PTAS, aumento de capacidad PEAC, equipos para obras de almacenamiento, mejoramientos en la red de distribución de AP y refuerzo de red de AS
		Loteo Doña Carmen	Equipos para obras de almacenamiento, obras de distribución, aumento de capacidad PEAS y mejoramiento PTAS
Cooperativa Maule	2019	Talca	No se presentan obras proyectadas
Cooperativa Sagrada Familia	2018	Sagrada familia	Refuerzo de red de AS
Aguas San Pedro	2019	Alto de Zapallar	Aumento de capacidad PEAP, ampliación obras de almacenamiento y ampliación PTAP

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

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

3.1.2.2 Iniciativas ejecutadas en el periodo 2015-2023

A partir de los antecedentes de la Inversión histórica del MOP entre los años 1986-2023 (MOP, 2023), en la Tabla 3.1-9 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 08.04.

Tabla 3.1-9 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	104	34.256.762	44.691.900
		APR semi concentrado	104	18.502.779	23.209.144
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	66	42.020.297	46.882.794
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	12	4.276.305	5.345.318
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	37	13.354.668	14.286.150
Infraestructura hídrica no estructural	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	21	15.578.569	17.776.873
Medidas de gestión	Planes y políticas	Estudios	3	227.651	313.296

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

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

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

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

4.1 BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO

Se estimó la brecha hídrica a nivel de cuenca (BNA) para cada una de las presentes en la región. Para esto, se consideró como oferta hídrica la curva de frecuencia calculada a partir de los caudales medios anuales, obtenidos del Balance Hídrico Nacional (BHN) en el periodo 1985-2015. Por otro lado, la demanda hídrica se determinó al agregar las demandas consuntivas de los diferentes usos en cada cuenca, siendo estas: agua potable urbana, agua potable rural, agrícola, pecuario, minera, industrial y generación eléctrica, incorporando además la demanda proyectada. Adicionalmente, se incluye la recarga subterránea, proveniente de estudios específicos en la cuenca, por lo que no todas las cuencas disponen de esta información. Finalmente, para las proyecciones de oferta, se consideraron los caudales del BHN del GCM representativo de la región, mientras que, para la recarga subterránea, con el objetivo de lograr una coherencia en el criterio utilizado, se consideró el porcentaje de cambio de precipitación del GCM representativo como la variación en la recarga futura. En el Anexo 08.05 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:

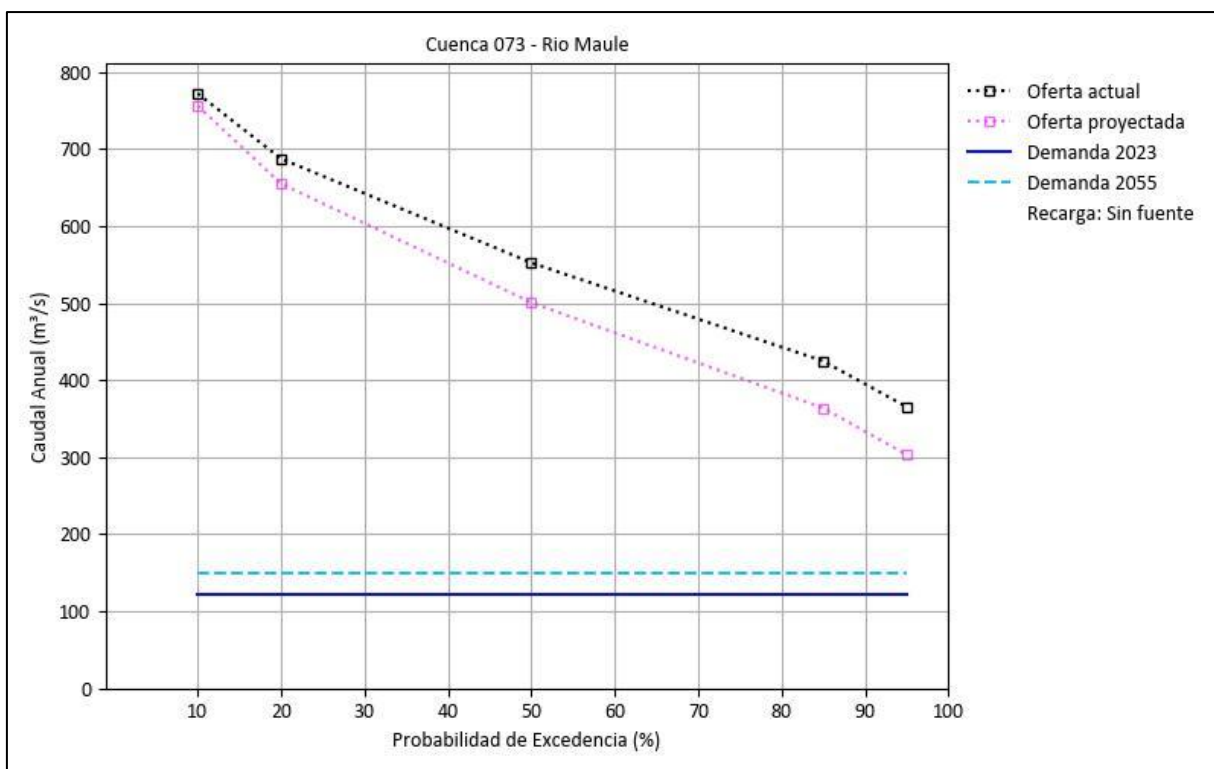
- **Criterio 1:** Se evalúa si la demanda total de la cuenca supera la oferta superficial⁴ en la misma considerando diferentes probabilidades de excedencia. Se considera una **cuenca crítica** aquella donde la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%; una **cuenca 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

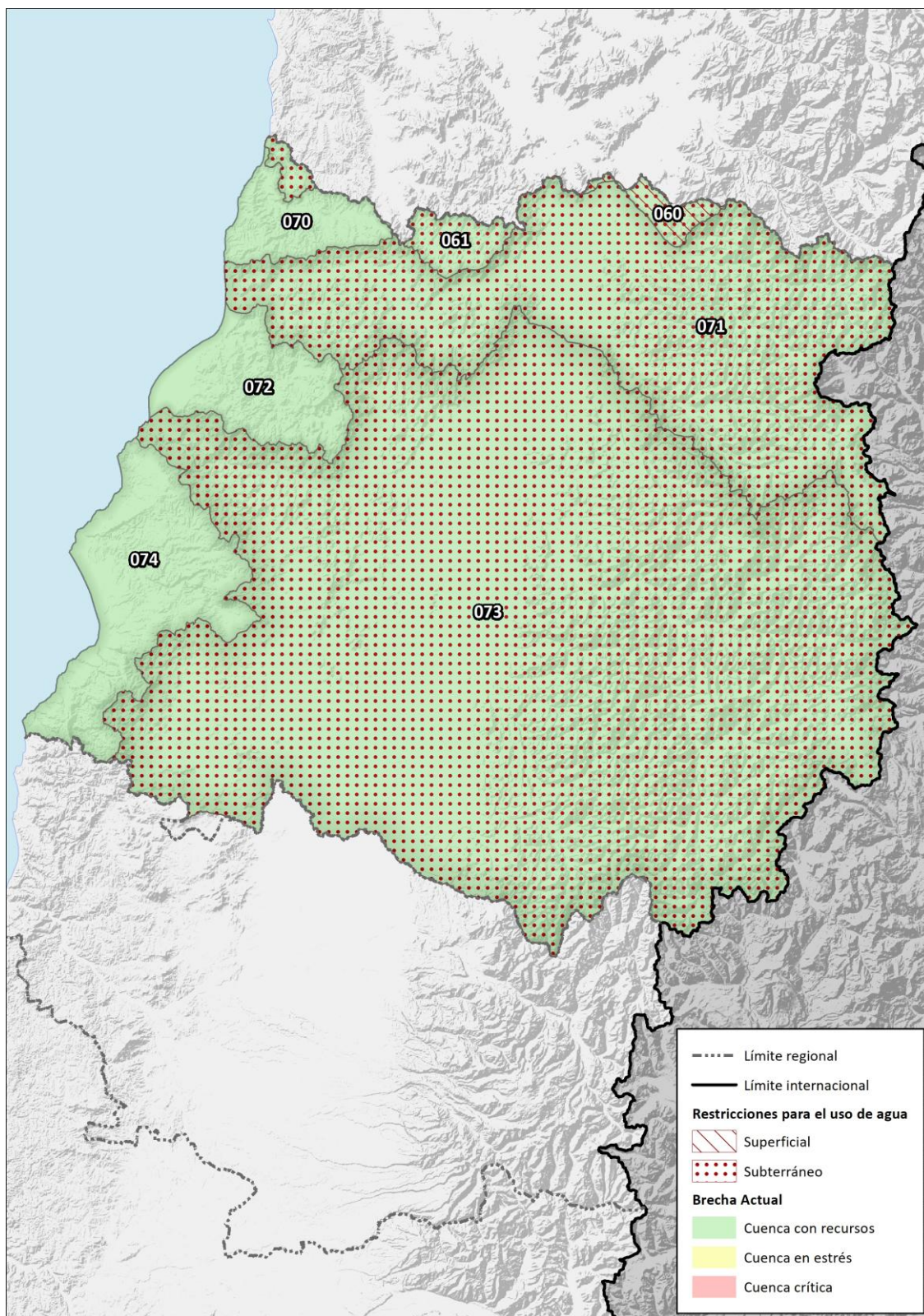
Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-2 se observa que todas las cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles**. No obstante, se debe considerar que cuatro de estas cuencas actualmente poseen algún tipo de restricción, ya sea para el uso de aguas superficiales como para aguas subterráneas, por lo que finalmente se reclasifican 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 Maule (BNA 073), la más grande de esta región.

⁴ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 073



Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región del Maule

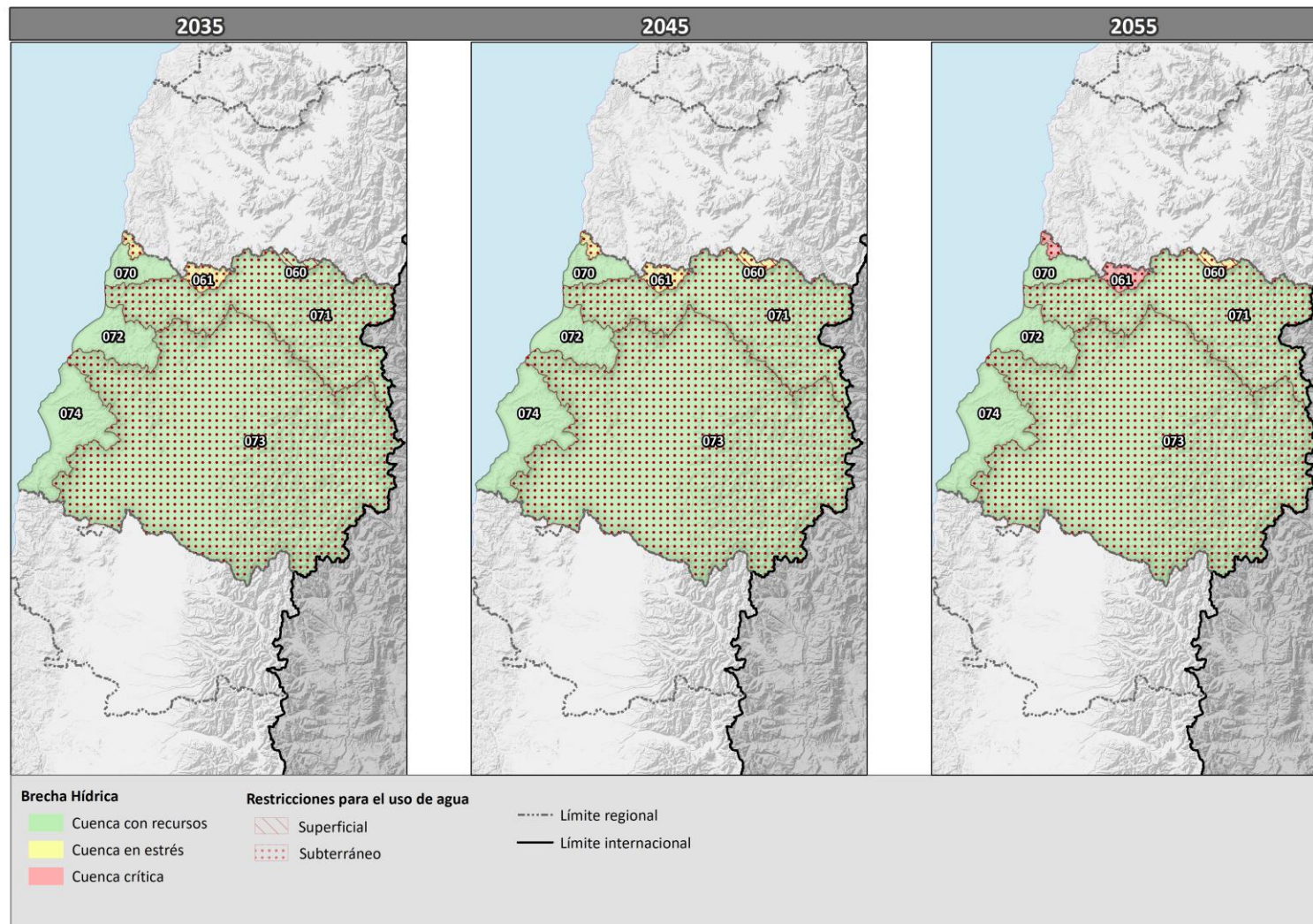
Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
060	Rio Rapel	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
061	Costeras Rapel-E.Nilahue	En estrés	Crítica	Crítica	Crítica
070	Costeras entre limite Region y R. Mataquito	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
071	Rio Mataquito	En estrés	En estrés	En estrés	En estrés
072	Costeras Mataquito-Maule	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
073	Rio Maule	En estrés	En estrés	En estrés	En estrés
074	Costeras Maule y Limite Region	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que algunas cuencas se encuentran en una situación de estrés o crítica al año 2025, sin que exista una mejora en las ventanas futuras. No obstante, se debe considerar que, según el balance hídrico de la cuenca, el estado de las cuencas es con recursos o en estrés a futuro, pero que si se consideran las restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales están en ciertas cuencas de la región), la situación es de estrés o crítica. Si bien estas restricciones no estarán siempre presentes, se consideran de igual forma para las ventanas lejanas, lo que se puede ver en la Figura 4.1-3.

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

En vista de lo presentado anteriormente, es posible decir que hay cuencas que presentan brechas de información para el completo entendimiento de la situación hídrica. Mientras que, del resto de cuencas, se visualiza una situación más crítica en lo que respecta a recursos hídricos en las cuencas del Río Maule (Código BNA 073) y río Mataquito (Código BNA 071).



Fuente: Elaboración propia

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

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 14,1% y 23,1% de las viviendas rurales regional.
- Según los catastros de SSR existe una mayor población beneficiaria de agua potable rural que el total de habitantes rurales a nivel regional.
- No se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre de un 5,6% y un 39% la población rural regional.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable en áreas rurales, ya que los indicadores presentan sesgo de información al dejar a las comunas de Talca, Curicó y Linares fuera de análisis.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso a alcantarillado en áreas rurales, ya que los indicadores poseen sesgo de información al dejar a las comunas de Talca, Maule, Pencahue, Río Claro, Cauquenes, Pelluhue, Curicó, Hualañé, Licantén, Vichuquén, Linares, Colbún y Parral 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 solo a aquellos SSR que poseen tarificación.
- 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.
- Las cuencas costeras Rapel - E. Nilahue (Código 061), las que se extienden entre el límite de la región y el río Mataquito (Código 070), y las costeras de Maule y el límite de la región (Código BNA: 074) carecen de información específica sobre la calidad del agua.

ii. Para caracterización de oferta-demanda

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

dificulta la estimación de la demanda actual de agua, sino también dificulta la capacidad de proyectar de manera adecuada las necesidades futuras.

