

**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 VALPARAÍSO

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	14
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	14
2.1.1	Dimensión física	14
2.1.2	Clima	18
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	19
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	20
2.2.1	Agua potable urbana	20
2.2.2	Agua potable rural	22
2.2.3	Agrícola	25
2.2.4	Generación eléctrica	28
2.2.5	Minero	29
2.2.6	Industrial	31
2.2.7	Forestal	32
2.2.8	Pecuario	33
2.2.9	Acuícola	34
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	35
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	36
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	38
2.3.1	Oferta hídrica	38
2.3.2	Eventos extremos	50
2.3.3	Calidad de aguas	52
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	55

3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	55
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	55
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	71
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	77
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	77
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	83
4.2.1	Brechas de Información	83
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	85
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	87
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	90
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	93
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	95
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	97
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	97
4.3.2	Identificación de brechas de Infraestructura	105
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	108
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	108
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	110
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	111
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	117
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	121
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	122
5.6.1	Beneficios de Inversiones	122
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	126
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN DE LAS INICIATIVAS	130
6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	130
6.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	133
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	134
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	139
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	139

7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	140
7.1.2	Factores críticos regionales	141
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	142
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	143
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	145
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	147
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	150
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA	
HÍDRICA	153	
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	153
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	156
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	156
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	157
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	157
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	158
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	158
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	161
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	162

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de Valparaíso.....	16
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Valparaíso	17
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	19
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	21
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	22
Figura 2.2-3	Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 y proyección hasta el año 2055	27
Figura 2.2-4	Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso- año 2023 ..	36
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	37
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	38
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de Valparaíso según clasificación BNA ..	39
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Valparaíso, por tipología	41
Figura 2.3-3	Restricciones de uso sobre fuentes superficiales, región de Valparaíso	42
Figura 2.3-4	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna. región de Valparaíso ..	43
Figura 2.3-5	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Valparaíso. por tipología	47
Figura 2.3-6	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas en la región de Valparaíso ..	48
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de Valparaíso 2017	59
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	60
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Valparaíso	61

Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región de Valparaíso según indicador BS13	62
Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	63
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Valparaíso	66
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de Valparaíso.....	70
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 052.....	79
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Valparaíso	80
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Valparaíso	82
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Valparaíso	96
Figura 4.3-1	Distribución geográfica de iniciativas catastradas sin ejecutar en periodo 2010-2022, asociadas a brechas de seguridad hídrica en la región de Valparaíso	103
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	109
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	110
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	112
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	113
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	135
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Valparaíso	136
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Valparaíso	137
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Valparaíso	138
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	155
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	159

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Valparaíso	20
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura, por cuenca BNA región de Valparaíso	23
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región de Valparaíso	24
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región de Valparaíso	24
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región de Valparaíso	25
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	26
Tabla 2.2-7	Estimación demanda hídrica consuntiva Generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	28
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica no consuntiva generación eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	29
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	30
Tabla 2.2-10	Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	32
Tabla 2.2-11	Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	33
Tabla 2.2-12	Estimación demanda hídrica pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	34
Tabla 2.2-13	Estimación demanda hídrica acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso	35
Tabla 2.2-14	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región Valparaíso	36
Tabla 2.2-15	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Valparaíso	37
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región Valparaíso	44

Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciar en periodo histórico 1985-2015.....	45
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región de Valparaíso	49
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual y proyectada de agua subterránea en región de Valparaíso	50
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	50
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de Valparaíso, periodo 1912-2017 .	51
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Valparaíso, periodo 2017-2023	52
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	57
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Valparaíso .	57
Tabla 3.1-3	Pozos de extracción distribuidos por cuenca.....	63
Tabla 3.1-4	Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región de Valparaíso .	67
Tabla 3.1-5	Obras de tramo colector presentes en la región de Valparaíso	67
Tabla 3.1-6	Estaciones de monitoreo de la región de Valparaíso.....	69
Tabla 3.1-7	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	71
Tabla 3.1-8	Iniciativas según tipologías y características básicas	72
Tabla 3.1-9	Iniciativas con estado de ejecución.....	72
Tabla 3.1-10	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Valparaíso	73
Tabla 3.1-11	Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región de Valparaíso	75
Tabla 3.1-12	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	75
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de Valparaíso	81
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Valparaíso	86
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Valparaíso	88
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Valparaíso (continuación).....	89
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Valparaíso	91
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Valparaíso (continuación).....	92
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Valparaíso.....	94
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Valparaíso	100
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Valparaíso (continuación).....	101

Tabla 4.3-3	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Valparaíso	107
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	110
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	111
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-INI-EST-01 .	114
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-INI-EST-02 .	114
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-INI-EST-03 y VAL-INI-EST-06	115
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-INI-EST-04 .	116
Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-INI-EST-05 .	116
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	117
Tabla 5.5-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	121
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	123
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	127
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	132
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Valparaíso	155

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

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

1.1 INTRODUCCIÓN

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

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.

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

1.2.1 Visión objetivo

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

En este contexto, se define una imagen objetivo donde la región de Valparaíso es *“[...] reconocida por el turismo y patrimonio natural [...]”* así como por *“[...] su importancia oceánica, tanto por su territorio insular como la importancia de sus puertos, asume los impactos del cambio climático y los enfrenta, junto a otros actores, con una gestión sostenible, resiliente y transparente, que logra que los servicios públicos de infraestructura sean armónicos con sus espacios vitales [...]”* ya sea para *“[...] la seguridad hídrica, para la prevención y protección de sus zonas continentales e insulares y para su vida diaria [...]”*. La región constituye una comunidad donde *“[...] la cooperación y el trabajo integrado en servicios y gestión de infraestructura pública, aumentan el valor [...]”* de áreas logísticas como *“[...] turismo, de industrias creativas, de agroindustria, de minería, de energía u otras [...]”*.

La región *“[...] promueve la decisión colectiva de levantar una frontera a la desertificación en el borde norte de la macro zona central de Chile mediante el acceso a nuevas fuentes de agua asegurando la cobertura, continuidad y el mejoramiento de los servicios sanitarios rurales, con una mejor gestión y protección de cuencas, cauces y bordes costeros [...]”*, *“[...] mejorando la calidad de vida de sus ciudadanos, preservando con fuerza su vitalidad en el mundo rural, incluyendo en él a las industrias agrícolas y mineras comprometidas con el territorio humano que les cobija [...]”*. En ese sentido, la región se integra *“[...] a toda la institucionalidad pública necesaria, usando lo mejor de los acuerdos público-privados que se alinean con la sostenibilidad económica, social y ambiental, fortaleciendo las capacidades y autonomía de las decisiones regionales, ejercida en modelos de gobernanza y de*

asociación que propendan al uso concordado, eficiente y equitativo de los recursos naturales, especialmente el agua [...]”.

A continuación, se presenta el objetivo estratégico general y los objetivos estratégicos específicos los cuales se han definido a partir de la revisión y análisis del Estudio de Análisis Integral Desarrollado para el Plan Director 2025-2055 (DIRPLAN, 2024), los Planes de Riego de la cuenca Aconcagua (CNR, 2016) y de las cuencas de los ríos La Ligua y Petorca (CNR, 2016), los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGHs) desarrollados dentro de la región (DGA, 2021), los Planes de Estrategias Regionales del Gobierno Regional de Valparaíso (GORE Valparaíso, 2012), y por último el inventario de planes del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2023). El detalle del análisis realizado se presenta en el Anexo 06.05.02.