- No se presentan catastros 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 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 del Maule

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Nilahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
Se demuestran periodos de sobreexplotación de recursos hídricos rurales de un 17,4%. Paradójicamente, se estima además que entre un 16,7% y un 25% de las viviendas rurales no acceden al agua potable, y que, la brecha de información abarca de entre el 14,1% y el 23,1% del total de las viviendas rurales (ver acápite 2.2.1)	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de coordinación entre entidades públicas para garantizar la gestión integrada del agua y la incorporación de nuevas tecnologías en la infraestructura sanitaria para reducir inequidades sociales. Insuficiente implementación de soluciones permanentes para el abastecimiento de agua potable, especialmente en comunidades dependientes de camiones aljibe y sistemas de Agua Potable Rural (APR).	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
Se estima que entre un 44,4% y 52,8% de la población rural no posee acceso a alcantarillado, presentándose además una brecha de información de entre el 5,6% y el 39% (ver acápite 3.1.1.4 ii)	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentradas y desconcentradas	Falta de infraestructura hídrica eficiente y sostenible en zonas rurales, cordilleranas y costeras, que priorice el consumo humano y el saneamiento del agua.	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
La proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región del Maule, presenta un incremento en la población rural de un 26% para las cuencas Costeras Maule y límite Región (código BNA 074), un 16% en las cuencas del Río Mataquito (código BNA 071) y Río Maule (código BNA 073) y por último un 14% para las cuencas del Río Rapel (código BNA 060), Costeras Rapel – E. Nilahue (código BNA 061), Costeras entre límite Región y Río Mataquito (código BNA 070) y Costeras Mataquito – Maule (código BNA 072), para el año 2055 respecto de la población actual. Para las áreas sin presencia de APR, se observa una proyección del 14% de aumento para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región a excepción de las cuencas Río Rapel (código BNA 060) y Costeras Rapel – E. Nilahue (código BNA 061). (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	2	4	1	2	1	2	2
Se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 96,3% 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 0,3%.	Aumento de la demanda de agua potable urbana asociada a un incremento de la población		Tasa de crecimiento Demanda Urbana promedio por cuenca ((Dda35 - Dda25)/Dda25) (acápite 2.2.1)	Alta Criticidad = Tasa de crecimiento mayor a 8% Alta Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 8% y mayor a 4% Baja Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	2	2	2	2	2
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 42% a nivel regional; las pérdidas más altas se registraron en la localidad de Lontué y Los Queñes (más de un 50% de pérdidas), mientras que las localidades de Chanco, Pelarco, Curepto y Alto de Zapallar se mantuvieron bajo un 20% de pérdidas. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)		Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Pérdidas mayor o igual a 40% Pérdidas menor a 40 y mayor a 20% Pérdidas menor o igual a 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	2	2	2	2	2
La región del Maule cuenta la una planta desalinizadora, en la comuna de Licantén. Este proyecto fue aportado por el Gobierno Regional, con capacidad para transformar 250 m3 de agua de mar potable por día, como solución a la sequía que enfrenta esta región.	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Falta de optimización de infraestructura y nuevas fuentes de agua para priorizar el acceso humano y el saneamiento, especialmente en zonas rurales.	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	1	1	4	4	4

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

4.2.3 Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica

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

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

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

En la Tabla 4.2-2 y la Tabla 4.2-3 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas.

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región del Maule

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Nilahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
En la región del Maule, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 67%. Esta eficiencia varía entre un 60% y un 75%, siendo la cuenca "Costeras entre límite Región y R. Mataquito" la que presenta el valor más bajo, y la cuenca "Costeras Maule y Límite Región" el valor más alto. Aunque las eficiencias de aplicación de riego se sitúan en un nivel intermedio y no se observan disparidades significativas entre las cuencas, aún existen oportunidades para promover mejoras en la gestión del agua. Esto contribuiría a aumentar la productividad de los cultivos y mitigar los impactos del cambio climático (mayor detalle en Anexo 08.02)	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Falta de integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático para mejorar la infraestructura hídrica en la región del Maule.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 50% 50% < Eficiencia de riego < 75% Eficiencia de riego ≥ 75%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	1	2	2	1
En la región del Maule se identifican aproximadamente 8.900 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Maule, donde se concentra aproximadamente el 75% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula. Es fundamental mantener estos canales para minimizar las pérdidas de agua por filtración y evaporación, lo que a su vez mejora la eficiencia en la distribución del recurso hídrico (mayor detalle en Anexo 08.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.	Insuficiente actualización del catastro de canales para una gestión eficiente del recurso hídrico.	Longitud total de canales de riego.	Concentra más del 50% de los canales de la región. Concentra entre el 20% y el 50% de los canales de la región. Concentra menos del 20% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	1	4	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región del Maule aumentará en un 9% para el año 2055. A pesar de que en los últimos 14 años se ha observado un cambio significativo hacia la reducción de la superficie dedicada a gran parte de los cultivos y un aumento significativo en la de viñas y parronales, los cuales muestran una mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros cultivos, aún es necesario, dadas las proyecciones, fomentar la investigación y el desarrollo de cultivos más resistentes a la sequía y menos dependientes del riego (mayor detalle en acápite 2.2.3 del estudio).	Aumento de la demanda de agua para riego debido a superficies de cultivo con uso intensivo de agua.	Falta de integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático para mejorar la infraestructura hídrica en la región del Maule. Falta de construcción y rehabilitación de tranques comunitarios,	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 70% 30% < Variación ponderada de la demanda < 70% Variación ponderada de la demanda ≤ 30%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	4	4	4
En la región del Maule, 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 empoderamiento de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) a través de programas de capacitación en gestión organizacional, riego tecnificado y estrategias comunicacionales.	Presencia de OUAs	No hay presencia de OUAs o solo CA/AC Presencia de CAS o JV Presencia de JV y CAS	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	4	2	4
En la región del Maule, después de la actividad agropecuaria-silvícola, la industria manufacturera se destaca como el principal sector económico que demanda recursos hídricos en la actualidad. Se espera que la demanda total de agua de la industria manufacturera aumente en un 153% en el periodo 2023-2055. Ante este escenario, es crucial implementar tecnologías innovadoras y eficientes para una gestión sostenible del recurso hídrico en el sector industrial (mayor detalle en acápite 2.2.6 del estudio).	Déficit de modernización de tecnologías y optimización del uso a través de equipos y procesos para la eficiencia hídrica en la producción minera e industrial	Falta de integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático para mejorar la infraestructura hídrica en la región del Maule.	Variación porcentual de la demanda hídrica de los principales sectores productivo (Sector industrial y minero, periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 80% 30% < Variación ponderada de la demanda < 80% Variación ponderada de la demanda ≤ 30%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	1	4	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 4.2-3 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región del Maule (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Nilahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
En la región del Maule se han identificado 296 obras de acumulación. Según el boletín "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" de abril de 2024 de la DGA, los principales embalses son: Laguna Maule (1.420 hm³), Bullileo (60 hm³), Digua (225 hm³) y Tutuvén (22 hm³), todos en la cuenca del río Maule. Los volúmenes de almacenamiento promedio mensual son 635,8 hm³ para Laguna Maule (45% de su capacidad), 8,5 hm³ para Bullileo (14%), 35,8 hm³ para Digua (16%) y 2,8 hm³ para Tutuvén (13%). Hasta la fecha de elaboración de este estudio, no se dispone de información sobre el volumen actual embalsado del resto de las obras. Sin embargo, las proyecciones de la oferta hídrica superficial indican una tendencia a la baja hasta el año 2055, lo que podría resultar en una reducción de los volúmenes embalsados (ver acápite 2.3.1.1 del estudio para más detalle). Estos datos sugieren la necesidad de diversificar las fuentes de agua y planificar la gestión del recurso hídrico a largo plazo.	Disminución de aportes superficiales a obras de acumulación.	-	Disminución de la oferta hídrica superficial (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial ≥ 20% 10 % < variación de la oferta hídrica superficial <20% Disminución de la oferta hídrica superficial ≤ 10%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	2	4	2	4
En la región del Maule, de acuerdo a la información disponible, existe una planta desalinizadora ubicada en la cuenca Costeras entre Límite Región y R. Mataquito. 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.	Falta de desarrollo de infraestructura hídrica sostenible y nuevas fuentes de agua para aumentar la disponibilidad del recurso y priorizar el uso eficiente en riego.	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	1	4	4	4	4

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

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

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

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

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

En la Tabla 4.2-4 y la Tabla 4.2-5 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y su clasificación para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha.

Tabla 4.2-4 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región del Maule

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Nilahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
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. La región del Maule, conocida por su fuerte actividad agrícola, especialmente en el cultivo de frutas y viñedos, enfrenta altos riesgos de contaminación por agroquímicos debido a su uso intensivo.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	Falta de medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit.	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	4	1	1	4	1	1	4
El deterioro de la calidad de agua debido a las descargas de aguas servidas en el área urbana y rural es una situación que se agrava con la escasez hídrica de la región. La región del Maule, con importantes centros urbanos como Talca y Curicó, sufre por las descargas de aguas servidas que afectan tanto a las áreas urbanas como rurales. Además, la escasez hídrica es un desafío constante debido a la alta demanda de agua por parte del sector agrícola y urbano.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Falta de medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit.	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
Se presenta un alto riesgo de contaminación de las aguas por parte del sector industrial debido al incremento significativo en la demanda hídrica del sector agrícola e industrial, lo cual sugiere una mayor probabilidad de exposición a contaminantes en desuso a eventos hidrolimáticos extremos. Aunque la región del Maule no es principalmente minera, la demanda hídrica por la agricultura y la industria local afecta la disponibilidad y calidad del agua.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones	Falta de medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit.	Comparación de lo obtenido en la oferta hídrica y caudal de protección ambiental como: Oferta Hídrica / Caudal de Protección Ambiental	Alta Criticidad: Oferta hídrica menor al 40% del caudal ambiental necesario. Media Criticidad: Oferta hídrica entre 40% y 75% del caudal ambiental necesario. Baja Criticidad: Oferta hídrica mayor al 75% del caudal ambiental necesario.	Alta =4 Media =2 Baja =1	s/i	s/i	s/i	1	s/i	1	1
La región presenta un uso intensivo de sus recursos naturales, con fines agrícolas e industriales. Esto afecta a los ecosistemas acuáticos, agravado por la variabilidad climática y los flujos hidrológicos, que tiene consecuencias en la calidad de agua y en la biodiversidad de los ecosistemas. Esta presión es especialmente significativa en el Maule debido al crecimiento urbano y agrícola en áreas como Talca y Linares.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Falta de medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit.	Nivel de cambio de uso de suelo basado en observaciones y análisis cualitativo de los mapas disponibles.	Alta criticidad: Observación de un cambio significativo y extenso de suelo natural a usos antropogénicos (ej. grandes áreas de deforestación, urbanización masiva). Media criticidad: Observación de un cambio moderado de suelo natural a usos antropogénicos (ej. expansión agrícola, crecimiento urbano moderado). Baja criticidad: Observación de un cambio leve o nulo de suelo natural a usos antropogénicos (ej. áreas protegidas, conservación predominante).	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	2	2	4	2	4	2
La ausencia de normas secundarias de calidad ambiental en las aguas superficiales no permite que se restablezca la calidad de aguas de los cuerpos lacustres y humedales con problemas de eutrofización. Para una gestión sostenible, se debe avanzar en normativa específica en protección ambiental más allá de la protección de la salud humana (normas primarias de calidad ambiental). En este sentido, en la región, esto podría afectar a lagunas y humedales urbanos como el humedal Llico o el estero Piduco.	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	4	2	2	2
La falta de normas secundarias de aguas subterráneas es fundamental para prevenir la contaminación de los acuíferos, que cobran más importancia en zonas agrícolas sin otra fuente de abastecimiento. Aunque esta región cuenta con más recursos económicos, la falta de normas secundarias sigue siendo una preocupación, especialmente en los acuíferos que abastecen a la región del Maule.	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	4	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 4.2-5 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región del Maule (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Ñlahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
Aunque en esta región hay más inversión e infraestructura avanzada para realizar monitoreo y comparado con regiones menos desarrolladas, la frecuencia en el monitoreo sigue siendo un desafío importante, además de otros desafíos técnicos.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Falta de infraestructura y tecnología de monitoreo hidrométrico y de calidad de aguas que permita el acceso a información en tiempo real.	Frecuencia de monitoreo, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas. Complementado con existencia de estaciones fluviométricas	Alta criticidad: Monitoreo cada dos años o no cuenta con estaciones fluviométricas Media: Monitoreo con información actualizada anualmente o cuenta con menos de 5 estaciones fluviométricas Baja: Monitoreo con información disponible cada 6 meses o menor a esto o cuenta con más de 5 estaciones fluviométricas	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	4	4	1	2	1	2
La pérdida de la capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas superficiales se debe principalmente a la insuficiencia del caudal ambiental necesario para la mantención de humedales ribereños. Estos humedales, ubicados en zonas medias y altas de las cuencas, son cruciales para la regulación y purificación del agua, y su deterioro afecta directamente la calidad del agua superficial.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos	Falta de estudios sobre el impacto de las actividades productivas en los niveles de aguas superficiales y subterráneas y en la preservación de humedales y ecosistemas críticos.	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	4	2	2	2	2	2	1
Los humedales son ecosistemas cruciales que proporcionan numerosos servicios ecosistémicos como la regulación del agua, retención de sedimentos, recarga de acuíferos y conservación de la biodiversidad. La degradación y pérdida de estos servicios debido a la insuficiencia del caudal ambiental amenaza el medio ambiente y el bienestar humano. La reciente Ley de Humedales busca abordar esta problemática, pero su implementación aún es limitada y se enfrenta a desafíos legales y prácticos.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	Falta de estudios sobre el impacto de las actividades productivas en los niveles de aguas superficiales y subterráneas y en la preservación de humedales y ecosistemas críticos.	Cobertura de Protección de humedales = Superficie de Humedales Protegidos / Superficie Total de Humedales en la Cuenca. Considera cualquier tipo de Humedal informado en shape oficial de Ministerio de Medio Ambiente.	Alta Criticidad (4): Porcentaje de Protección < 5% Media Criticidad (2): 5% ≤ Porcentaje de Protección < 25% Baja Criticidad (1): Porcentaje de Protección ≥ 25%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	2	4	2	4	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

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 4.2-6 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.