1.2.2 Objetivo estratégico general

Implementar una estrategia integral de gestión de los recursos hídricos en la región de Valparaíso, abordando desafíos como la escasez, la contaminación y la vulnerabilidad socioambiental, a través de acciones como la mejora de la infraestructura sanitaria y de producción de agua, el fortalecimiento de la gestión y monitoreo, la promoción de la investigación y la innovación tecnológica, y la adopción de medidas para la conservación y restauración de ecosistemas clave para la regulación hídrica y la biodiversidad; incluyendo declaraciones de áreas protegidas, el desarrollo de un turismo sostenible y una infraestructura resiliente para la prevención de riesgos provenientes de eventos climáticos extremos.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Implementar políticas públicas para asegurar la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en zonas con menor acceso, priorizando el consumo humano y saneamiento. Esto incluirá mejorar la infraestructura sanitaria, crear nuevas fuentes hídricas, y fortalecer la gestión y monitoreo en áreas como Quintay, Tunquén, Las Dichas y la cuenca del río Aconcagua. Por otra parte, se actualizarán protocolos para asegurar la calidad del agua en pozos APR, con un enfoque en la participación comunitaria y la equidad de género en áreas rurales.
2. Asegurar el acceso equitativo y sostenible al agua y saneamiento en la región, reduciendo la vulnerabilidad a riesgos socionaturales. Priorizar la construcción de infraestructura multipropósito, como embalses, desaladoras y sistemas de recolección de aguas lluvias, así como la reutilización de aguas residuales para mejorar la disponibilidad de agua en áreas con escasez. Promover la investigación de nuevos recursos hídricos y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios básicos, especialmente en zonas rurales, contribuyendo a la economía circular del agua.

3. Fomentar la producción agrícola sostenible mediante la modernización de la infraestructura de riego, la adopción de tecnologías avanzadas, y la diversificación de fuentes hídricas para optimizar el uso del agua. Esto incluye programas para mejorar la eficiencia del riego en áreas estratégicas como el valle de Putaendo y la cuarta sección del río Aconcagua, así como fortalecer las comunidades de aguas subterráneas en la cuenca Estero Casablanca. Se promoverá una colaboración estrecha entre usuarios de agua e instituciones, facilitando la organización y gestión conjunta, la incorporación de sistemas de telemetría, y la creación de mesas de negociación para una gestión hídrica más eficiente. Además, se evaluarán proyectos de trasvase de agua y se modernizarán las prácticas de gestión del recurso hídrico, garantizando su disponibilidad para la agricultura de manera sostenible.
4. Promover la gestión sostenible del agua en la región mediante la construcción de embalses, incorporación de nuevas fuentes de agua e infraestructura para riego, apoyando además la restauración de ecosistemas para retener agua. A su vez, se busca fomentar la innovación tecnológica en riego y la mejora de la infraestructura de distribución, asegurando un suministro resiliente que potencie el desarrollo económico local y la sostenibilidad ambiental.
5. Promover la conservación y restauración de ecosistemas esenciales para la regulación del agua y la biodiversidad, mediante acciones como la reforestación, la protección de zonas ribereñas, y la revisión y mejora de las estrategias de conservación. Fomentar el desarrollo de un sistema integrado de gestión de destinos turísticos basado en la ecohidrología, donde el paisaje se reconozca como un componente vital para la diversidad biológica, hidrológica y sociocultural. Asimismo, se apoyará la realización de estudios de caudal ambiental en cursos fluviales que alimentan humedales costeros, con el fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico, promoviendo prácticas sostenibles que prevengan la degradación del suelo y la desertificación en la región.
6. Fortalecer la protección y gestión sostenible del patrimonio natural, promoviendo la conservación de ecosistemas urbanos y rurales a través de la implementación de sistemas de monitoreo, la promoción de la economía circular, y el desarrollo de infraestructuras resilientes. Se prioriza la evaluación y protección de ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la declaración de áreas protegidas y la incorporación de parámetros microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua. Además, se busca fomentar la investigación sobre la salud y resiliencia de los ecosistemas locales, para adaptarse a los cambios climáticos y presiones humanas, asegurando la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y la provisión hídrica en la región.

7. Promover el cuidado del patrimonio natural y a la población urbana y rural a través del reforzamiento de infraestructuras resilientes para la prevención y mitigación de riesgos hidrológicos que asegure, además, el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico para las necesidades de la población y las actividades productivas.

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 06.01 del presente estudio.

2.1.1 Dimensión física

En la caracterización física destaca la presencia de tres importantes valles transversales que recorren la región de este a oeste, conocidos como los valles de Aconcagua, estero Casablanca, río Ligua y río Petorca. Estos valles, con su morfología particular, favorecen el desarrollo de la actividad agrícola, siendo fundamentales para la economía local. Se identifican los ríos Aconcagua, Petorca, La Ligua y la desembocadura del río Maipo como los principales cursos dentro del sistema hidrográfico regional, los cuales proporcionan recursos hídricos vitales para la región. La hidrografía de la región se puede observar en la Figura 2.1-1, mayor detalle revisar el anexo 06.01. En términos geológicos, la región presenta una distribución lito-crono-estratigráfica principalmente de norte a sur, con una variedad de edades en las rocas estratificadas debido a los diferentes procesos geológicos que han ocurrido a lo largo de la historia del margen occidental de Sudamérica.

En cuanto a la distribución del uso de suelo en la región de Valparaíso, se observa que cerca del 68% de la superficie se clasifica como praderas y matorrales, seguido por los bosques, que representan alrededor del 49% del territorio. Los terrenos agrícolas ocupan aproximadamente el 19%, mientras que las áreas urbanas e industriales abarcan alrededor del 7% (IDE & MiNAGRI, 2019)

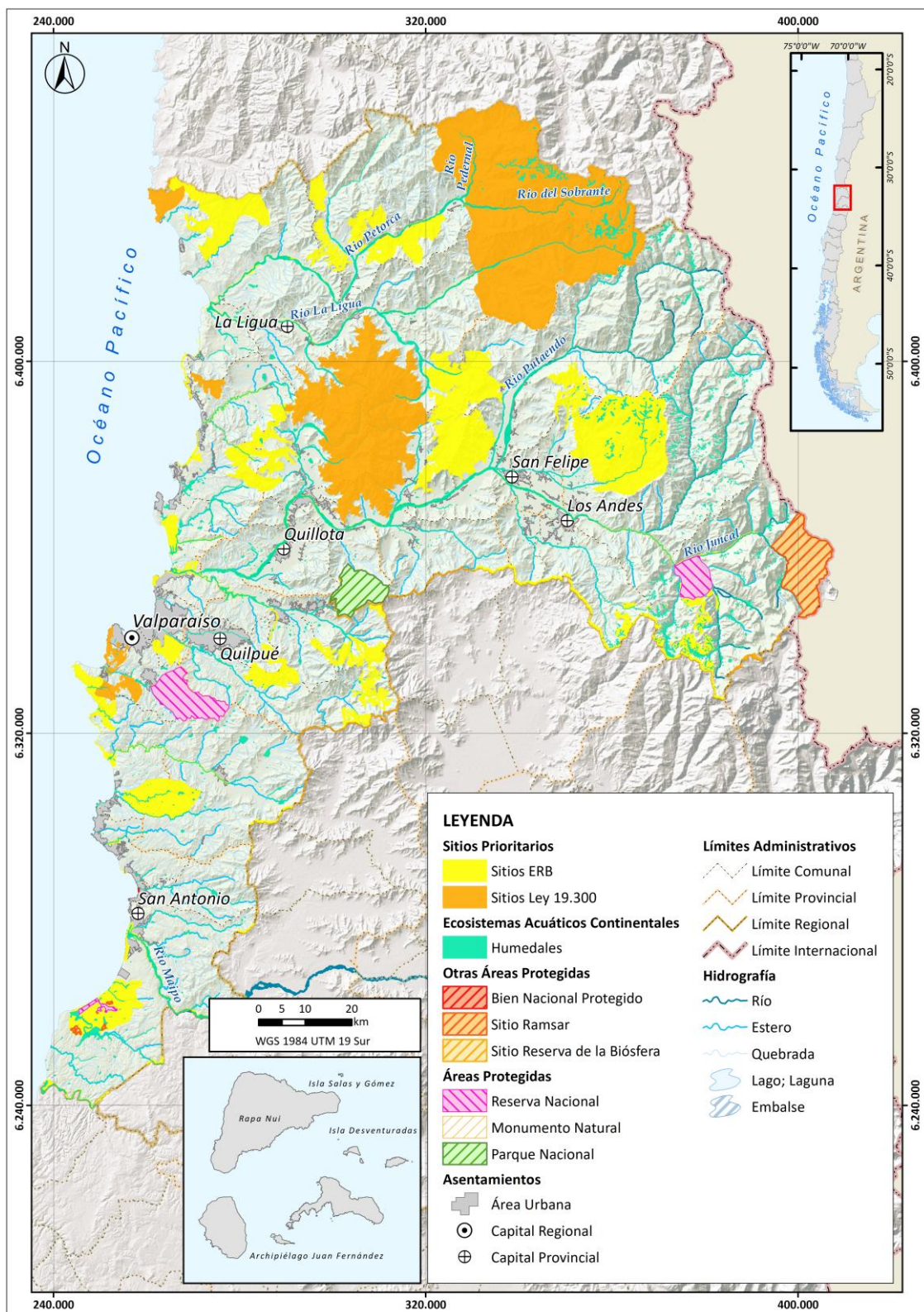
En el ámbito ambiental, se han identificado diversas áreas con diferentes niveles de protección de la biodiversidad en las cuencas Río Aconcagua, Río Petorca, Costeras

Quilimarí – Petorca, Río Ligua, Costeras Ligua – Aconcagua, Costeras entre Aconcagua y Maipo, y Costeras entre Maipo y Rapel, según el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Entre estas áreas destacan el Parque Nacional La Campana y la Reserva Nacional Lago Peñuelas, que constituyen importantes reservas naturales en la región (ver Figura 2.1-2). Sin embargo, la protección de humedales en las cuencas de la región de Valparaíso presenta diferentes niveles de criticidad. Las cuencas Costeras Quilimarí-Petorca, Río Petorca, Río Ligua, Costeras Ligua-Aconcagua, Río Aconcagua y Río Maipo muestran una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales inferiores al 4%. Por otro lado, las cuencas Costeras entre Aconcagua y Maipo, y Costeras entre Maipo y Rapel exhiben una criticidad media, con porcentajes de protección que varían entre el 13% y el 25%. Por su parte, la Cuenca Isla del Pacífico presenta una criticidad baja, ya que tiene un 95% de protección. Esta evaluación subraya la necesidad urgente de mejorar la gestión y protección de los humedales en la región para mitigar los impactos negativos en los recursos hídricos y garantizar la sostenibilidad ambiental a largo plazo (ver sección 4.2.4 para más detalles sobre la evaluación de la brecha hídrica y la pérdida de servicios ecosistémicos).



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

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región de Valparaíso

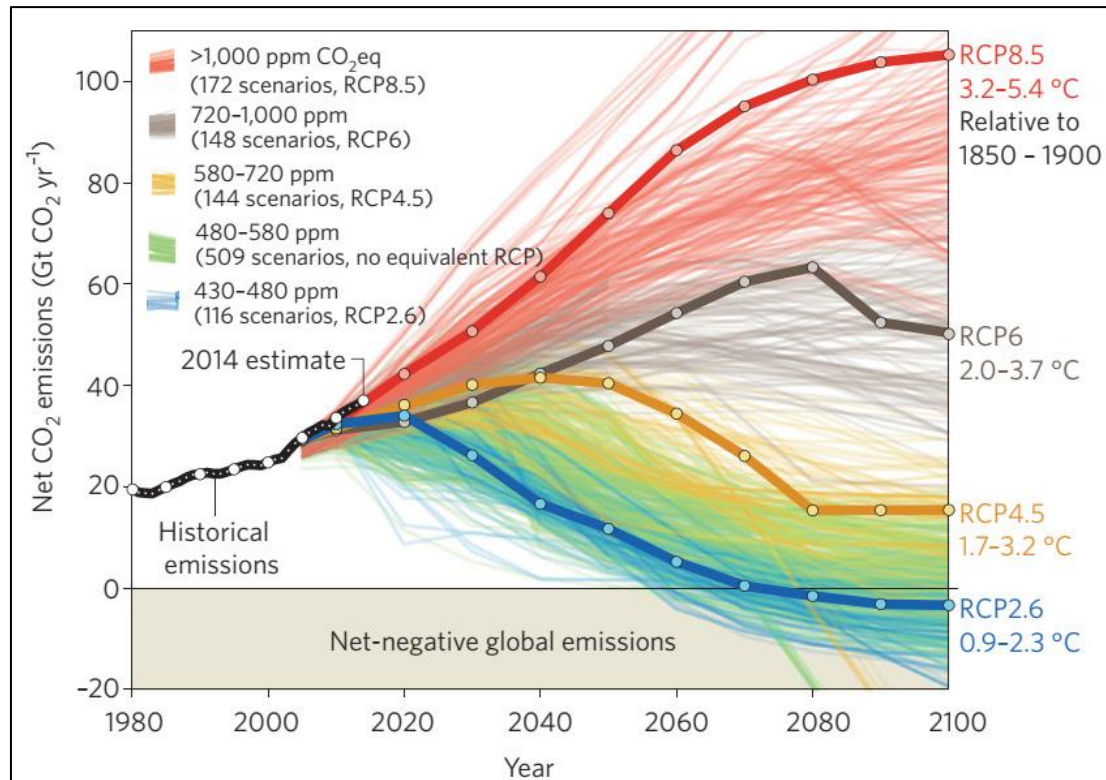


2.1.2 Clima

La región de Valparaíso presenta una variedad de climas, en el territorio continental se distinguen climas desde el templado mediterráneo hasta el frío de altura, influenciados por factores geográficos y oceanográficos, y el subtropical de Rapa Nui. Predomina el clima templado mediterráneo, con variaciones según la ubicación. Al norte del río Aconcagua, hay un clima de estepa cálido con temperaturas promedio de 15°C y precipitaciones entre 150 y 200 mm anuales. A lo largo de la costa, se extiende un clima templado mediterráneo costero, con temperaturas moderadas, humedad relativa alta y precipitaciones de alrededor de 450 mm anuales. Hacia el interior, desde el valle del río Aconcagua hacia el sur, se desarrolla un clima templado mediterráneo cálido, con temperaturas promedio de 15,5°C y precipitaciones entre 250 y 300 mm. En la Cordillera de los Andes, sobre los 3.000 metros, hay un clima frío de altura con bajas temperaturas y precipitaciones sólidas en invierno (BCN, 2023). Para obtener más detalles sobre la clasificación climática específica de Köppen-Geiger y los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, se remite al Anexo 06.01, donde se proporciona información adicional y detallada basada en el estudio Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile.

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 MIROC-ESM. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 06.01.

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



Fuente: (Fuss, et al., 2014).

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

2.1.3 Dimensión socioeconómica y cultural

La región de Valparaíso se encuentra en la macrozona centro del país y tiene una superficie de 16.396 km². Durante el periodo intercensal 2002-2017, experimentó un notable crecimiento poblacional, siendo la región con mayor crecimiento en la macrozona centro y la segunda a nivel nacional, con una variación porcentual del 25,59% y una población total de 757,586 habitantes (INE, 2017). Esta población representa aproximadamente el 4,31% de la población nacional, distribuida en un 48,68% de hombres y un 51,32% de mujeres. Del total de habitantes de la región de Valparaíso, el 81,2% reside en áreas urbanas, mientras que el 18,8% vive en áreas rurales (INE, 2017). En cuanto a la composición étnica, se destaca la presencia del pueblo Mapuche con un 76,6% (INE, 2017).