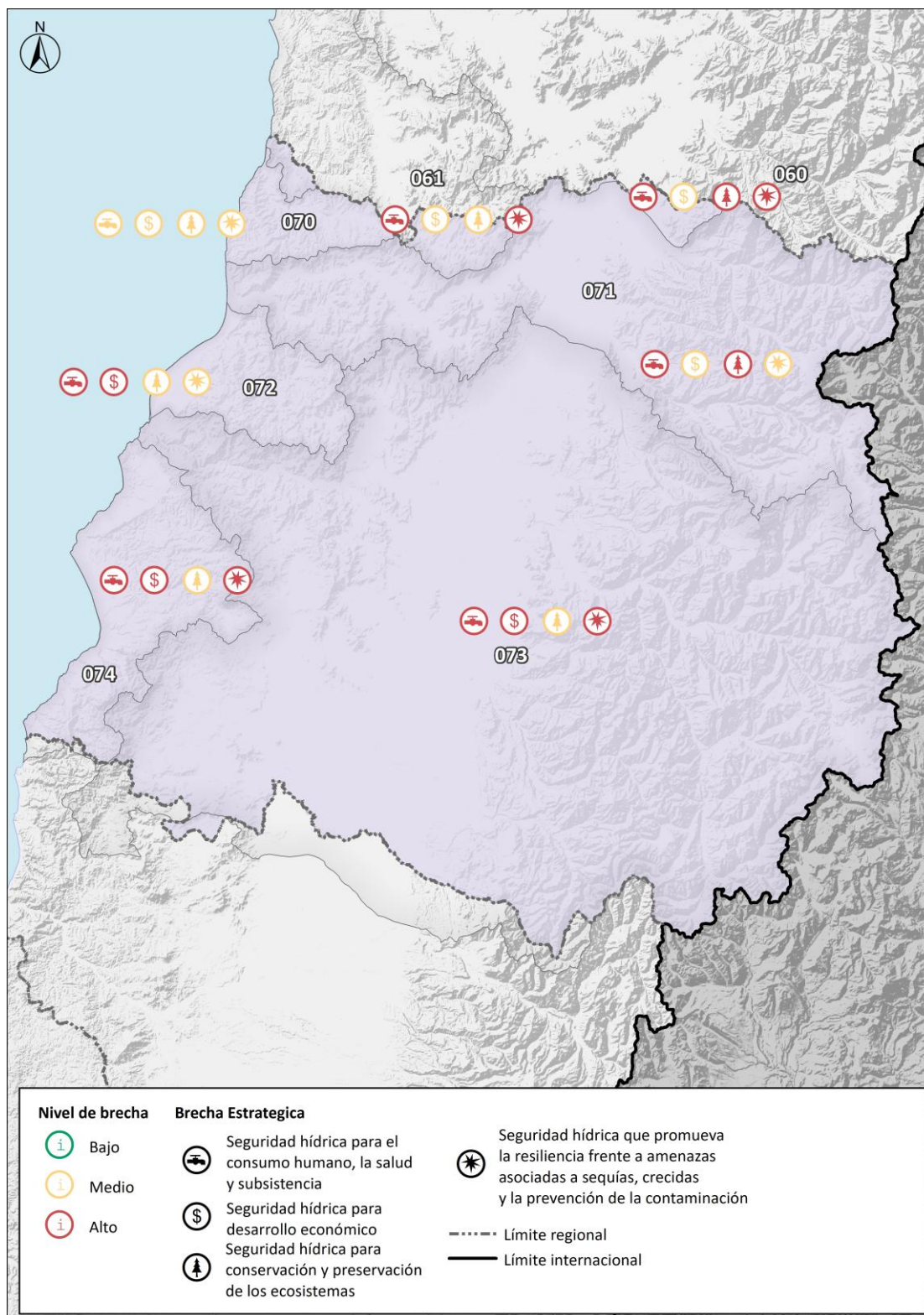
Tabla 4.2-6 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región del Maule

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Rapel	Costeras Rapel - E. Nilahue	Costeras entre Límite Región y R. Mataquito	Río Mataquito	Costeras Mataquito- Maule	Río Maule	Costeras Maule y Límite Región
Dentro de la región solo existe un plan de drenaje de aguas lluvia en la comuna de Talca.	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Falta de incorporación de innovación y tecnología avanzada en la infraestructura regional para adaptarse al cambio climático y aumentar la resiliencia ante desastres socio-naturales. Insuficiente integración de ciencia y participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y mitigación de riesgos naturales.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápite 2.3.2)	Variación porcentual sobre 20% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual entre 1 y 20% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 1% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	1	1	1	2	2
Dentro de la región no se identifican obras de infraestructura de contención fluvial o aluvial	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Insuficiente integración de ciencia y participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y mitigación de riesgos naturales.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca. Se incluye la ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp o Ocurrencia Histórica de eventos de inundación o aluvión. Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4
Dentro de la región no se identifican obras de infraestructura de contención fluvial y aluvial	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Insuficiente integración de ciencia y participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y mitigación de riesgos naturales.	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	1	1	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

4.2.6 Resumen de brechas estratégicas

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-1 Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región del Maule

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

- Desarrollar una red de infraestructura hídrica eficiente y sostenible en la región del Maule que priorice el consumo humano y el saneamiento del agua, con un enfoque especial en las zonas rurales, cordilleranas y costeras. Promoviendo la implementación de soluciones permanentes para el abastecimiento de agua potable, especialmente en comunidades dependientes de camiones aljibe y sistemas de Agua Potable Rural (APR) con baja seguridad de abastecimiento. Además, promover la coordinación entre entidades públicas para garantizar la gestión integrada del agua, respetando las particularidades de la vida campesina, y la incorporación nuevas tecnologías en la infraestructura sanitaria para reducir inequidades sociales y mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- Desarrollar y promover una gestión integral y sostenible del recurso hídrico, enfocada en garantizar el acceso universal al agua potable, especialmente en zonas rurales, mediante la optimización de infraestructura y servicios sanitarios, como también el fomento a la innovación tecnológica para proteger la calidad del agua en cuencas hidrográficas, y mejorar la gestión legal y administrativa de los recursos hídricos, asegurando el saneamiento, la regulación sanitaria y el acceso equitativo a derechos de agua.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Fomentar el desarrollo de infraestructura hídrica sostenible y la incorporación de nuevas fuentes de agua para aumentar la disponibilidad del recurso, priorizando su

uso eficiente en riego. Además, optimizar la gestión de información relacionada con la regulación sanitaria, los derechos de agua y la fiscalización.

- Mejorar la infraestructura en la región del Maule mediante la integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático, priorizando una gestión eficiente del recurso hídrico. Esto incluye el fomento del riego tecnificado, la construcción y rehabilitación de tranques comunitarios, así como la actualización del catastro de canales. Además, se implementarán Planes Maestros para el mantenimiento de la infraestructura y se facilitará la capacitación en el uso del agua y se promoverá el empoderamiento de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) mediante programas de capacitación en gestión organizacional, riego tecnificado y estrategias comunicacionales.

-

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Desarrollar un enfoque integral para la planificación y gestión de la infraestructura regional que incorpore conocimientos científicos y saberes indígenas en la solución de riesgos naturales y la gestión de recursos hídricos, fomentando la participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y conservación mediante una gestión intersectorial que optimice procesos, e impulsando campañas educativas y medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit, promoviendo la conservación del patrimonio natural y la biodiversidad como pilares del desarrollo estratégico de la región.
- Desarrollar e implementar un enfoque integral que incluya estudios sobre el impacto de las actividades productivas en los niveles de aguas superficiales y subterráneas, así como en la preservación de humedales y ecosistemas críticos; mejorar la infraestructura y tecnología de monitoreo hidrométrico y de calidad de aguas para facilitar el acceso a información en tiempo real; y crear programas educativos sobre el uso sostenible del agua en el contexto del cambio climático, promoviendo la concientización y participación comunitaria en la adaptación a estos desafíos.

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

- Desarrollar una infraestructura regional sostenible en la Región del Maule que incorpore innovación y tecnología avanzada para adaptarse a los efectos del cambio climático y aumentar la resiliencia ante desastres socio-naturales, promoviendo la planificación integral del territorio basada en un enfoque armónico y equitativo que considere las particularidades y potencialidades locales, generando y utilizando información sobre infraestructura regional que integre ciencia indígena y participación ciudadana para diseñar e implementar planes de emergencia y

mitigación de riesgos naturales, mejorando la coordinación intersectorial, y fomentando la investigación y gestión del conocimiento para reducir los riesgos de desastres mediante la elaboración de planes y programas a nivel regional y comunal, alineados con estrategias nacionales

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región del Maule (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 223 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, desalinización, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, reúso de aguas residuales, redes de aguas lluvias, trasvase de aguas, recarga de acuíferos y conservación de riberas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

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

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

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	Desarrollar, una red de infraestructura hídrica eficiente y sostenible en la región del Maule que priorice el consumo humano y el saneamiento del agua, con un enfoque especial en las zonas rurales, cordilleranas y costeras. Promoviendo la implementación de soluciones permanentes para el abastecimiento de agua potable, especialmente en comunidades dependientes de camiones aljibe y sistemas de Agua Potable Rural (APR) con baja seguridad de abastecimiento. Además, promover la coordinación entre entidades públicas para garantizar la gestión integrada del agua, respetando las particularidades de la vida campesina, y la incorporación nuevas tecnologías en la infraestructura sanitaria para reducir inequidades sociales y mejorar la calidad de vida de los habitantes.	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	
	Desarrollar y promover una gestión integral y sostenible del recurso hídrico, enfocada en garantizar el acceso universal al agua potable, especialmente en zonas rurales, mediante la optimización de infraestructura y servicios sanitarios, como también el fomento a la innovación tecnológica para proteger la calidad del agua en cuencas hidrográficas, y mejorar la gestión legal y administrativa de los recursos hídricos, asegurando el saneamiento, la regulación sanitaria y el acceso equitativo a derechos de agua.	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	Mejorar la infraestructura en la región del Maule mediante la integración de tecnologías innovadoras adaptadas al cambio climático, priorizando una gestión eficiente del recurso hídrico. Esto incluye el fomento del riego tecnificado, la construcción y rehabilitación de tranques comunitarios, así como la actualización del catastro de canales. Además, se implementarán Planes Maestros para el mantenimiento de la infraestructura y se facilitará la capacitación en el uso del agua. Se busca promover un desarrollo económico y productivo sostenible con un enfoque territorial, impulsando actividades socioeconómicas en áreas rurales y en zonas marinas protegidas, junto con la creación de un sistema de pago por servicios ecosistémicos.	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
	Fomentar el desarrollo de infraestructura hídrica sostenible y la incorporación de nuevas fuentes de agua para aumentar la disponibilidad del recurso, priorizando su uso eficiente en riego. Además, optimizar la gestión de información relacionada con la regulación sanitaria, los derechos de agua y la fiscalización. Se promoverá el empoderamiento de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) mediante programas de capacitación en gestión organizacional, riego tecnificado y estrategias comunicacionales.	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

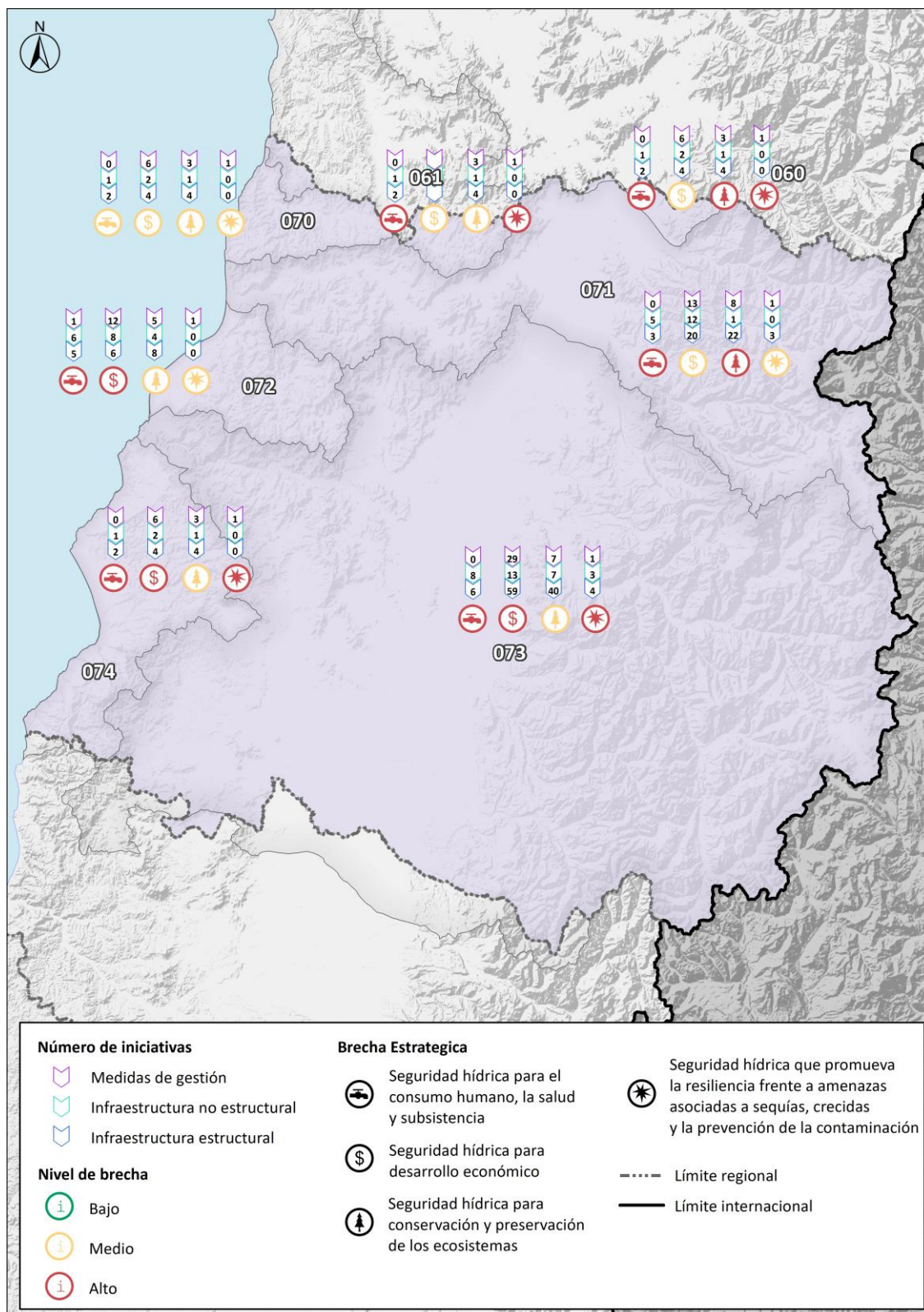
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3-2 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Maule (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	Desarrollar un enfoque integral para la planificación y gestión de la infraestructura regional que incorpore conocimientos científicos y saberes indígenas en la solución de riesgos naturales y la gestión de recursos hídricos, fomentando la participación ciudadana en el diseño e implementación de planes de emergencia y conservación mediante una gestión intersectorial que optimice procesos, e impulsando campañas educativas y medidas concretas para reducir la contaminación, proteger ecosistemas relevantes y aumentar el caudal ecológico en cuencas con déficit, promoviendo la conservación del patrimonio natural y la biodiversidad como pilares del desarrollo estratégico de la región..	Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Creación de capital humano Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua sup. y subt. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas
	Desarrollar e implementar un enfoque integral que incluya estudios sobre el impacto de las actividades productivas en los niveles de aguas superficiales y subterráneas, así como en la preservación de humedales y ecosistemas críticos; mejorar la infraestructura y tecnología de monitoreo hidrométrico y de calidad de aguas para facilitar el acceso a información en tiempo real; y crear programas educativos sobre el uso sostenible del agua en el contexto del cambio climático, promoviendo la concientización y participación comunitaria en la adaptación a estos desafíos.		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	Desarrollar una infraestructura regional sostenible en la Región del Maule que incorpore innovación y tecnología avanzada para adaptarse a los efectos del cambio climático y aumentar la resiliencia ante desastres socio-naturales, promoviendo la planificación integral del territorio basada en un enfoque armónico y equitativo que considere las particularidades y potencialidades locales, generando y utilizando información sobre infraestructura regional que integre ciencia indígena y participación ciudadana para diseñar e implementar planes de emergencia y mitigación de riesgos naturales, mejorando la coordinación intersectorial, y fomentando la investigación y gestión del conocimiento para reducir los riesgos de desastres mediante la elaboración de planes y programas a nivel regional y comunal, alineados con estrategias nacionales.	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
			Análisis 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, que por diferentes razones aún no se han ejecutado (ver acápite 3.1.2 y detalles en el Anexo 08.04), y que pudiesen resolver alguna de las diferentes brechas de seguridad hídrica identificadas en el Capítulo 4.2.



Fuente: Elaboración propia

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

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre factores técnicos y disponibilidad de información

Las incertidumbres que pueden afectar la implementación de las iniciativas estratégicas en la región del Maule, se obtienen en parte de los comentarios de las fichas BIP y a través del análisis de comentarios de los estudios de prefactibilidad y de factibilidad de las iniciativas.

En este sentido, destacan principalmente aquellas iniciativas asociadas al mejoramiento y ampliación de Sistemas de Agua Potable Rural, donde se identifican aspectos como la desactualización de planos y certificados SERVIU, imprecisión en la información sobre la población, equipos y potencias, problemas en la proyección de la demanda y los componentes del sistema, entre otras discrepancias que impiden el éxito en la ejecución de la totalidad de los proyectos de incremento de servicios de APR.

Por otra parte, también se observa en iniciativas de riego como “Reparación de emergencia embalse Ancoa, región del Maule 2023-2025” falta de determinación de los antecedentes, presencia de incongruencias e imprecisiones en la descripción del proyecto, errores en la presentación de las etapas del proyecto y sus respectivos presupuestos, e incluso en la localización geográfica y su justificación.

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 del Maule.