El Producto Interno Bruto (PIB) de la Región de Valparaíso consignado por el Banco Central de Chile (BC, 2022) al año 2022, corresponde a \$18.365 mil millones de pesos (precio corriente), representando el 25,89% a nivel nacional. En términos sectoriales se destaca servicios personales (15,4%), seguida por servicios financieros y empresariales (11,8%) y transporte, información y comunicaciones (11,7%). Respecto al sector de minería, este alcanza un 8,3% del PIB regional. El sector de electricidad, gas, agua y gestión de desechos alcanza un 3,7% mientras que el sector agropecuario-silvícola tiene un 4,2% de participación (BC, 2022).

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS

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

2.2.1 Agua potable urbana

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

Los cálculos de demanda hídrica actual consideran el consumo facturado en el año 2022 según el Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) (SISS, 2022). La demanda proyectada para Clientes Residenciales considera el consumo facturado histórico y la proyección de clientes de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional, mientras que para los demás clientes perteneciente a la categoría “Otros”², se utiliza la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) (BC, 2022). El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 01.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda hídrica ($Mm^3/año$)				
		2022	2025	2035	2045	2055
050	Cuencas costeras entre ríos Quilimarí y Petorca	120	171	307	403	466
051	Río Petorca	367	366	381	392	399
052	Río La Ligua	2.102	2.066	2.176	2.253	2.304
053	Costeras La Ligua - Aconcagua	5.548	5.790	6.039	6.213	6.329
054	Río Aconcagua	35.366	35.437	36.723	37.529	37.971
055	Cuencas costeras entre Aconcagua y Maipo	60.529	61.304	64.214	66.083	67.164
056	Cuencas en Islas del Pacífico	709	683	709	727	739
057	Río Maipo	5.832	5.900	6.174	6.365	6.493
058	Cuencas costeras entre Maipo y Rapel	1.794	1.778	1.823	1.854	1.876
Total		112.367	113.495	118.546	121.819	123.741

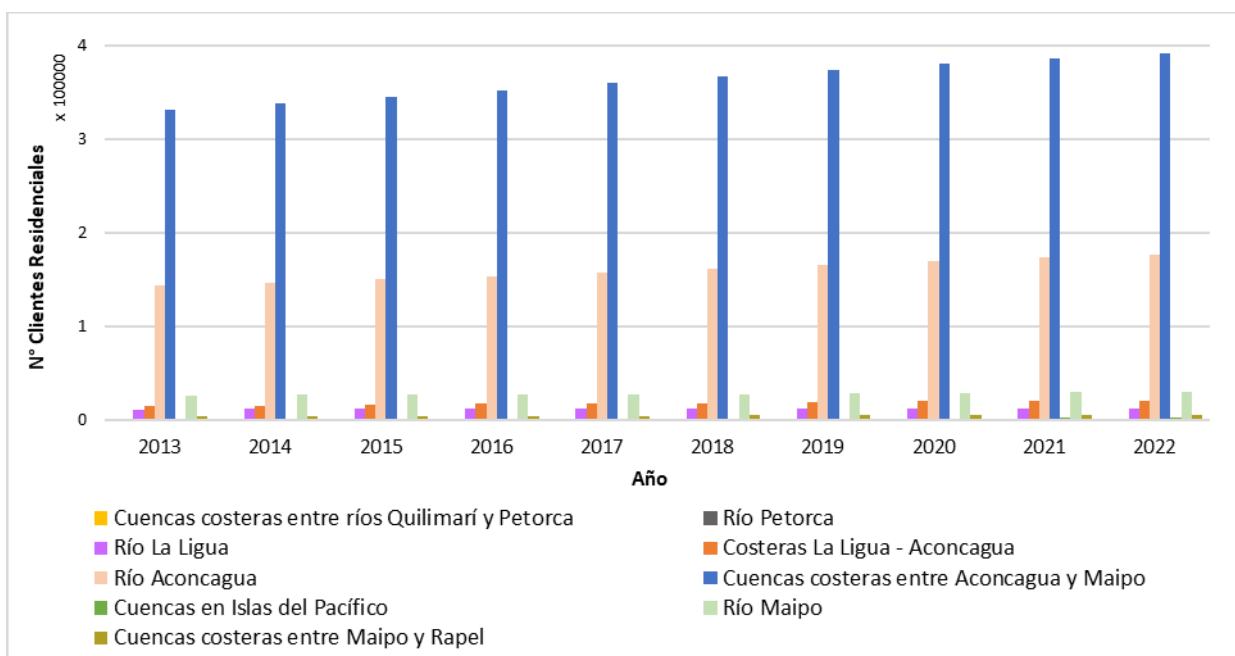
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

Según se desprende de la Tabla 2.2-1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas de la región, especialmente en las cuencas costeras entre Aconcagua y Maipo (código BNA 055) en donde operan los sistemas de producción de agua potable

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

Viña del Mar, Valparaíso, Concón, Villa Alemana y Quilpué, que abastecen a la mayor población de la región.

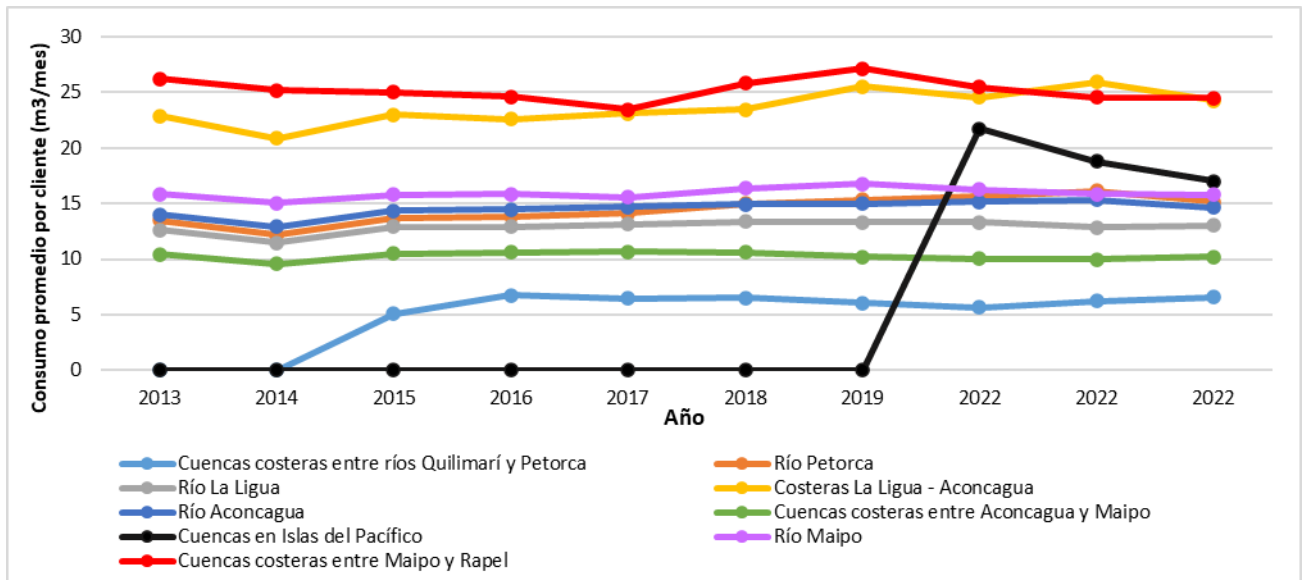
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 94,9% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un aumento en la tasa de crecimiento de un 0,02%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales para las cuencas de la región de Valparaíso para los años 2013 y 2022.