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

Los proyectos seleccionados para el análisis corresponden a aquellos cuyo Resultado de Análisis Técnico Económico (RATE) indica recomendación favorable (RS) o no recomendación, ya sea por falta de información (FI), objeciones técnicas (OT) o incumplimiento de normativas (IN).

En función del Resultado de Análisis Técnico Económico (RATE) se identificaron los subsectores con mayor cantidad de proyectos no recomendados. Para esto se calculó el porcentaje de proyectos no recomendados respecto al total de proyectos en cada

subsector. Esta comparación permitió determinar los subsectores con mayores dificultades para alcanzar una recomendación favorable, proporcionando una base para analizar las causas de las no recomendaciones en aquellos subsectores con porcentajes elevados de proyectos no aprobados.

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

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

Servicios Sanitarios (APR)	• Viabilidad técnica y legal: Se requiere contar con la acreditación de los derechos de agua y la factibilidad eléctrica, así como con la documentación que valide la disponibilidad y uso legal de los terrenos requeridos. Además, se necesita la aprobación de los planos y diseños de ingeniería por parte de la DOH, y el cumplimiento de los términos de referencia y especificaciones técnicas. La falta de estos elementos genera dudas sobre la sostenibilidad operativa y la conformidad normativa del proyecto. • Planificación y viabilidad económica: Se requiere la presentación actualizada de los presupuestos para las obras y la justificación de los costos utilizados en la evaluación social. Además, se requiere de una evaluación social detallada que incluya la construcción de flujos netos durante el horizonte de evaluación. Por último, es necesario además presentar un cálculo de los costos de operación y mantenimiento, incluyendo elementos como el incremento de tiempo de operación de las bombas por aumento de población. • Conexión y beneficios de usuarios: Se requiere un listado de los beneficiarios con datos completos y asegurar el compromiso de estos y de las entidades involucradas para los aportes y servicios necesarios. • Congruencia e imprecisiones en los antecedentes del proyecto: Se requiere un diagnóstico que identifique y cuantifique adecuadamente la magnitud del problema, así como una justificación del proyecto basada en los datos actuales. • Discrepancias en la ficha IDI: Las discrepancias identificadas deben abordarse mediante una revisión minuciosa de los estudios y análisis realizados, así como mediante la actualización de la información relevante según sea necesario para garantizar la coherencia y precisión de la documentación del proyecto.
Obras de Drenaje Urbano (Evac. Aguas servidas)	• Discrepancias en la ficha IDI: Es necesario actualizar la Ficha IDI conforme a los datos actuales del proyecto, mejorando la justificación en base a lo que existe y no a lo que no existe. También, ordenar y renombrar archivos correctamente para una gestión eficiente y coherente. • Planificación y viabilidad económica: Se requiere definir el problema basado en la situación real y alinear la evaluación y el Valor Actualizado de Costos

	(VAC) con la totalidad del proyecto. Además, se debe asegurar coherencia entre presupuesto, términos de referencia y cronograma, así como justificar costos y parámetros clave para la evaluación social. • Viabilidad técnica y legal: Es esencial obtener certificados regulatorios de la SISS, acreditaciones de dominio vigente de los terrenos y permisos para interferencias y vertido de efluentes, además de contar con diseños aprobados y visados con especificaciones técnicas claras. • Operación y viabilidad del sistema: Se requiere un certificado de operación y un cálculo de costos fijos y variables, considerando la puesta en marcha del sistema.
--	---

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

ii. Sobre factores socioambientales

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

El caso del proyecto hidroeléctrico Achibueno por parte de la Hidroeléctrica Centinela Ltda. es uno de ellos, consiste en la construcción de dos centrales en serie en el Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad Nacional “Altos del Achibueno” afectando a los cauces entre el sector de Pejerrey y Monte Oscuro, el turismo y la flora arbustiva y herbácea, además de la fauna local (Larraín, 2010).

Otro conflicto dentro de la región del Maule se asocia a la Planta de Celulosa Licancel y la contaminación del Río Mataquito y el medio ambiente, producto de derrames tóxicos provocados por la empresa desde la planta al río, afectando a agricultores, pescadores y pobladores en general que realizan actividades en la cuenca aguas debajo de la industria (Larraín, 2010).

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. 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 08.05.

En la Tabla 4.3-4 se presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas. En el Anexo 08.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

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

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	Nº inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	37	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	74	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	7	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	40	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	28	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	1	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	22	Normalización de elementos eficientes para APR según N° de arranques existentes y proyectados	-
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	9	De acuerdo a disminución de recarga y características favorables para la recarga	Máximo 30 ha por cuenca
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego	8	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	29	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	121	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	10	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	14	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	4	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	3	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	8	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	48	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	21	-	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	7	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	17	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	59	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	36	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

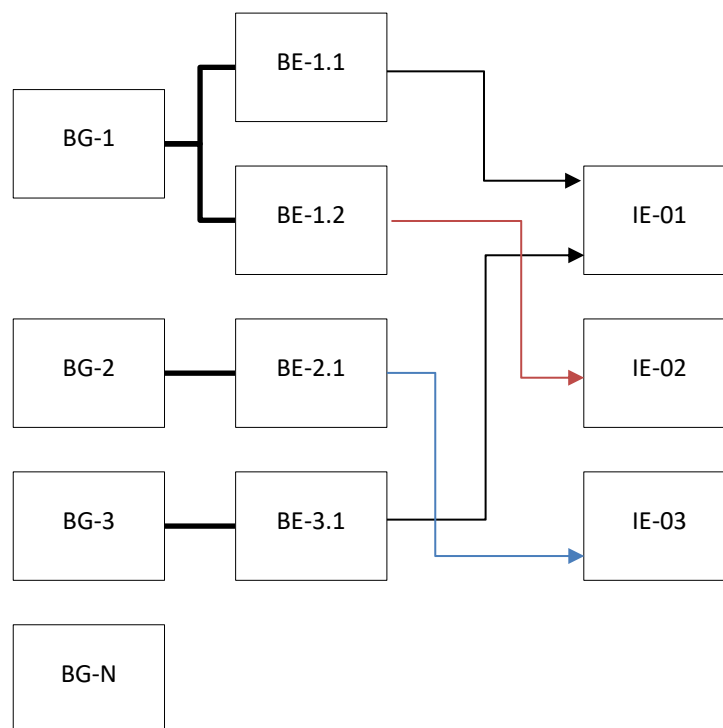
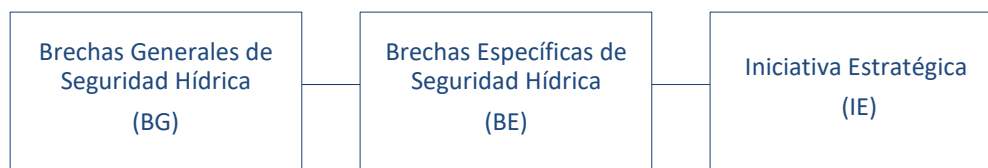
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 08.07 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 (MAU), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

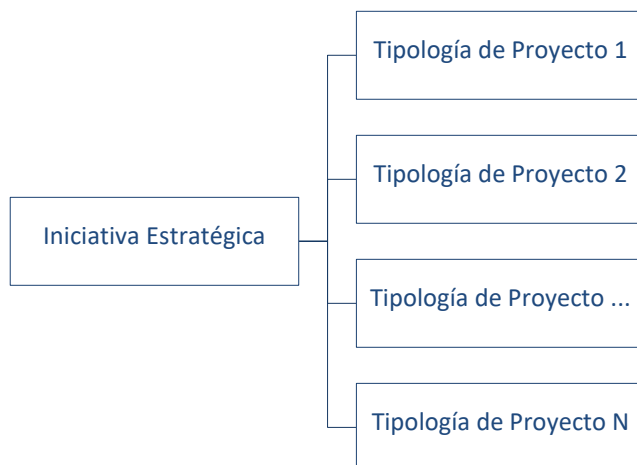
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

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

Fuente: Elaboración propia

5.2 TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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


Figura 5.2-1 Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas

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

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

MAU-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
MAU-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
MAU-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
MAU-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
MAU-INI-EST-05	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas
	5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas
	5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES

Con las iniciativas estratégicas definidas en conjunto de sus tipologías de proyecto se procedió a conformar la cartera de preinversiones e inversiones de la región a nivel de cuencas. Es importante mencionar que cada iniciativa de inversión se somete a un proceso de etapas, las cuales se conforman de: 1) Estudio y/o Prefactibilidad, 2) Factibilidad, 3) Diseño y 4) Ejecución.

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



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

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

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

Con esta información se consideraron los siguientes pasos:

1. Se agruparon las inversiones por tipología de proyecto
2. Se descartan las iniciativas repetidas bajo la siguiente priorización
 - a. Cartera Quinquenal: primera prioridad

- b. Cartera PIH: Segunda prioridad
- c. Cartera proyectos Existentes. Tercera Prioridad

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

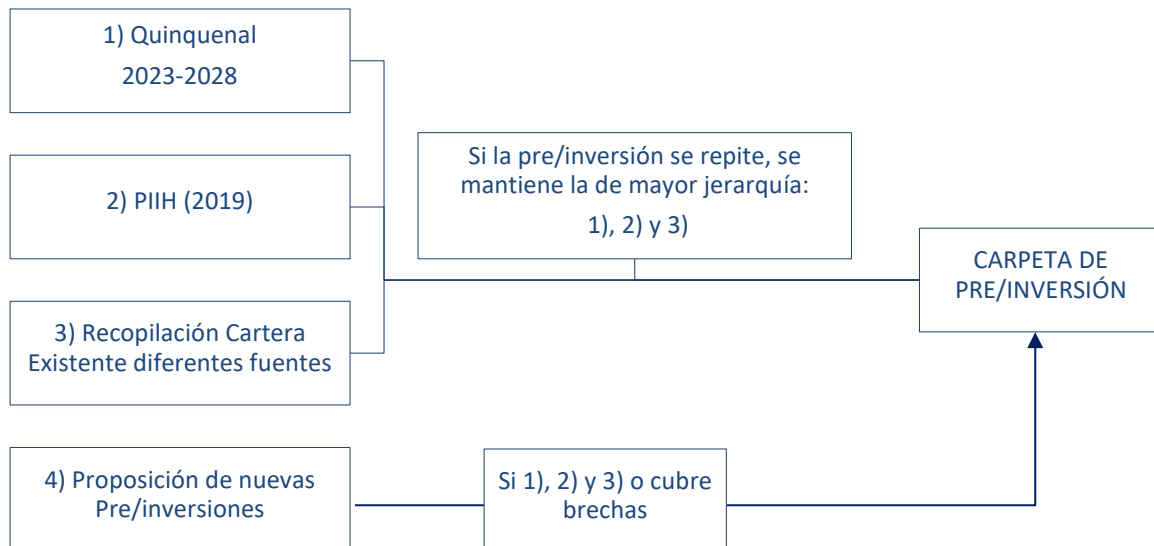


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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

Tabla 5.3-1 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-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 capítulo 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 08.07.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-2 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar MAU-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 posee 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 MAU-INI-EST-03 y MAU-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 08.07). 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 08.07
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 08.07.
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 MAU-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 MAU-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 Fluviométricas Cuenca	Factibilidad	10.000	no
48	ES-1-01.2				Construcción Estación Fluviométricas Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación Fluviométricas Cuenca	Ejecución	198.000	no
					Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca			
					Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca			
					Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca			
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 Cuenas	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 08.07.

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\$)
MAU-INI-EST-01	158	616.346.504
MAU-INI-EST-02	218	825.590.152
MAU-INI-EST-03	87	42.270.918
MAU-INI-EST-04	28	55.459.061
MAU-INI-EST-05	112	176.742.937
TOTAL	603	1.716.409.572

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 08.07.

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

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

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Incidencia en Matriz Hídrica

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

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

En la Tabla 5.6-2, se indican los metros cúbicos anuales por unidad según la variable determinada para valorizar la inversión e incidencia en la Matriz Hídrica el detalle se presenta en el Anexo 08.07.

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 [15]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media [9]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Media [9]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media Baja [7]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Baja [6]: 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 [15]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media [9]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4] Media [9]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2] Media Baja [7]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Baja [6]: 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 1.1 1) es de 88%. Este ajuste busca mantener una equivalencia con la ponderación asignada al criterio de evaluación socioeconómica en la metodología multipropósito.

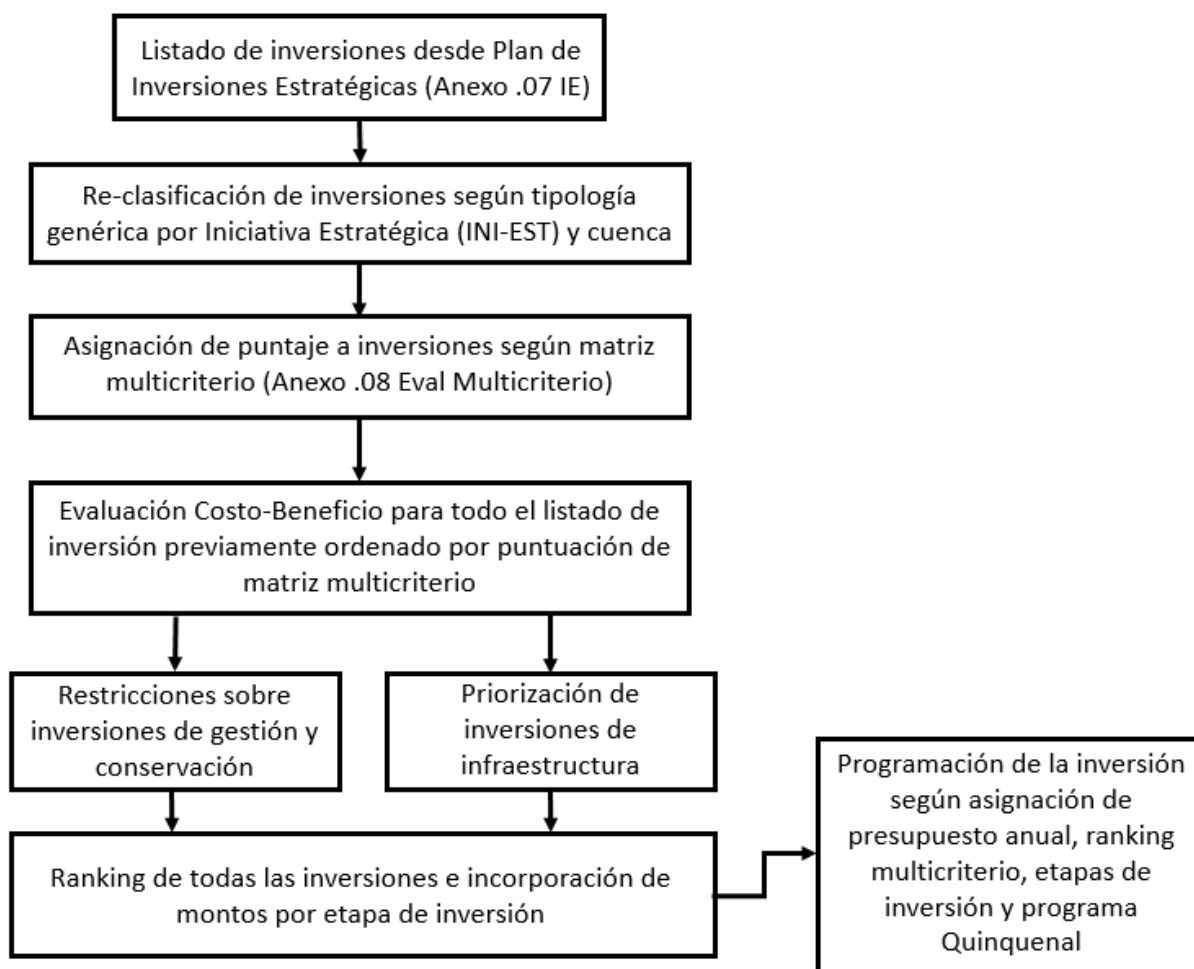
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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 Maule, 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.