Fuente: SISS (2022)

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 una continuidad en el consumo mensual promedio por cliente residencial, salvo en las cuencas Costeras La Ligua, - Aconcagua (código BNA 053). Por otra parte, se observa que desde el año 2020 se presenta información respectiva a las cuencas en Islas del Pacífico (código BNA 056) según SIFAC II (SiSS, 2023). La Figura 2.2-2 presenta el comportamiento del consumo mensual promedio por cliente en el periodo 2013-2022.



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, debido a la escasez hídrica y la falta de lluvias que se presenta en la región, se han presentado dificultades en relación a la cobertura del recurso, presentando una mayor preocupación en la época estival, producto del turismo por viajes ocasionales³ (SERNATUR, 2024), donde la región de Valparaíso se reconoce como zona turística por excelencia. Para ello ESVAL (2023), menciona que la continuidad de la producción de agua se da producto de la reserva en el Embalse los Aromos (21% de su capacidad) el cual se ha recargado en el último tiempo por agua del río Aconcagua.

2.2.2 Agua potable rural

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

Los cálculos de la demanda hídrica consideran la información proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2023) que contiene la identificación de los SSR que actualmente operan en la cuenca. La demanda proyectada considera las tasas de crecimiento poblacional provenientes del Censo de Población y Vivienda (INE, 2017), así como también la demanda asociada a futuros proyectos en la región. El detalle de la

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

metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

Tabla 2.2-2 Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura, por cuenca BNA región de Valparaíso

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	102	104	110	115	117
051	Río Petorca	884	904	984	1.022	1.048
052	Río Ligua	828	847	910	945	969
053	Costeras Ligua-Aconcagua	1.556	1.590	1.740	1.807	1.853
054	Río Aconcagua	6.858	7.010	7.863	8.170	8.375
055	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	693	709	926	962	986
056	Islas Del Pacífico	0	0	24	25	26
057	Río Maipo	282	288	319	331	339
058	Costeras Entre Maipo y Rapel	99	101	237	246	252
Total		11.302	11.553	13.113	13.623	13.965

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 Aconcagua, en donde se concentra la mayor población.

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural en áreas con APR en las cuencas de la región de Valparaíso, donde se observa un incremento de alrededor de un 52% en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel (código BNA 058) para el año 2055, otra de las cuencas con un importante aumento de población son las cuencas Costeras entre Aconcagua y Maipo (código BNA 055) con un 21% de aumento proyectado en la población para el año 2055, el resto de las cuencas se proyecta un incremento en la población rural de entre un 13% y 16% para el 2055 respecto a la población actual.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Proyección población rural áreas con APR				
		2022	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	2.241	2.291	2.427	2.521	2.585
051	Río Petorca	16.718	17.089	18.615	19.341	19.828
052	Río Ligua	17.193	17.575	18.794	19.527	20.018
053	Costeras Ligua-Aconcagua	24.568	25.113	26.605	27.643	28.338
054	Río Aconcagua	123.049	125.780	136.836	142.176	145.751
055	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	14.005	14.316	16.722	17.375	17.812
056	Islas Del Pacífico	0	0	293	304	312
057	Río Maipo	5.366	5.485	5.985	6.219	6.375
058	Costeras Entre Maipo y Rapel	1.147	1.172	2.244	2.332	2.391
Total		204.287	208.822	228.521	237.439	243.409

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 13% de aumento en el consumo para el año 2055 en las cuencas de la región, a excepción de las cuencas Costeras Quilimarí Petorca (código BNA 050) y la cuenca del Río Petorca (código BNA 051).

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda hídrica en áreas sin APR (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Río Petorca	0	0	0	0	0
052	Río Ligua	4	4	4	4	4
053	Costeras Ligua-Aconcagua	54	55	58	60	62
054	Río Aconcagua	242	245	260	270	277
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	97	99	105	109	112
056	Islas del Pacífico	9	9	9	10	10
057	Río Maipo	4	4	4	4	4
058	Costeras entre Maipo y Rapel	42	42	45	47	48
Total		452	458	485	504	517

Fuente: Elaboración propia.

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 13% al año 2055 en relación a la población actual.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Proyección población rural áreas sin APR				
		2022	2025	2035	2045	2055
50	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
51	Río Petorca	0	0	0	0	0
52	Río Ligua	215	218	231	240	246
53	Costeras Ligua-Aconcagua	2.968	3.011	3.190	3.314	3.398
54	Río Aconcagua	13.243	13.435	14.232	14.788	15.160
55	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	5.338	5.415	5.737	5.961	6.111
56	Islas Del Pacífico	481	488	517	537	551
57	Río Maipo	204	207	219	228	234
58	Costeras Entre Maipo y Rapel	2.282	2.315	2.453	2.548	2.612
Total		24.731	25.089	26.579	27.616	28.310

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de Valparaíso, 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 (DGA, 2022). Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	10.639	10.204	12.283	15.330	19.255
051	Río Petorca	47.021	43.330	47.848	60.871	76.519
052	Río Ligua	87.781	84.357	108.801	137.474	172.636
053	Costeras Ligua-Aconcagua	9.448	8.905	9.526	10.463	12.504
054	Río Aconcagua	790.761	744.145	896.173	1.086.526	1.335.043
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	135.569	127.271	155.668	168.171	210.738
056	Islas del Pacífico	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
057	Río Maipo	58.928	58.027	84.855	104.285	136.851
058	Costeras entre Maipo y Rapel	56.689	60.005	86.112	107.582	137.053
Total		1.196.836	1.136.244	1.401.266	1.690.702	2.100.599

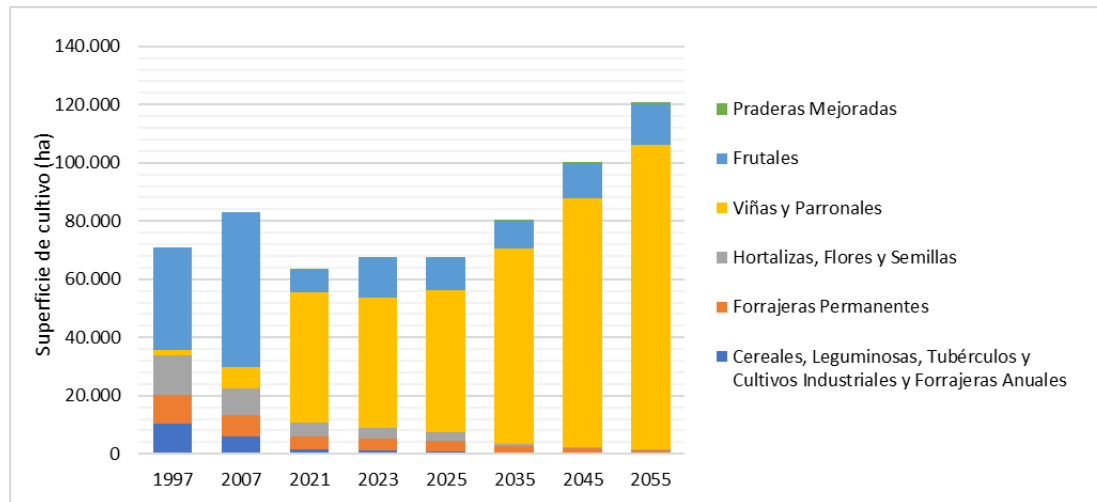
(*) La cuenca "Islas del Pacífico" presenta una superficie de cultivo significativamente menor en comparación con el total regional en el año 2021. Debido a esta pequeña escala, no se ha estimado un valor numérico.