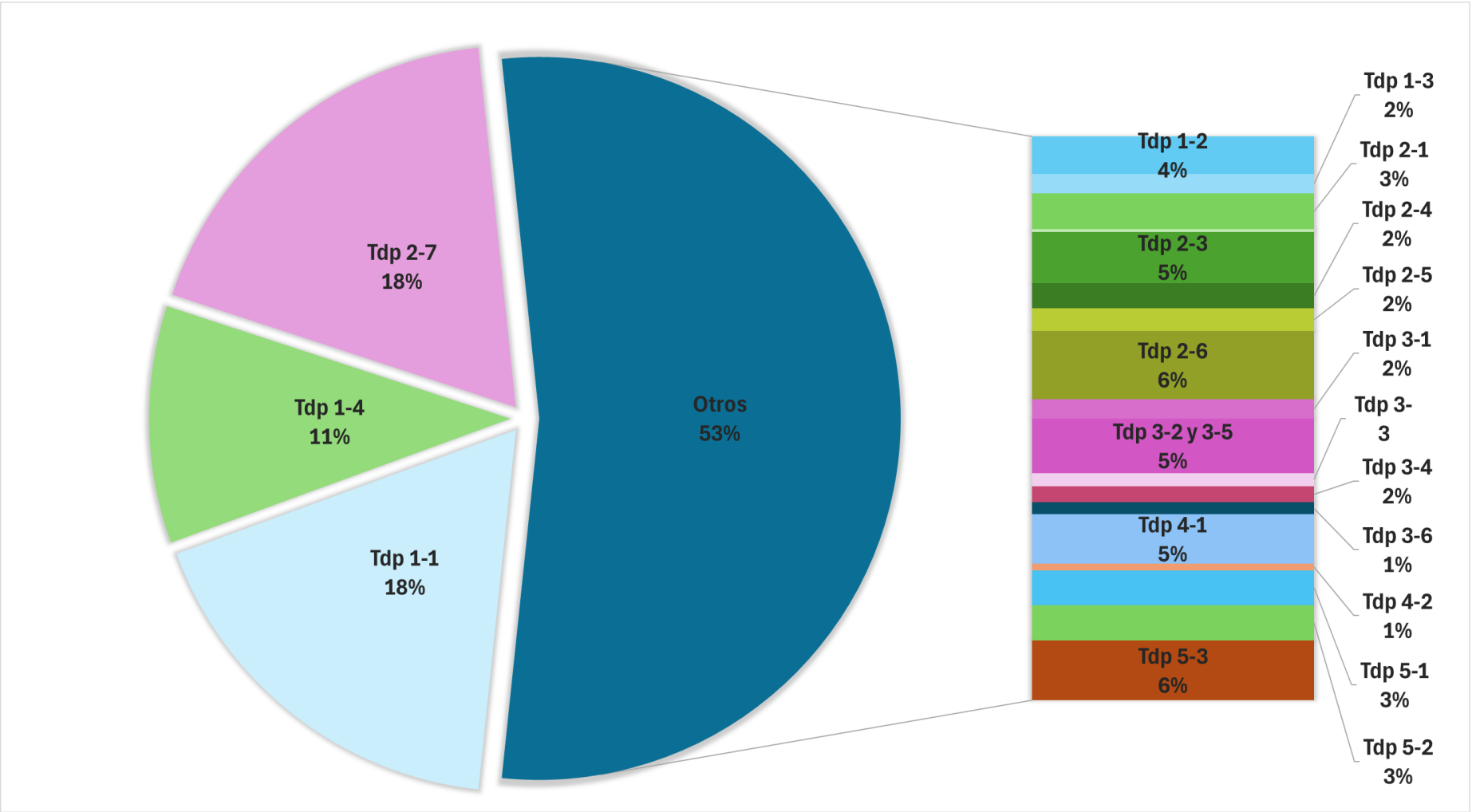
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

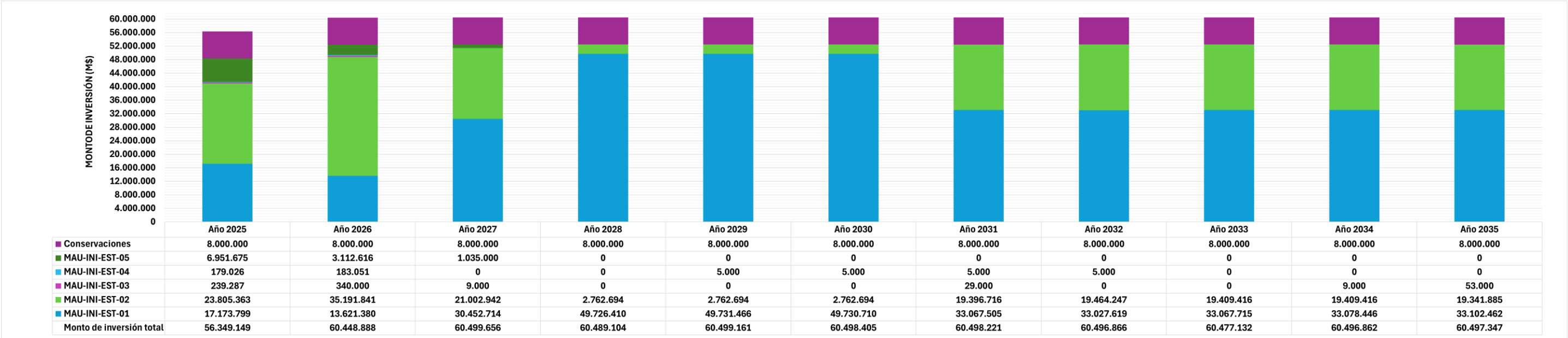
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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

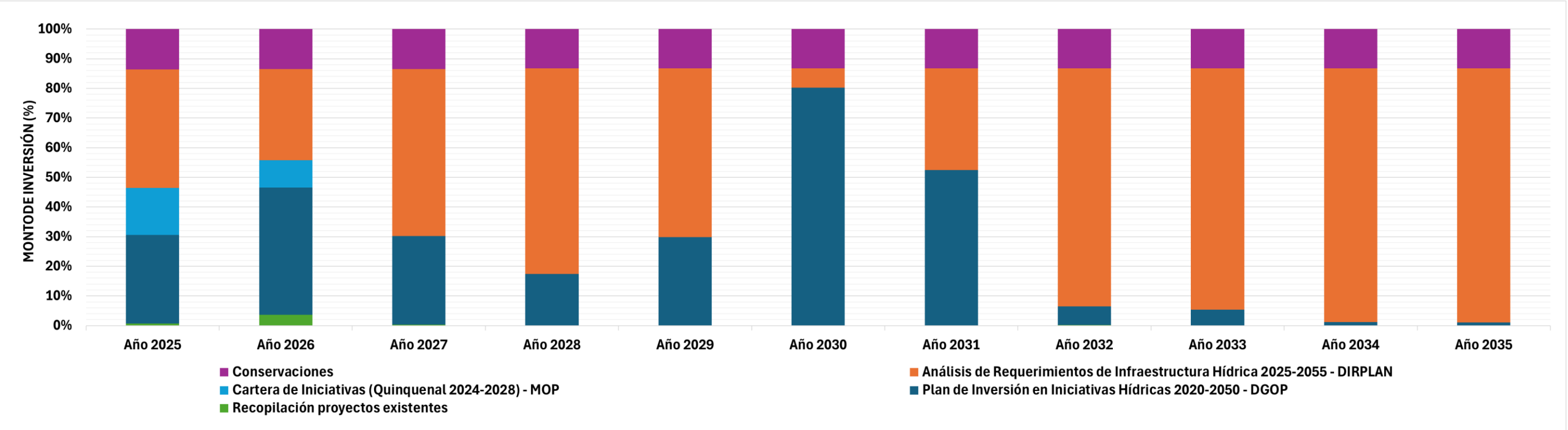
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región del Maule



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

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

CAPÍTULO 7 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

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

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

7.1 SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

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

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

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

7.1.1 Contexto regional y áreas de intervención prioritarias

La Región del Maule, situada en la macrozona centro del país, tiene una población proyectada de 1.256.803 habitantes para 2035. Su crecimiento se concentra en los principales centros urbanos como Talca, Curicó y Linares, mientras que las zonas rurales, especialmente en las provincias de Cauquenes y Linares, presentan mayores desafíos en acceso a infraestructura y servicios básicos. La expansión urbana en Curicó y Maule ha sido significativa, impulsada por la suburbanización y la reconversión de suelos agrícolas. En contraste, sectores rurales de San Clemente, Licantén y Parral presentan dificultades en cobertura de agua potable, saneamiento y conectividad.

El PIB regional ha crecido a una tasa promedio anual del 3,25%, superior al promedio nacional del 2%. La agroindustria, la silvicultura y la manufactura son las actividades más dinámicas, con Curicó, Molina y San Javier destacando en la producción de frutales, especialmente berries y manzanas, mientras que Constitución y Licantén lideran la producción forestal de celulosa y papel. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura varía ampliamente; el riego tecnificado tiene una presencia creciente en el valle central, pero en sectores como la cuenca del río Mataquito (BNA 071) y del río Maule (BNA 073), la eficiencia del riego aún es baja, con importantes pérdidas por infiltración y evaporación.

El acceso al agua potable presenta disparidades entre zonas urbanas y rurales. En áreas urbanas, la cobertura alcanza el 93%, con concesiones sanitarias en Talca, Curicó y Linares operadas por empresas como Nuevosur y cooperativas locales. Sin embargo, en sectores rurales, el 16,7% de las viviendas no cuenta con acceso a la red de agua potable, dependiendo de pozos, norias o camiones aljibe. Las comunas de Cauquenes y Empedrado tienen las tasas más bajas de cobertura, con menos del 82%. En términos de saneamiento, la cobertura en áreas urbanas es del 92%, mientras que en el sector rural solo el 16,6% de la población cuenta con acceso a alcantarillado, siendo predominantemente atendidos por fosas sépticas y soluciones individuales.

La seguridad hídrica es un problema estructural en la región. La demanda total de agua en 2023 fue de 4.648 Mm³/año, con un 88% destinado a riego agrícola. La cuenca del río Maule (BNA 073) concentra la mayor demanda, con 3.567 Mm³/año, mientras que la del río Mataquito (BNA 071) representa 860 Mm³/año. Se prevé un aumento del 10% en la demanda hídrica hacia 2055, lo que generará mayor presión sobre una oferta de agua que ya muestra signos de reducción. La oferta hídrica superficial ha disminuido un 15% en la última década, mientras que la recarga de acuíferos en la cuenca del Mataquito bajó en un

9,1%. Además, las restricciones de uso de agua subterránea han aumentado, con 5.496 derechos de aprovechamiento registrados y zonas de prohibición en sectores críticos.

Para mejorar la eficiencia del uso del agua, se requiere modernización del riego en las cuencas agrícolas principales, promoviendo sistemas presurizados y tecnificación en los canales de distribución. Actualmente, el riego gravitacional sigue siendo predominante, con eficiencias del 40% en sectores como Colbún y San Rafael, mientras que en áreas con riego tecnificado, como en Molina y Curicó, la eficiencia alcanza el 75%. En el sector industrial, el uso de agua ha crecido un 153% entre 2023 y 2055, con las comunas de San Javier y Talca registrando el mayor consumo. Se requieren inversiones en la reutilización de aguas servidas tratadas y optimización de procesos industriales para mitigar el impacto en la disponibilidad hídrica.

El cambio climático ha exacerbado la crisis hídrica en la región. Entre 2008 y 2023 se emitieron múltiples decretos de escasez hídrica, afectando principalmente a la provincia de Curicó y las cuencas Costeras Mataquito-Maule (BNA 072) y del río Maule (BNA 073). Se proyecta una reducción del 27,6% en la escorrentía de la cuenca Mataquito y un aumento de la isoterma cero en 400 metros, lo que reducirá la acumulación de nieve en la cordillera y, por ende, la disponibilidad de agua para la temporada seca.

Para abordar estos desafíos, es prioritario mejorar la infraestructura de almacenamiento y distribución de agua. La región cuenta con 296 embalses y tranques, destacando Laguna Maule (1.420 hm³), Bullileo (60 hm³) y Digua (225 hm³), pero la capacidad de almacenamiento sigue siendo insuficiente para garantizar la seguridad hídrica en períodos de sequía. La construcción de nuevos embalses en las cuencas del Maule y Mataquito, junto con la recarga artificial de acuíferos en sectores como Lontué y Romeral, son medidas clave para fortalecer la resiliencia hídrica.

La planificación territorial debe considerar el equilibrio entre crecimiento urbano y conservación de suelos agrícolas. La expansión urbana en Curicó y Maule ha generado presión sobre terrenos agrícolas de alto valor productivo, lo que requiere la actualización de los Planes Reguladores Comunales. Además, es fundamental mejorar la infraestructura de salud, educación y transporte en áreas rurales para reducir las brechas de desarrollo y mejorar la calidad de vida.

El desarrollo de la Región del Maule depende de una gestión integrada y eficiente del agua, una modernización del sector agrícola e industrial, y una planificación territorial que garantice la sostenibilidad del crecimiento urbano y rural. La inversión en infraestructura hídrica, junto con políticas de adaptación al cambio climático y fomento de energías limpias,

permitirá a la región enfrentar los desafíos futuros con mayor resiliencia y equilibrio territorial.

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 Región del Maule enfrenta una creciente brecha entre oferta y demanda hídrica debido al cambio climático, la sobreexplotación y el crecimiento urbano e industrial. Se proyecta una reducción del 27,6% en la escorrentía del río Mataquito (BNA 071) y un aumento del 10% en la demanda total al 2055, con un alza del 153% en la industria. El riego agrícola sigue siendo ineficiente en varias zonas, y en áreas rurales, el 16,7% de la población carece de agua potable. Se requiere modernización del riego, regulación más estricta y promoción del reúso de aguas servidas tratadas
- **Vulnerabilidad de la infraestructura hídrica ante eventos climáticos extremos:** La infraestructura hídrica del Maule es vulnerable a eventos climáticos extremos como sequías, incendios e inundaciones, afectando especialmente las cuencas del río Mataquito (BNA 071) y del río Maule (BNA 073). Con más de 55 inundaciones entre 2017 y 2023, la falta de infraestructura de contención y almacenamiento agrava la crisis. El embalse Laguna Maule es crítico, pero insuficiente. Además, el 30% de los Sistemas de Agua Potable Rural (APR) tiene fallas operacionales. Se requiere inversión en nuevos embalses, modernización del drenaje y recarga artificial de acuíferos para fortalecer la seguridad hídrica y enfrentar emergencias climáticas.

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” [MAU-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua, con énfasis en obras multipropósito diversificadas” [MAU-INI-EST-02].

- “Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, con énfasis en cambios del patrón hidrológico” [MAU-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 del Maule enfrenta desafíos estructurales significativos en torno a la gestión de los recursos hídricos, influenciados por factores como el crecimiento poblacional, la presión sobre los ecosistemas, los efectos del cambio climático y la vulnerabilidad de su infraestructura hídrica.

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

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

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

7.2.1 Análisis de estancamiento crítico

El estancamiento crítico en la gestión de los recursos hídricos en la Región del Maule representa una problemática de creciente complejidad, resultado de la interacción de múltiples factores de índole climática, demográfica y productiva. La disparidad estructural entre la demanda y la disponibilidad de agua ha exacerbado las presiones sobre los sistemas de abastecimiento y saneamiento, particularmente en las provincias de Curicó, Talca,

Linares y Cauquenes. La sobreexplotación de los acuíferos en zonas rurales alcanza un 17,4%, evidenciando una extracción insostenible del recurso que compromete el acceso al agua potable en comunidades que dependen de la captación superficial y subterránea en cuencas clave como el Río Maule (BNA 073), Río Mataquito (BNA 071) y Costeras Maule y Límite Región (BNA 074). A su vez, la falta de acceso a agua potable en áreas rurales oscila entre un 16,7% y un 25%, mientras que las brechas de información en torno a la gestión hídrica se sitúan en un rango del 14,1% al 23,1%, dificultando la formulación de estrategias efectivas de mitigación.

El déficit en infraestructura de saneamiento es otro de los aspectos críticos del sistema hídrico regional. Más del 44% de la población rural no cuenta con acceso a sistemas de alcantarillado, afectando especialmente a localidades como San Clemente, Yervas Buenas y Curepto. En contraste, en los centros urbanos de Talca, Curicó y Linares se observa una mayor cobertura, aunque con deficiencias significativas en la capacidad de tratamiento de aguas residuales. Este problema se ve agravado por las elevadas pérdidas en la distribución de agua potable, las cuales alcanzan un promedio regional del 42% y superan el 50% en localidades como Lontué y Los Queñes. En este contexto, la única planta desalinizadora de la región, ubicada en Licantén con una capacidad de 250 m³ diarios, resulta insuficiente para atender la creciente demanda y compensar la crisis de disponibilidad hídrica.

El sector agrícola, predominante en las provincias de Curicó y Linares, es el principal consumidor de agua en la región. Se proyecta un incremento del 9% en la demanda hídrica hacia 2055, impulsado por la expansión de cultivos con alta demanda de riego, tales como viñas en el valle del Río Mataquito y parronales en la zona de San Javier. Sin embargo, la eficiencia de riego sigue siendo subóptima, con un promedio del 67% a nivel regional, fluctuando entre el 60% en la cuenca Costeras entre Límite Región y Río Mataquito (BNA 070) y el 75% en la cuenca Costeras Maule y Límite Región (BNA 074). La ausencia de incentivos para la adopción de tecnologías de riego eficientes y la deficiente regulación del uso de agroquímicos han exacerbado la degradación del recurso hídrico en áreas altamente productivas como Rauco y Longaví.

El sector industrial, particularmente concentrado en los polos urbanos de Talca y Linares, representa otro factor de presión sobre los recursos hídricos. Se estima que la demanda de agua en la industria manufacturera aumentará en un 153% entre 2023 y 2055. No obstante, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales industriales es insuficiente, y la falta de regulaciones estrictas ha favorecido la contaminación de cuerpos de agua superficiales y acuíferos, en especial en la cuenca del Río Maule. Esta problemática compromete la sostenibilidad del suministro de agua para usos productivos y domésticos a largo plazo.

El deterioro ambiental derivado de la crisis hídrica se manifiesta en la degradación de humedales y ecosistemas acuáticos, lo que ha reducido la capacidad de regulación natural del recurso. La desaparición progresiva de humedales estratégicos como el de Putú en Constitución y el estero Piduco en Talca, sumada a la reducción en la frecuencia de precipitaciones y el aumento de la temperatura media, ha intensificado los procesos de desertificación y la incidencia de incendios forestales en la precordillera de Linares y Cauquenes. Asimismo, las descargas de aguas servidas sin tratamiento adecuado han generado alteraciones en la biodiversidad y afectado el equilibrio ecológico en cursos de agua como el Río Lontué y en los estuarios de Iloca y Duao.

El déficit en la gobernanza del agua es otro de los desafíos estructurales que perpetúan el estancamiento crítico en la región. La inexistencia de Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) ha propiciado un escenario de explotación descontrolada del recurso en áreas agrícolas clave como Parral y Molina. A pesar de la existencia de 296 obras de acumulación en la región, muchas de ellas operan muy por debajo de su capacidad debido a la disminución sostenida de la oferta hídrica superficial. La falta de inversión en infraestructura para el almacenamiento y distribución de agua ha incrementado la vulnerabilidad de múltiples localidades ante fenómenos extremos como sequías e inundaciones. Adicionalmente, la ausencia de planes de drenaje de aguas lluvias en la mayoría de las comunas, con excepción de Talca, expone a zonas como Curicó y Constitución a un riesgo considerable de eventos hidrometeorológicos extremos.

Para abordar estos desafíos, es imprescindible avanzar en la modernización de la infraestructura hídrica regional. La ampliación de embalses en Laguna Maule, Bullileo y Digua, junto con la rehabilitación de sistemas de Agua Potable Rural en comunas como Empedrado, Pelluhue y Chanco, debe ser una prioridad. Además, es fundamental establecer normativas que promuevan la tecnificación del riego y la sustitución de cultivos altamente demandantes de agua por especies más adaptadas a la escasez hídrica. En el ámbito industrial, resulta crucial implementar regulaciones más estrictas para el tratamiento y reutilización de aguas residuales en los principales polos productivos de Talca y Linares.

Desde una perspectiva ambiental, la recuperación de humedales en Putú y Llico, así como la restauración de ecosistemas ribereños del Río Maule, contribuiría a mejorar la capacidad de regulación hídrica y la resiliencia ecosistémica ante el cambio climático. Paralelamente, la expansión de la red hidrométrica en cuencas críticas como el Río Mataquito y la implementación de sistemas de alerta temprana en áreas proclives a inundaciones permitirían mejorar la capacidad de respuesta ante eventos extremos. Finalmente, la coordinación interinstitucional entre municipios, la Dirección General de Aguas y las comunidades locales es clave para fortalecer la planificación territorial y garantizar una gestión hídrica sostenible en la Región del Maule.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

El presente análisis aborda la problemática de la seguridad hídrica en la Región del Maule, en el contexto de una creciente brecha entre la oferta y la demanda del recurso, derivada de la combinación de factores climáticos, socioeconómicos y estructurales. La intensificación de la actividad agrícola e industrial, el crecimiento urbano y las proyecciones demográficas configuran un escenario de presión sobre los sistemas hídricos de la región. A pesar de ello, la capacidad de respuesta regional permite la implementación de estrategias correctivas y adaptativas que, de ejecutarse de manera eficiente y coordinada, posibilitarían la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

La Región del Maule cuenta con una geografía heterogénea que condiciona la distribución y disponibilidad del agua. Sus principales cuencas hidrográficas incluyen el **Río Maule (código BNA 073)**, **Río Mataquito (BNA 071)** y **las cuencas costeras Maule-Límite Región (BNA 074)**, **Mataquito-Maule (BNA 072)** y **Costeras entre Límite Región y Río Mataquito (BNA 070)**. Estas cuencas abastecen tanto a zonas urbanas con un alto grado de infraestructura sanitaria como a vastos territorios rurales, donde las deficiencias en acceso a agua potable y saneamiento constituyen una problemática estructural persistente.

La cobertura de agua potable en las zonas urbanas está mayormente garantizada por operadores sanitarios como **Nuevo Sur**, que abastece a localidades como **Talca, Curicó, Linares y Cauquenes**. Sin embargo, en sectores rurales, la brecha de acceso al agua potable sigue siendo considerable. Se estima que **entre un 16,7% y un 25% de las viviendas rurales carecen de acceso a fuentes seguras de agua**, siendo este un problema particularmente agudo en comunas como **Empedrado, Chanco, Licantén y Vichuquén**, donde la provisión del recurso depende en gran medida de camiones aljibe, un mecanismo costoso e ineficiente en términos de cobertura y continuidad.

Los **Servicios Sanitarios Rurales (SSR)**, que administran sistemas de **Agua Potable Rural (APR)** en pequeñas localidades, enfrentan problemas relacionados con la insuficiencia de fuentes hídricas, infraestructura obsoleta y deficiencias en la gestión operativa. En comunas como **San Rafael, Penciahue y Río Claro**, la intermitencia en el suministro se ha convertido en un fenómeno recurrente durante los períodos de estiaje. En localidades costeras como **Iloca y Duao**, el fenómeno de salinización de acuíferos ha comprometido la calidad del agua, lo que ha llevado a la implementación de una **planta desalinizadora en Licantén** con una capacidad de producción de **250 m³/día**.

El saneamiento es una de las problemáticas más críticas en las zonas rurales. **Entre un 44,4% y un 52,8% de la población rural no cuenta con acceso a sistemas de alcantarillado**, dependiendo de mecanismos alternativos como fosas sépticas, que en muchos casos no

cumplen con estándares de seguridad sanitaria. Este déficit se observa principalmente en localidades como **Retiro, Parral y Pelluhue**, donde la descarga de aguas servidas en el medio natural genera un impacto ambiental considerable, especialmente en cuerpos de agua como el **Río Mataquito y sus tributarios**.

El sector agrícola es el mayor demandante de agua en la región, con un consumo anual estimado en **4.536 millones de m³**, concentrado principalmente en la cuenca del **Río Maule (BNA 073)**, donde se ubican las mayores superficies de riego. La eficiencia promedio en la aplicación del riego en la región es del **67%**, pero presenta variaciones significativas entre cuencas. La **cuenca Costeras entre Límite Región y Río Mataquito (BNA 070)** exhibe una eficiencia mínima del **60%**, con altas pérdidas por infiltración y evaporación, mientras que en la **cuenca Costeras Maule y Límite Región (BNA 074)** la eficiencia asciende al **75%**, reflejando una mejor gestión del recurso.

La dinámica del uso del suelo ha cambiado en los últimos años, con una expansión significativa de viñas y parronales en detrimento de cultivos tradicionales. Este fenómeno es particularmente visible en comunas como **San Clemente y Molina**, donde la demanda hídrica de estos cultivos está proyectada en **2.986 millones de m³/año para 2055**, lo que representa una presión considerable sobre los acuíferos y las fuentes superficiales.

El sector industrial también se proyecta como un consumidor creciente de agua, con una demanda estimada en **un 153% superior a la actual para el período 2023-2055**. La actividad manufacturera está concentrada en **Curicó, Talca y Linares**, donde la extracción de agua subterránea ha aumentado progresivamente, lo que plantea riesgos para la sostenibilidad del recurso en la cuenca del **Río Mataquito (BNA 071)**.

En cuanto al consumo humano, el problema no solo radica en la cantidad de agua disponible, sino también en la eficiencia de su distribución. Las pérdidas en los sistemas de distribución alcanzan un preocupante **42% a nivel regional**, con picos superiores al **50% en Lontué y Los Queñes**, mientras que en **Chanco y Pelarco** la eficiencia del sistema permite reducir las pérdidas a menos del **20%**.

Dada la complejidad de la problemática, la implementación de un enfoque integral en la gestión del agua es imprescindible. La modernización de la infraestructura hídrica es una prioridad ineludible. La construcción y rehabilitación de **tranques comunitarios en San Javier y Teno** permitiría incrementar la resiliencia del abastecimiento para el riego, reduciendo la dependencia de fuentes vulnerables. Asimismo, la recarga artificial de acuíferos en la **cuenca del Río Maule (BNA 073)** se presenta como una estrategia viable para la recuperación de los niveles freáticos y la reducción de la sobreexplotación.

La tecnificación del riego en comunas agrícolas como **Rauco y Romeral** es una medida que podría incrementar la eficiencia del uso del agua en hasta **20%**, mediante la adopción de sistemas de riego por goteo y aspersión. Adicionalmente, en la **cuenca Costeras Mataquito-Maule (BNA 072)** se requiere la implementación de un plan de control de extracciones de aguas subterráneas, estableciendo restricciones de uso en zonas de alta vulnerabilidad.

En términos de gobernanza, la formalización de todas las organizaciones de usuarios de agua es una tarea urgente. La consolidación de **Juntas de Vigilancia de Cuencas y Comunidades de Aguas Subterráneas** permitiría una administración más equitativa y eficiente del recurso. En comunas como **Yerbas Buenas y Hualañé**, es fundamental la capacitación de agricultores y gestores del agua para la planificación y reducción de conflictos hídricos.

Para mejorar el acceso al agua potable en las zonas rurales, es imprescindible la ampliación y modernización de los sistemas **APR**. En **Longaví y Curepto**, donde la infraestructura es insuficiente, la inversión en nuevas captaciones y almacenamiento de agua se torna prioritaria. Asimismo, en las localidades costeras de **Iloca y Duao**, la instalación de nuevas **plantas desalinizadoras** permitiría reducir la vulnerabilidad frente a sequías prolongadas. La calidad del agua también requiere una respuesta inmediata. La implementación de una **red de monitoreo en tiempo real** para la detección de contaminantes en ríos y embalses, junto con la aplicación de normativas más estrictas en la gestión de residuos industriales y agroquímicos, es crucial para preservar la integridad de los ecosistemas hídricos.

Frente a estos desafíos, la planificación y ejecución de estrategias basadas en datos científicos, infraestructura resiliente y un modelo de gobernanza colaborativo serán fundamentales para garantizar la seguridad hídrica de la Región del Maule en las próximas décadas.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La Región del Maule enfrenta un escenario de gestión hídrica caracterizado por un equilibrio frágil entre oferta y demanda, donde la estabilidad aparente de los recursos hídricos se ve comprometida por limitaciones estructurales en la capacidad de adaptación y respuesta. Factores climáticos, institucionales y económicos configuran una situación donde las estrategias de gestión actuales resultan insuficientes para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo. La creciente variabilidad climática y el incremento sostenido de la demanda agravan la vulnerabilidad del sistema, exigiendo una reconfiguración en la administración del recurso hídrico a nivel regional.

La disponibilidad de agua superficial y subterránea ha mostrado una tendencia decreciente en las principales cuencas hidrográficas, incluyendo el río Maule (BNA 073), el río Mataquito

(BNA 071), y las cuencas costeras Mataquito-Maule (BNA 072) y Maule y Límite Región (BNA 074). Las comunas de Talca, Curicó, Linares y Constitución, que concentran la mayor demanda urbana, son especialmente sensibles a estas fluctuaciones. A pesar de contar con una infraestructura de embalsamiento significativa, representada por Laguna Maule (1.420 hm³), Bullileo (60 hm³), Digua (225 hm³) y Tutuvén (22 hm³), la reducción en la recarga de acuíferos y la disminución en la escorrentía comprometen la estabilidad del suministro en períodos de déficit hídrico prolongado.

El sector agrícola, que representa más del 80% de la demanda hídrica regional, experimenta una presión creciente debido a la expansión de cultivos de alto consumo de agua en la provincia de Curicó, donde el crecimiento exponencial de viñas y frutales acentúa la competencia por el recurso. Las proyecciones indican un aumento del 9% en la demanda hídrica agrícola hacia 2055, mientras que la industria manufacturera, concentrada en los polos urbanos de Talca, Linares y Curicó, prevé un incremento del 153% en el mismo período. La optimización de la eficiencia en el uso del agua en estos sectores es crucial para evitar una crisis de abastecimiento que comprometa la viabilidad productiva regional.

El sistema de distribución de agua presenta fallas significativas, con pérdidas que alcanzan el 42% a nivel regional. En localidades como Lontué y Los Queñes, las pérdidas superan el 50%, exacerbando la precariedad del abastecimiento en zonas de alta demanda. En el ámbito rural, la desigualdad en el acceso al agua potable es un problema estructural, con entre un 16,7% y un 25% de las viviendas sin acceso seguro, mientras que hasta un 52,8% de la población no cuenta con alcantarillado adecuado, afectando especialmente a comunas como Chanco, Pelluhue y Licantén. La insuficiencia en la cobertura de servicios básicos constituye un obstáculo para la mejora en las condiciones de vida y limita el desarrollo territorial.

El impacto del cambio climático introduce una complejidad adicional en la administración del recurso. El aumento en la frecuencia e intensidad de sequías compromete no solo la disponibilidad sino también la calidad del agua. Los incendios forestales, particularmente en la precordillera de Linares y Curicó y en el secano interior de Cauquenes, contribuyen a la degradación de las cuencas hidrográficas y la erosión del suelo, afectando fuentes críticas como el río Lontué (BNA 070) y el río Claro (BNA 073-1). La contaminación por agroquímicos y desechos industriales en cuerpos de agua como el humedal de Putú y la desembocadura del río Mataquito acentúa la crisis ecológica, comprometiendo la resiliencia hídrica de la región.

Las deficiencias en la gobernanza del agua son un factor estructural que limita la capacidad de respuesta. La falta de articulación interinstitucional y la ausencia de una autoridad con atribuciones de mediación agravan los conflictos entre usuarios, especialmente entre el sector agrícola y el urbano. A pesar de la existencia de Juntas de Vigilancia y Comunidades

de Aguas en sectores clave como el valle de Longaví y el río Claro, la informalidad y la carencia de recursos financieros limitan su capacidad de gestión. La formalización de todas las organizaciones de usuarios y la creación de una entidad que medie en la resolución de disputas son pasos fundamentales para una administración eficiente y equitativa del recurso.