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 se espera en la región un incremento del 76% 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 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), 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 (INE, 2007; INE, 2021) muestran un cambio significativo en las áreas destinadas a diferentes tipos de cultivos. Se observa una reducción de la superficie dedicada a frutales y un aumento en la de viñas y parronales (Figura 2.2-3). Se estima que esta tendencia se mantendrá constante según las proyecciones hasta el año 2055. Este cambio en el tipo de cultivo podría atribuirse a la mejor adaptación de las viñas y parronales a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros frutales⁴.

⁴ <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8543/NR33603.pdf?sequence=42&isAllowed=y>



Fuente: Elaboración propia.

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

En lo que respecta a la evolución de la demanda hídrica por tipo de cultivo, se destacan las viñas y parronales como uno de los principales consumidores de agua según las proyecciones que abarcan desde el año 2023 al 2055. Para el año 2023, se estima una demanda de 802.506 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 2.177.836 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 171% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Este aumento se debe a varios factores, por un lado, el cambio climático está afectando las tasas de evapotranspiración y la precipitación lo que incrementa la cantidad de agua necesaria para mantener la productividad de los cultivos y por otro lado también contribuye el aumento de la superficie de cultivo. La eficiencia en el uso del agua y las prácticas de riego juegan un papel crucial, así como la adopción de tecnologías de riego más eficientes, como el riego por goteo.

Además, se observa una disminución significativa en los requerimientos de agua para los demás cultivos, atribuible principalmente a la reducción de la superficie cultivada durante el periodo 1997-2021 y su proyección al año 2055.

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

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que la demanda ejercida por el sector de generación eléctrica consta de dos componentes en su uso: la no consuntiva (centrales hidroeléctricas) y la consuntiva (centrales termoeléctricas que utilizan agua para sus sistemas de enfriamiento). Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-7 y Tabla 2.2-8, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Río Petorca	0	0	0	0	0
052	Río Ligua	0	0	0	0	0
053	Costeras Ligua-Aconcagua	58.778	43.960	12.976	6.547	6.547
054	Río Aconcagua	56.377	52.186	66.420	59.642	59.642
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	14	5	5	3	3
056	Islas del Pacífico	0	0	0	0	0
057	Río Maipo	0	0	0	0	0
058	Costeras entre Maipo y Rapel	0	0	0	0	0
Total		115.169	96.151	79.401	66.192	66.192

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de Tabla 2.2-7, la demanda hídrica consuntiva para la generación eléctrica se concentra en las cuencas Costeras Ligua-Aconcagua y Río Aconcagua, donde se ubican diversas centrales termoeléctricas. En las cuencas Costeras Ligua-Aconcagua destacan las centrales Campiche y Nueva Ventanas, mientras que en la cuenca del Río Aconcagua sobresalen las termoeléctrica Colmito y Nehuenco. Las proyecciones futuras indican una disminución en esta demanda, coherente con la tendencia a la baja observada en los datos históricos de generación eléctrica de los últimos años.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Rio Petorca	0	0	0	0	0
052	Rio Ligua	0	0	0	0	0
053	Costeras Ligua-Aconcagua	0	0	0	0	0
054	Rio Aconcagua	808.599	808.449	278.890	59.443	59.443
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	0	0	0	0	0
056	Islas del Pacífico	0	0	0	0	0
057	Rio Maipo	0	0	0	0	0
058	Costeras entre Maipo y Rapel	0	0	0	0	0
Total		808.599	808.449	278.890	59.443	59.443

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. Esta demanda hídrica se concentra en la cuenca Rio Aconcagua, en donde se destacan por su potencia neta de generación eléctrica las hidroeléctricas Hornitos, Blanco y Los Quilos.

2.2.5 Minero

Se estimó la demanda hídrica ejercida por las principales faenas mineras identificadas (toda ella de tipo consuntiva), pertenecientes a la minería del cobre y del oro.

Para determinar la demanda del uso minero se identificaron las faenas mineras que cuentan con información de producción. Una vez identificadas las faenas, se utilizaron las tasas unitarias de consumo y los datos de la ley mineral para efectuar la estimación de la demanda. Junto con lo anterior fueron consideradas también las faenas mineras que hacen uso de agua de mar desalada para incorporar a sus procesos.

Para actualizar los datos de producción, se utilizó el último el “Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales” (COCHILCO, 2022). Mientras que, para estimar la demanda futura, se proyectaron las series de tiempo (históricas) de producción en las faenas previamente identificadas y seleccionadas. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

Tabla 2.2-9 Estimación demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Rio Petorca	172	84	0	0	0
052	Rio Ligua	2.013	2.721	1.538	1.561	1.324
053	Costeras Ligua-Aconcagua	0	0	0	0	0
054	Rio Aconcagua	37.505	53.846	35.635	33.199	29.791
055	Costeras Entre Aconcagua Y Maipo	0	0	0	0	0
056	Islas del Pacífico	0	0	0	0	0
057	Rio Maipo	0	0	0	0	0
058	Costeras Entre Maipo Y Rapel	0	0	0	0	0
Total		39.690	56.651	37.173	34.760	31.115

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda de agua en la región, como se evidencia en la Tabla 2.2-9 muestra una tendencia descendente en general. Esta reducción no se atribuye a una disminución significativa de la producción minera, sino más bien a las proyecciones basadas en la tendencia histórica del consumo unitario de agua continental por tonelada de mineral de cobre procesado, el cual ha mostrado una tendencia a la baja en los últimos años. Es importante destacar que, en relación con la minería metálica, el cobre representó el 78% de la producción en el año 2022, consolidándose como el mineral principal de la región según el informe COCHILCO (2022). Las mineras con mayor producción en la región corresponden a Angloamerican Sur y Codelco, ambas ubicadas en la cuenca del Río Aconcagua.

Respecto a los valores presentados en la Tabla 2.2-9, cabe mencionar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las producciones históricas las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos registros no se evidencia una tendencia lineal a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

Se debe considerar que las proyecciones de demanda estimadas están sujetas a cierta incertidumbre debido, principalmente, a la expectativa de que en el futuro el uso de agua de mar aumente significativamente. Esta perspectiva cobra mayor relevancia dado el contexto de severa sequía que afecta a la región, lo cual está impulsando el desarrollo de proyectos mineros que requieren el uso de agua de mar como principal recurso (COCHILCO, Anuario de la Minería de Chile 2018, 2018).

Hasta la fecha, de acuerdo al informe Infraestructura Hídrica Compartida de COCHILCO (2023), se identifican en la región dos proyectos: uno perteneciente a la compañía minera

Anglo American y otro a la compañía Los Andes Copper Ltd., los cuales podrían iniciar operaciones en los años 2027 y 2029, respectivamente.

Para asegurar la sostenibilidad del sector minero, se debe avanzar en la promoción del reúso de agua y la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, como la desalación y la captación de aguas lluvias. La inversión en tecnología como el reciclaje y la optimización de procesos es esencial para promover la eficiencia y mitigar los riesgos asociados a la variabilidad climática y la demanda de agua en las cuencas analizadas.

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 2.2-10 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 06.02.

**Tabla 2.2-10 Estimación demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA
Región Valparaíso**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Rio Petorca	0	0	0	0	0
052	Rio Ligua	0	0	0	0	0
053	Costeras Ligua-Aconcagua	14	14	19	25	29
054	Rio Aconcagua	6.403	6.634	8.790	11.251	13.407
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	173	180	238	305	363
056	Islas del Pacífico	0	0	0	0	0
057	Río Maipo	4	4	6	7	9
058	Costeras entre Maipo y Rapel	0	0	0	0	0
Total		6.594	6.832	9.053	11.588	13.808

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 2.2-10, se observa una tendencia al alza en las proyecciones futuras, la cual está vinculada al desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Este crecimiento se refleja en el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero. Según los resultados obtenidos, se estima un aumento en la demanda de agua del orden del 109% para el período comprendido entre los años 2023 y 2055.

Para contextualizar el análisis de la demanda en el sector industrial, es importante destacar que la industria manufacturera representó en el año 2022 el 9% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 47% entre los años 2013 y 2022 (BC, 2022).

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

2.2.7 Forestal

Para estimar la demanda de agua de uso forestal (uso productivo), se tomaron como dato de partida las Cubiertas del Catastro de Usos del Suelo y Vegetación de la Corporación Nacional Forestal (2019). Las superficies plantadas que se consideraron corresponden a especies forestales exóticas. Estas superficies fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-11, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

Tabla 2.2-11 Estimación demanda hídrica forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Valparaíso

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	7.232	7.296	7.549	7.562	7.806
051	Río Petorca	2.510	2.524	2.599	2.677	2.763
052	Río Ligua	1.627	1.636	1.685	1.735	1.791
053	Costeras Ligua-Aconcagua	22.208	22.330	22.999	23.685	24.449
054	Río Aconcagua	11.058	11.119	11.452	11.794	12.174
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	176.293	177.264	182.573	188.025	194.085
056	Islas del Pacífico (*)	-	-	-	-	-
057	Río Maipo	28.471	28.628	29.486	30.366	31.345
058	Costeras entre Maipo y Rapel	33.733	33.918	34.934	35.977	37.137
Total		283.132	284.715	293.277	301.821	311.550

(*) El Catastro de Usos del Suelo y Vegetación de la Corporación Nacional Forestal (2019) no incluye datos de la cuenca Isla del Pacífico.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-11, se observa una tendencia general al aumento de la demanda hídrica a nivel de cuenca durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Este aumento se basa en la consideración de factores como los incendios forestales, cambios en la cobertura forestal y áreas de cultivo, además de las tendencias históricas en el uso del suelo.

Cabe mencionar que, la demanda estimada en el presente acápite corresponde a únicamente a la demanda forestal de uso productivo. La demanda nativa forma parte de la demanda estimada para protección ambiental (acápite 2.2.10).

2.2.8 Pecuario

Para la estimación de la demanda hídrica del sector pecuario representada principalmente por las producciones bovina, ovina, caprina, avícola y porcina, se emplearon los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007, 2021 y encuestas ODEPA. A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-12, 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 06.02.

**Tabla 2.2-12 Estimación demanda hídrica pecuaria actual y futura – Cuencas BNA
Región Valparaíso**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	1.316	1.522	2.049	2.588	3.126
051	Rio Petorca	1.949	2.231	2.915	3.620	4.370
052	Rio Ligua	1.599	1.815	2.367	2.977	3.595
053	Costeras Ligua-Aconcagua	135	115	53	20	16
054	Rio Aconcagua	4.300	4.588	5.495	6.497	7.547
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	8.126	9.012	11.219	13.594	15.973
056	Islas del Pacífico	17	28	33	38	44
057	Rio Maipo	8.602	9.004	9.939	10.917	11.934
058	Costeras entre Maipo y Rapel	3.963	4.288	4.617	4.994	5.396
Total		30.007	32.603	38.687	45.245	52.001

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-12, se observa una tendencia general al aumento de la demanda hídrica a nivel de cuenca durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Solo en la cuenca Costeras Ligua-Aconcagua se observa una disminución de la demanda que se asocia, de acuerdo a la información censal, a una disminución en el periodo histórico (2007 a 2021) de las cabezas de ganado en la cuenca y que se proyecta hasta el año 2055.

Respecto al total de cabezas de ganado por especie, se destaca el aumento de las especies avícolas y la disminución, en general, del resto de las especies.

2.2.9 Acuícola

Para la estimación de la demanda acuícola no consuntiva en la región fueron localizados los centros acuícolas “en tierra” del El Registro Nacional de Acuicultura (RNA), de los cuales fueron seleccionados exclusivamente aquellos en que la fuente hídrica utilizada no proviene de agua de mar, siendo considerados los que utilizan agua proveniente de río, estero, arroyo, pozo, vertiente, lago, laguna o canal. Para la estimación de la demanda de agua dulce actual y futura, se determinó la producción de cada explotación por grupo de cultivo, luego las producciones, expresadas en toneladas anuales, se multiplicaron por una tasa de consumo de agua, característica de cada especie. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-13, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 06.02.

**Tabla 2.2-13 Estimación demanda hídrica acuícola actual y futura – Cuencas BNA
Región Valparaíso**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0	0	0	0	0
051	Rio Petorca	0	0	0	0	0
052	Rio Ligua	0	0	0	0	0
053	Costeras Ligua-Aconcagua	0	0	0	0	0
054	Rio Aconcagua	354	168	84	0	0
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	695	612	433	381	90
056	Islas del Pacífico	0	0	0	0	0
057	Rio Maipo	0	0	0	0	0
058	Costeras entre Maipo y Rapel	0	0	0	0	0
Total		1.049	780	517	381	90

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-13, la proyección de la demanda acuícola muestra una tendencia a la baja. Lo anterior se debe a que la estimación de demanda futura se fundamenta en las tendencias productivas de la serie histórica utilizando proyecciones a través del uso de Series de Tiempo (SdT). Esta herramienta permite considerar el comportamiento histórico de la variable basal en la estimación del comportamiento futuro.

2.2.10 Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental

La demanda hídrica de caudal de reserva en la región de Valparaíso se asocia a los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica, SNASPE y Ramsar. Una vez identificado cada uno de ellos, se identifica la estación fluviométrica de referencia de la red hidrométrica de la DGA en cada caso. 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 06.02.

Para la región de Valparaíso, no hay planificaciones actuales o futuras de nuevos sitios prioritarios, es por esto que solo se presenta el caudal actual de reserva para la región. El detalle se observa en la Tabla 2.2-14.

Tabla 2.2-14 Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA región Valparaíso

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm3)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Rio Petorca	4,3	2,7	2,1	2,5	5,8	18,7	26,3	25,6	25,3	32,4	29,4	10,9	186,1
Rio Ligua	3,9	2,7	1,9	1,7	3,7	11,1	15,3	18,8	16,4	16,5	13,1	8,8	113,8
Rio Aconcagua	67,2	43,5	21,9	11,4	8,1	8,6	8,5	8,5	11,8	19,2	46,0	79,5	334,2
Rio Maipo	461,8	304,8	239,7	261,0	360,1	580,6	592,0	553,1	427,7	312,9	428,9	580,5	5.103,2
Total	537,3	353,7	265,7	276,7	377,8	619,0	642,1	606,0	481,1	380,9	517,3	679,7	5.737,3