Para mitigar los impactos de este escenario y fortalecer la seguridad hídrica, se requieren estrategias multidimensionales. La modernización de la infraestructura hídrica es prioritaria, lo que implica la rehabilitación y construcción de tranques comunitarios en San Clemente, Parral y Empedrado, así como la implementación de sistemas de riego tecnificado en zonas de alta demanda como Molina y Retiro. En la provincia de Linares, la pérdida por infiltración en canales de riego demanda la formulación de planes maestros de mantención y reparación para optimizar la eficiencia en la conducción del agua.

El enfoque de gestión integrada del recurso hídrico debe fortalecerse mediante la formalización de organizaciones de usuarios de aguas rurales en sectores como Curepto y Rauco, además de la implementación de programas de recarga de acuíferos en cuencas vulnerables como la del río Achibueno (BNA 073-2). La coordinación interinstitucional es esencial para garantizar inversiones estratégicas que resuelvan las necesidades más urgentes, priorizando aquellas que permitan garantizar un acceso equitativo al recurso y reduzcan la presión sobre fuentes hídricas en declive.

La restauración ecológica debe ser una prioridad para la sustentabilidad hídrica. El aseguramiento de caudales ecológicos en ríos y humedales estratégicos debe complementarse con medidas de mitigación de la contaminación por agroquímicos en áreas agrícolas intensivas como Sagrada Familia y Romeral. Asimismo, la infraestructura resiliente al cambio climático debe incluir el desarrollo de sistemas de captación de aguas lluvias en el seco costero y la optimización de la Red Hidrométrica y de Calidad de Aguas de la DGA para mejorar el monitoreo y la gestión basada en evidencia científica.

El futuro hídrico de la Región del Maule depende de la implementación de un modelo de gestión integral y sostenible, donde la infraestructura, la gobernanza y la adaptación climática converjan en una estrategia coherente. Sin una intervención estructural y sostenida, la región enfrentará un escenario de escasez hídrica progresiva con consecuencias socioeconómicas y ambientales irreversibles. La acción inmediata y coordinada es fundamental para evitar un colapso del sistema de abastecimiento y asegurar la sostenibilidad del desarrollo regional en las próximas décadas.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

Este escenario optimista proyecta una región del Maule con una brecha de seguridad hídrica significativamente reducida y una capacidad de respuesta fortalecida de manera sostenible. Gracias a la implementación de estrategias innovadoras y sostenibles, la región ha logrado gestionar sus recursos hídricos con eficiencia, equilibrando la demanda entre el consumo humano, la agricultura, la industria y la conservación ambiental.

Las políticas públicas han permitido el desarrollo de infraestructura moderna, el uso de tecnologías avanzadas para la optimización del agua y un marco de gobernanza intersectorial que garantiza un uso responsable del recurso. A pesar de los desafíos climáticos, la región ha avanzado hacia un modelo de desarrollo hídrico resiliente y equitativo.

El desarrollo de infraestructura hídrica sostenible y adaptativa ha sido clave en este proceso. La expansión y modernización de los embalses en la región han mejorado la seguridad hídrica, destacando Laguna Maule (cuenca BNA 073) con una capacidad de 1.420 hm³, Bullileo (cuenca BNA 073) con 60 hm³, Digua (cuenca BNA 073) con 225 hm³ y Tutuvén (cuenca BNA 073) con 22 hm³. Estos embalses han asegurado una gestión eficiente de los volúmenes embalsados ante proyecciones de disminución de la oferta hídrica superficial.

Asimismo, la construcción y rehabilitación de tranques comunitarios y canales de riego han mejorado la distribución del agua, reduciendo las pérdidas por evaporación y filtración. En la región existen aproximadamente 8.900 km de canales, de los cuales cerca del 75% se encuentran en la cuenca del río Maule (BNA 073). En otras cuencas, como las de Mataquito (BNA 071) y Rapel (BNA 060), la presencia de canales es menor o nula.

Se han desarrollado infraestructuras para la recarga artificial de acuíferos en zonas estratégicas, asegurando una fuente alternativa de agua, particularmente en sectores rurales de Curicó y Talca, donde la dependencia del recurso subterráneo es mayor. La implementación de una planta desalinizadora en Licantén, en la cuenca del río Mataquito (BNA 071), ha permitido transformar 250 m³ de agua de mar potable por día, beneficiando especialmente a la población urbana y rural con escasez de fuentes seguras de agua potable. Sin embargo, no se han desarrollado otras plantas desalinizadoras en la región, lo que limita la diversificación de fuentes de abastecimiento.

El uso eficiente del agua ha sido otra pieza fundamental en este escenario. La eficiencia en el uso del agua potable en zonas urbanas ha mejorado mediante tecnologías de monitoreo y reducción de pérdidas, aunque en 2022 se estimó una pérdida del 42% en la distribución, con niveles superiores al 50% en Lontué y Los Queñes, mientras que Chanco, Pelarco, Curepto y Alto de Zapallar registraron pérdidas menores al 20%.

En zonas rurales, el acceso al agua potable ha sido desigual, con un 16,7% a 25% de las viviendas sin conexión a sistemas de agua potable rural (APR). En cuencas como las Costeras Maule y Límite Región (BNA 074) y el río Mataquito (BNA 071), la población con APR ha crecido un 26% y 16% respectivamente, aumentando la presión sobre la infraestructura existente. A pesar de esto, la brecha de información sigue siendo significativa, abarcando entre un 14,1% y un 23,1% del total de viviendas rurales.

En cuanto al saneamiento, el 44,4% a 52,8% de la población rural no posee acceso a alcantarillado, con una brecha de información de entre 5,6% y 39%. Esta situación se agrava en comunas como Curepto, Licantén y Empedrado, donde la falta de infraestructura sanitaria afecta directamente la calidad del agua y la salud de la población.

El impacto del cambio climático en la oferta hídrica ha sido abordado mediante estudios detallados y la adaptación de políticas de gestión. La conservación de humedales y ecosistemas acuáticos, como el Humedal Llico en Vichuquén y el estero Piduco en Talca, ha mejorado la calidad del agua y mantenido el caudal ecológico.

Las implicancias de este escenario son diversas. En términos de seguridad hídrica, el crecimiento de la industria manufacturera y la agricultura han aumentado la presión sobre los recursos hídricos. La demanda hídrica de la industria manufacturera se prevé que aumente en un 153% entre 2023 y 2055, lo que podría generar conflictos por el uso del recurso si no se establecen regulaciones estrictas. En el sector agrícola, la eficiencia de riego, que actualmente varía entre 60% y 75%, podría optimizarse mediante la implementación de riego tecnificado en cultivos de alta demanda hídrica como vides y parronales, especialmente en las cuencas de los ríos Maule (BNA 073) y Mataquito (BNA 071).

Para evitar estas consecuencias, se han implementado estrategias clave. La optimización de la gestión de riego mediante programas de capacitación y tecnologías avanzadas ha permitido mejorar el uso del agua en la agricultura. Se ha fortalecido la infraestructura de almacenamiento de agua, priorizando embalses y reservorios comunitarios para garantizar un suministro estable. La promoción de la reutilización de aguas residuales tratadas en sectores productivos ha reducido la dependencia de fuentes tradicionales. La implementación de incentivos para la eficiencia hídrica en industrias y agricultura ha motivado el desarrollo de prácticas sostenibles. Finalmente, se han desarrollado planes de contingencia climática para mitigar los efectos de eventos extremos y asegurar la resiliencia de la región.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de Maule se distingue por la presencia de dos sistemas hidrográficos que dan nombre a las cuencas más relevantes de la región: Río Mataquito (BNA 071) y Río Maule (BNA 073). En estas cuencas se concentra tanto la demanda hídrica como el desarrollo socioeconómico de la región. Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1. El sector agrícola presenta la mayor demanda, mientras que se proyecta un aumento del 10% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola^{5 6} y a la baja eficiencia en el riego, que se estima en un 67% promedio regional. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Río Mataquito (BNA 071), Costeras R. Mataquito – R. Maule (BNA 072), Río Maule (BNA 073) y Costeras R. Maule – Límite Región (BNA 074).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, siendo las más afectadas Costeras entre Límite Región – R. Mataquito (BNA 070) y Costeras entre R. Maule – Límite Región (BNA 074), con descensos del 27% y 25%, respectivamente. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que la cuenca Costeras Rapel – E. Nilahue (BNA 061), Río Mataquito (BNA 071) y Río Maule (BNA 073), presentan estrés hídrico. Este estrés se caracteriza por cuencas con recursos donde la demanda no supera la oferta disponible con un 85% de probabilidad de excedencia, sin embargo, presentan restricciones en sus fuentes subterráneas. En particular, la cuenca Río Rapel (BNA 060) presenta restricciones en sus fuentes superficiales y subterráneas. Estas condiciones hacen que las cuencas sean 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

⁵ Asociado a un aumento de la demanda hídrica de superficies de viñas y parronales, debido al incremento de las superficies de estos cultivos, aumento de las tasas evapotranspirativas y a una reducción de la superficie dedicada a cultivos.

⁶ Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021)

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

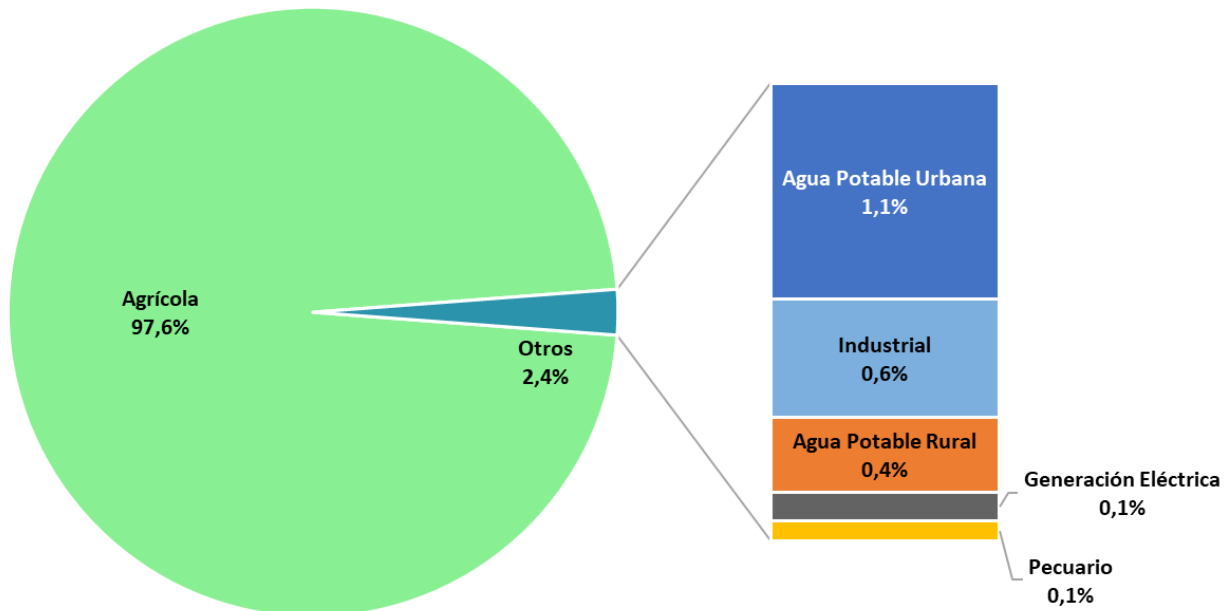
enfrenta considerables presiones. En las áreas rurales, entre el 16% y 25% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que se observan periodos de sobreexplotación de los recursos hídricos rurales de 17%, además la falta de información afecta hasta el 23,1% de las viviendas rurales, situación que limita el desarrollo de estrategias integrales. Por otra parte, el 53% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado. En las zonas urbanas, la situación es menos compleja, la cobertura alcanza un 96,3% y las pérdidas de los sistemas de distribución promedian⁸ un 37%, si bien esta situación representa una menor vulnerabilidad, se deben tomar medidas para reducir esta brecha. En cuanto a la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua la región se encuentra en una situación favorable, con eficiencias de riego que varían entre el 60% y 75%, sin embargo, de acuerdo a la proyección de aumento en la demanda hídrica agrícola mencionado anteriormente, se requiere promover la conservación de canales y la eficiencia del sector para minimizar las pérdidas. Se observan limitaciones en torno a las OUAs⁹, solo se registran JV o CAS para las cuencas Río Mataquito (BNA 071) y Río Maule (BNA 073). La región enfrenta limitaciones significativas en la diversificación de la matriz hídrica. El almacenamiento promedio de los embalses de la región alcanza un 25% de su capacidad, por su parte la disminución de más del 20% de la oferta hídrica superficial de las cuencas Costeras R. Rapel – E. Nilahue (BNA 061), Costeras entre Límite Región – R. Mataquito (BNA 070), Costeras R. Mataquito – R. Maule (BNA 072) y Costeras R. Maule – Límite Región (BNA 074), evidencian la importancia de diversificar las fuentes de abastecimiento hídrico. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos y proyecciones para uso de fuentes no convencionales en las cuencas Costeras entre Límite Región – R. Mataquito (BNA 070) y Río Mataquito (BNA 071).

La calidad del agua constituye un desafío crítico para la región. Debido a su intensa actividad agrícola, las cuencas Río Rapel (BNA 060), Río Mataquito (BNA 071) y Costeras R. Maule y Límite Región (BNA 074), presentan altos niveles de contaminación por agroquímicos, con concentraciones de nitratos mayores al límite permitido. De igual forma, se observa un gran deterioro de la calidad de agua en todas las cuencas de la región, atribuido a descargas de aguas servidas (cobertura de alcantarillado menor al 70%) y a la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Además, se observan riesgos de contaminación por relaves abandonados y grandes presiones a los recursos hídricos debido a brechas de información con respecto a la oferta hídrica disponible y el caudal de protección ambiental para las cuencas Río Rapel (BNA 060), Costeras R. Rapel – E. Nilahue (BNA 061), Costeras entre Límite Región – R. Mataquito (BNA 070) y Costeras R. Mataquito – R. Maule (BNA 072). Por otra parte, se observan un cambio significativo en el uso de suelo, lo que pone en riesgos los ecosistemas cercanos especialmente en las cuencas Río Rapel (BNA 060), Río Mataquito (BNA 071) y Río

⁸ Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.

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

Maule (BNA 073). Además, se observa un bajo nivel de protección ecosistémica especialmente en las cuencas Río Rapel (BNA 060), Costeras R. Rapel – E. Nilahue (BNA 061), Río Mataquito (BNA 071) y Río Maule (BNA 073, que no alcanzan el 5% de protección de superficie de humedales, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Todas las cuencas de la región exhiben alta vulnerabilidad a eventos extremos asociados a precipitaciones intensas, debido a la insuficiencia de los sistemas de defensa aluvial, lo que agrava los impactos ante eventos de crecidas.



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 Maule

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹⁰	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹¹
			Superficiales	Subterráneas	
060	Río Rapel	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
061	Costeras Rapel - E. Nilahue	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
070	Costeras entre limite Región y R. Mataquito	Con recursos	No	No	Con recursos
071	Río Mataquito	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
072	Costeras Mataquito - Maule	Con recursos	No	No	Con recursos
073	Río Maule	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
074	Costeras Maule y Limite Región	Con recursos	No	No	Con recursos

Fuente: Elaboración propia.

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.

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

En la región de Maule se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas Río Rapel (BNA 060), Río Mataquito (BNA 071), Costeras R. Mataquito – R. Maule (BNA 072) y Río Maule (BNA 073). Paralelamente, en el ámbito productivo se han formulado Planes de Riego orientados a promover un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos destinados al riego en las cuencas Río Rapel (BNA 060), Río Mataquito (BNA 071) y Río Maule (BNA 073). A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de extender el desarrollo de instrumentos de gestión, como Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC) y Planes de Riego, a aquellas cuencas que carecen de herramientas similares. Para un análisis más detallado, se recomienda consultar el Capítulo 3 del Informe Nacional.

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

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

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) lidera la gestión de infraestructura hídrica mediante planificación estratégica, regulación y coordinación interinstitucional, buscando garantizar la sostenibilidad y disponibilidad de los recursos hídricos. Su Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 (PNIP) establece una estrategia para abordar los desafíos hídricos futuros, adaptándose a cambios climáticos y socioeconómicos, promoviendo soluciones sostenibles.

En la región del Maule, actores como el Gobierno Regional, INDAP, CNR, SEREMI MMA, CEN, CONAF, OUAs¹², Empresa Sanitaria Nuevo Sur S.A., empresas del sector agrícola e hidroeléctrico, desempeñan roles clave. Aunque el MOP destaca por su capacidad técnica, enfrenta desafíos como la fragmentación organizativa y falta de continuidad en políticas. Es esencial fortalecer la articulación local, fomentar la confianza y asegurar una gobernanza colaborativa y resiliente, adaptada a realidades territoriales.

¹² INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; CNR: Comisión Nacional de Riego; SEREMI MMA: Secretaría Regional Ministerial del Ministerio del Medio Ambiente; CEN: Coordinador Eléctrico Nacional; CONAF: Corporación Nacional Forestal; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Aguas.

8.4 FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN 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 Maule, la estrategia se centra en desarrollar una red de infraestructura de recursos hídricos eficiente y sostenible, que priorice el acceso equitativo al agua potable y saneamiento. Este sistema busca promover una gestión integrada y adaptada al cambio climático, con tecnologías innovadoras y eficientes, con énfasis en el monitoreo y preservación de los ecosistemas, y la mitigación de los riesgos siconaturales, asegurando la resiliencia territorial.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la gestión de los recursos hídricos es una problemática de creciente complejidad. Los sistemas de abastecimiento y saneamiento se encuentran sometidos a gran presión, debido al incremento en la demanda y la sobreexplotación de los acuíferos (17%), lo que deriva en una baja capacidad de tratamiento de aguas residuales y elevados niveles de pérdidas en la distribución del agua. Las fuentes de abastecimiento no convencionales son insuficientes para atender la demanda de agua potable. Los aumentos en la demanda agrícola (+9%), impulsados por la expansión de cultivos con alta demanda de riego, y las ineficiencias en la infraestructura hídrica posicionan al sector agrícola en un estado de vulnerabilidad creciente. La ausencia de regulaciones rigurosas en el control de uso de agroquímicos e incentivos para la adopción de tecnologías eficientes, intensifican la degradación de los recursos hídricos, especialmente en zonas altamente productivas como Rauco y Longaví. El incremento significativo en la demanda hídrica del sector industrial ha intensificado las presiones sobre los recursos, en disponibilidad y calidad, comprometiendo la sostenibilidad y asignación del agua para usos productivos y domésticos a largo plazo. La degradación y contaminación latente de los ecosistemas acuáticos ha reducido la capacidad de regulación natural de estos, intensificando procesos de degradación y la incidencia de eventos extremos, como incendios e inundaciones. La falta de OUAs y el déficit en la gobernanza del agua ha propiciado la sobreexplotación de los recursos. En un escenario de *Desafío Gestionable*, los desafíos de seguridad hídrica se incrementan como resultado de la intensificación de la actividad agrícola e industrial, el crecimiento urbano y demográfico, y los efectos del cambio climático. En este escenario la región desarrolla una respuesta institucional con énfasis en medidas correctivas y adaptativas como la modernización de infraestructuras y la diversificación de fuentes de abastecimiento. Sin embargo, se requiere de un enfoque integral que dé solución a los desafíos hídricos de la

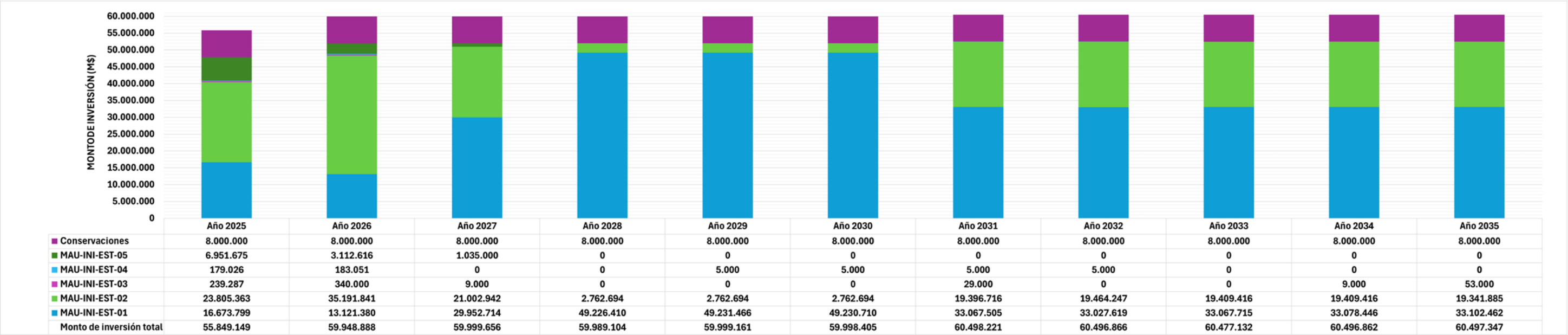
región desde un enfoque sostenible a largo plazo. En un escenario de *Capacidad Limitada*, se observa una estabilidad aparente en los desafíos de SH regionales, no obstante, esta estabilidad se ve comprometida por los efectos del cambio climático, el aumento de las demandas hídrica y las limitaciones institucionales y estructurales, en lo que respecta a la capacidad de adaptación y respuesta para garantizar la sostenibilidad a los recursos hídricos. Finalmente, en un escenario *Avance Sostenible*, se logran reducir los desafíos de SH mediante una gestión hídrica sostenible y resiliente, que equilibra las necesidades de consumo humano, agricultura, industria y conservación ambiental. Por medio de programas de inversión sostenidos en el tiempo y el desarrollo de un marco de gobernanza intersectorial, la región desarrolla proyectos de modernización e innovación de la infraestructura hídrica, que le permiten un desarrollo sostenible y resiliente a largo plazo.

8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVERGAR LA INCERTIDUMBRE

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

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

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



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en obras multipropósito diversificadas
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\$ 32.255.300 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 13.000 personas distribuidas principalmente en las cuencas Río Maule (BNA 073), Costeras R. Maule – Límite Región (BNA 074) y Río Mataquito (BNA 071), lo cual permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable.
- M\$ 8.010.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 24 estudios de recursos hídricos, 3 estudios de riego y 1 estudio de nuevas tecnologías. La inversión se distribuye principalmente en un 56% para la cuenca Río Maule (BNA 073), seguido de un 16% para la cuenca Río Mataquito (BNA 071) y un 16% que se distribuye equitativamente entre las cuencas Costeras entre Límite Región – R. Mataquito (BNA 070) y Costeras R. Maule – Límite Región (BNA 074).
- M\$ 323.500 de inversión para el Diseño y Construcción de Planta Desaladora, con un beneficio para 300 personas en la cuenca Río Maule (BNA 073).
- M\$ 228.061.300 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 28.000 ha a nivel regional; y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 357.000 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.
- M\$ 6.550.500 de inversión para el Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos, equivalente a más de 290.000.000 m³ de volumen de recarga de agua, aumentando la oferta en la matriz hídrica.
- M\$ 39.563.400 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 340 hectáreas de riego en la región.
- M\$ 6.410.000 de inversión para el desarrollo de Regularización de Derechos de Agua en Captaciones; la Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios, y el Plan de Seguimiento a Planes de Riego.
- M\$ 473.150.000 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 270 hm³/año y; M\$ 53.755.300 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 440 hectáreas.

- M\$ 21.801.500 de inversión en Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas, equivalente a 5 km de protección de riberas y 5 estudios de Diagnóstico de Comportamiento Aluvial, asignados a las cuencas Río Maule (BNA 073) y Río Mataquito (BNA 071), con un 60% y 40%, respectivamente.
- M\$ 32.508.500 de inversión para Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición y Restauración de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas, equivalente a 11 km de protección de riberas frente a riesgos fluviales y 5 estudios de Diagnostico del Comportamiento Fluvial. La inversión se encuentra asignada a las cuencas Río Maule (BNA 073), Río Mataquito (BNA 071), y a inversiones con enfoque regional.
- M\$ 81.674.000 de inversión para Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, equivalente a la construcción de 17 km de Colectores de Aguas Lluvias, la construcción de 10 km de canales de aguas lluvias y al desarrollo de 9 Planes Maestro de Aguas Lluvias. La inversión está mayoritariamente asignada la cuenca Río Maule (BNA 073) con un 74% de la inversión y seguida por la cuenca Río Mataquito (BNA 071) con un 26% de la inversión para este ítem.

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 San Pedro. (2023). *Aguas San Pedro*. Obtenido de Planes de desarrollo: https://www.aguassanpedro.cl/planes_desarrollo/
- Amulén. (2021). *En Línea Maule, 29 de julio 2021, Localidad de Linda Vista de Empedrado, tendrá un sistema de generación de agua potable y segura por primera vez*. Obtenido de <https://www.fundacionamulen.cl/2021/07/29/en-linea-maule-29-de-julio-2021-localidad-de-linda-vista-de-empedrado-tendra-un-sistema-de-generacion-de-agua-potable-y-segura-por-primera-vez/>
- Amulén. (2021). *Nace la primera “Escuela de Lluvia” en Chile*. Obtenido de <https://www.fundacionamulen.cl/2021/11/17/el-mostrador-17-de-noviembre-2021-nace-la-primera-escuela-de-lluvia-en-chile/>
- 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 Coquimbo*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region4/clima.htm>
- BCN. (2023). *Clima y vegetación Región del Maule*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región del Maule*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7/hidrografia.htm>
- BDE. (2022). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BDE. (2024). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_VII_ACT_N/637899751648618152
- BIG DATA ULS. (2023). *Embalses Región de Coquimbo, BigData ULS 2022*. Obtenido de <https://bigdatauls.userena.cl/dashboards/embalses-region-de-coquimbo/>
- 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*.
- CEHUM. (2022). *Proyecto ANID Sequía Humedales Depuradores: Reutilizando agua para la agricultura*. Obtenido de <https://cehum.org/proyecto-anid/>
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Concesiones sanitarias: cómo se insertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N°48). Retrieved from <https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2023/04/aj-47-concesiones-sanitarias-como-se-insertan-en-el-actual-modelo-de-gestion-colectiva-de-las-aguas-natalia-dasencich.pdf>
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNR. (2014). *Diagnóstico de zonas de recarga en cuencas del secano Maule VII Región del Maule*.
- CNR. (2015). *Estudio Básico: "Análisis de alternativas piloto de recarga artificial Lontué"*.
- CNR. (2016). *Planes de Riego cuencas: qda. Concordia; río Lluta; río San José (Valle de Azapa)*.
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- Colbun. (2022). *Central La Mina implementó proyecto de cosecha y utilización eficiente de aguas lluvias y nieve*. Obtenido de <https://www.colbun.cl/corporativo/sala-de-prensa/noticias-y-comunicados/detalle/central-la-mina-implemento-proyecto-de-cosecha-y-utilizacion-eficiente-de-aguas-lluvias-y-nieve>
- CONAF. (2009). *Catastro de usos de suelo y vegetación*.
- Cooperativa. (2022). *Entra en funciones nueva planta desalinizadora de agua en Iloca*. Obtenido de <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-del-maule/entra-en-funciones-nueva-planta-desalinizadora-de-agua-en-iloca/2022-12-20/091645.html>
- Cooperativa de Agua Sagrada Familia. (2021). *Cooperativa de Agua Sagrada Familia*. Obtenido de <https://coopaguasagradafamilia.com/documentos/>
- COOPESSMA. (2019). *COOPESSMA*. Obtenido de <https://coopessma.cl/biblioteca.php>
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/>
- DGA. (2017). *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d28ba07a-b472-4b6d-96db-628a3d3851e5/content>
- DGA. (2018). *Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas de la Región del Maule*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/sad/CQA5764.pdf>
- DGA. (2020). *Embalses - Inventarios*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>

- DGA. (2020). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HIDRICA EN LA CUENCA DEL MAULE*. Santiago.
- DGA. (2020). Plan Estratégicos de Gestión Hidrica.
- DGA. (2021). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en cuencas costeras Mataquito - Maule*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126392>
- DGA. (2022a). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO RAPEL*. Santiago.
- DGA. (2022b). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO*. Santiago.
- DGA. (2022c). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN CUENCAS COSTERAS MATAQUITO - MAULE*. Santiago.
- DGA. (2023). *Áreas de restricción*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/areasderestriccion.aspx>
- DGA. (Noviembre de 2023). *Catastro publico de aguas*. Obtenido de Derechos Concedidos XV : https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Decretos declaración zona de escasez vigentes*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2023). *Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA*. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2023). *Zonas de prohibición*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/zonadeprohibicion.aspx>
- DGOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- Dictuc. (2021). *Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental u otros Instrumentos de Gestión relacionados a Calidad del Agua*.
- DIRPLAN. (2012). *Metodología de evaluación socioeconómica ex ante de planes territoriales de infraestructura y gestión de recurso hídrico — MOP*. Santiago.
- DIRPLAN. (2024). *Estudio básico: Análisis integral Plan Director de Infraestructura 2025-2055*. Santiago.

- DOH. (2021). *Listado de Sistemas de Agua Potable Rural en Chile*. Obtenido de <https://datos.gob.cl/dataset/listado-de-sistemas-de-agua-potable-rural-en-chile>
- DOH. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Obtenido de <https://www.emdat.be/>
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- GORE Magallanes. (2012). *Estrategia regional de desarrollo de Magallanes y La Antártica Chilena 2012-2020*. Punta Arenas.
- GORE Maule. (2021). *Se realizó visita inspectiva a planta desalinizadora de Licantén*. Obtenido de <https://www.goremaule.cl/goremauleVII/2021/12/13/se-realizo-visita-inspectiva-a-planta-desalinizadora-de-licanten/>
- GORE Maule. (2022). *Estrategia Regional de Desarrollo*.
- INE. (1997). *Censo Nacional Agropecuario*.
- 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). *Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR)*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- Larraín, S. (2010). *Conflictos por el Agua en Chile*.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- MOP. (2012). *Plan de Infraestructura y Gestión de Recursos Hídricos al 2021*.
- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región del Maule*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=10
- MOP. (2018). *PLAN CHILE 30/30. EL FUTURO NO SE ESPERA, SE CONSTRUYE*.
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2021). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico*.
- MOP. (2023). *Inventario de planes 2023*.
- MOP. (2023). *Inventario de Planes MOP 2023*. Obtenido de Plan de Infraestructura para Caletas Rurales Región de Coquimbo:

- https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/inventarioplanes/Documents/Inventario_de_Planes_MOP_2023.pdf
- Moreno, D., & Parraguez, C. (2015). Recarga Artificial de acuíferos en la cuenca del Río Maule: Determinación de sectores favorables y evaluación económica . *Congreso Geológico Chileno*.
- Nuevo Sur. (2023). *Nuevo Sur*. Obtenido de Planes de desarrollo: <https://www.nuevosur.cl/planes-desarrollo>
- ODEPA. (2022). Catastros Frutícolas. Santiago, Chile.
- PNUD . (2023). Medición de la Pobreza Multidimensional en Chile . En MIDESO, *Encuesta Casen 2022*. Obtenido de <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Informe%20IPM%20-%20PNUD%20-%20CASEN%202022.pdf>
- Publicas, M. d. (2018). Plan Chile 30/30. [/https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf](https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf).
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrdsenapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- Siddiqi, A., Ereiqat, 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). *Super Intendencia de Servicios Sanitarios*. Obtenido de SiSS: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-7244.html>
- SISS. (2023). *Informe de coberturas sanitarias 2022*. Santiago. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22927_recurso_1.pdf
- SISS. (2023). *Informe de gestión del sector sanitario 2022*. Santiago. Retrieved from https://www.siss.gob.cl/586/articles-22969_recurso_1.pdf
- SiSS. (2023). *Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- SUBDERE. (2018). *Se inaugura primera planta desalinizadora en Chile con recursos SUBDERE*. Obtenido de <https://www.subdere.gov.cl/sala-de-prensa/se-inaugura-primera-planta-desalinizadora-en-chile-con-recursos-subdere>
- Subdere. (2023). *División Política Administrativa 2023*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/36391/Divisi%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20Administrativa%202023>
- 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.