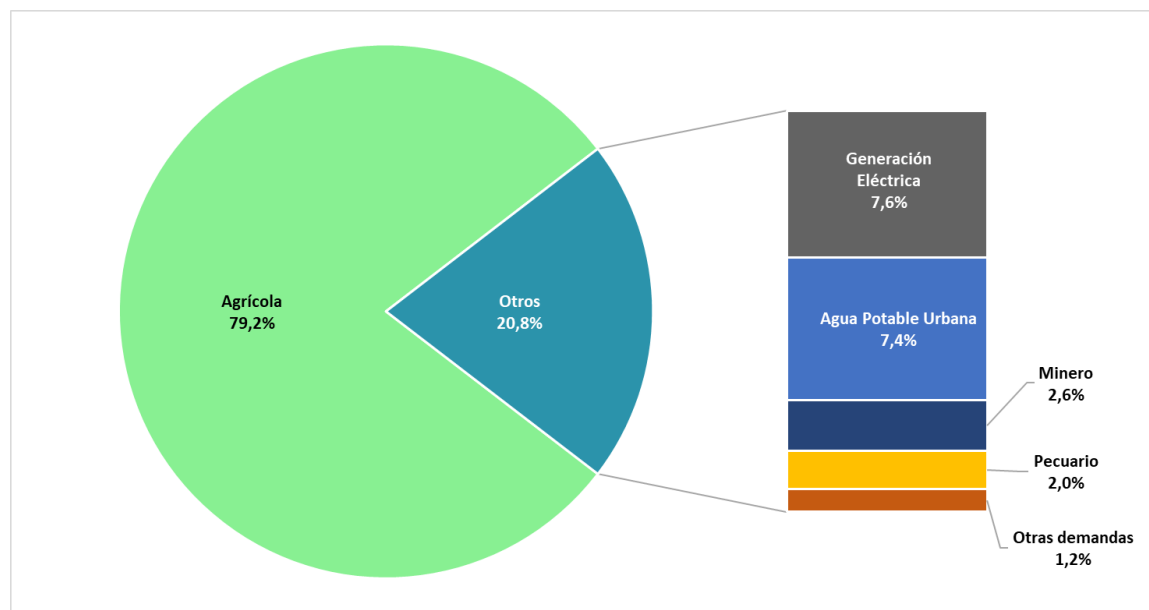
Fuente: Elaboración propia.

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 el total de demanda hídrica consuntiva en la región de Valparaíso en el año 2023, destacando el sector agrícola como el principal demandante consuntivo de agua para usos productivos, seguido por el sector generación eléctrica consuntiva. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 06.02.



Fuente: Elaboración propia.

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

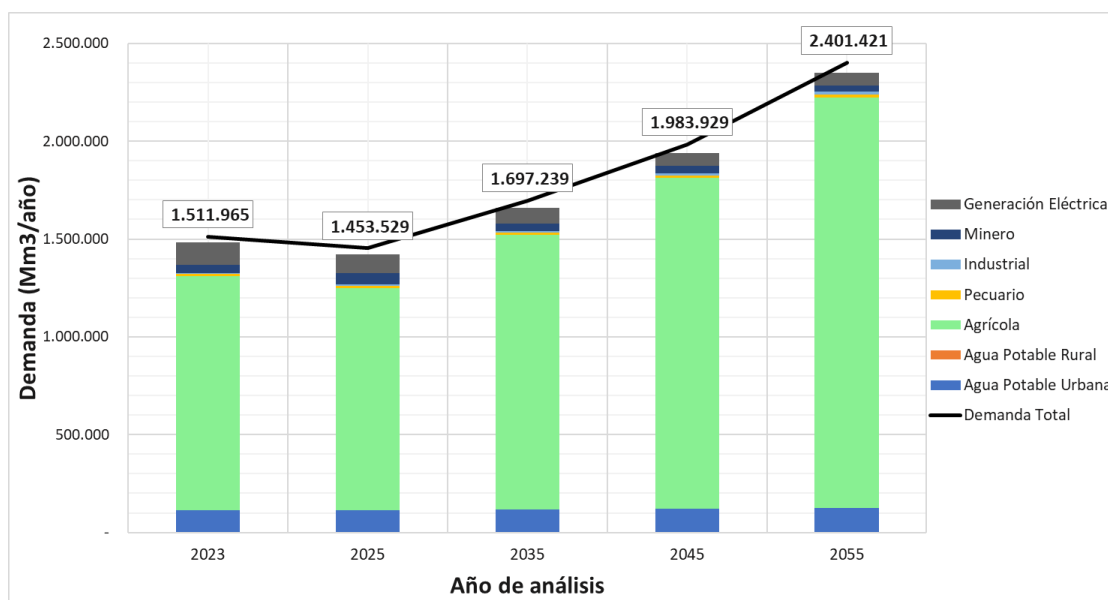
En la Tabla 2.2-15 y Figura 2.2-4 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápite anteriores, se espera un

aumento de aproximadamente un 59% de las demandas consuntivas totales en el periodo 2023-2055. Este incremento se atribuye principalmente al aumento del 76% en la demanda agrícola. El sector de generación eléctrica consuntiva muestra la mayor disminución, con un descenso del 43% en el periodo comprendido entre 2023 y 2055. Las cuencas Río Aconcagua y Costeras entre Aconcagua y Maipo presentan las mayores demandas de usos consuntivos.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	12.177	12.001	14.749	18.436	22.964
051	Río Petorca	50.393	46.915	52.128	65.905	82.336
052	Río Ligua	94.323	91.806	115.792	145.210	180.828
053	Costeras Ligua-Aconcagua	75.479	60.374	30.353	25.075	27.278
054	Río Aconcagua	937.570	903.846	1.057.099	1.242.814	1.491.776
055	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	205.104	198.481	232.270	249.118	295.227
056	Islas Del Pacífico	726	711	766	790	809
057	Río Maipo	73.648	73.223	101.293	121.905	155.626
058	Costeras Entre Maipo y Rapel	62.545	66.172	92.789	114.676	144.577
Total		1.511.965	1.453.529	1.697.239	1.983.929	2.401.421

Fuente: Elaboración propia.



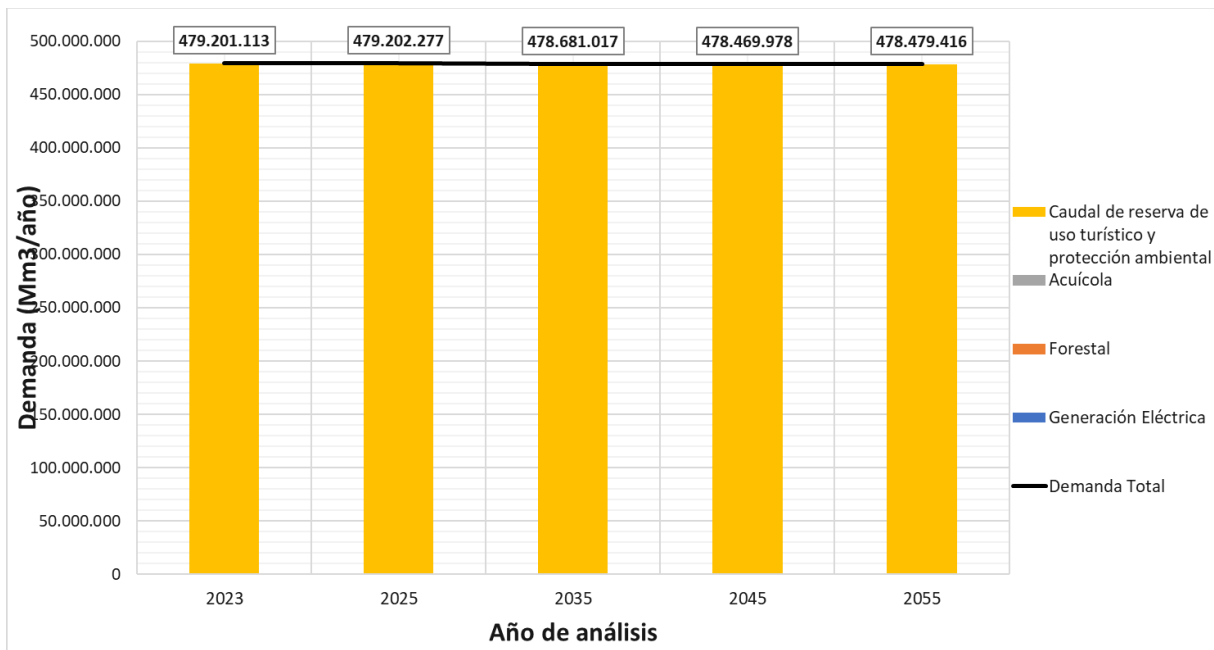
Fuente: Elaboración propia.

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

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

Finalmente, en la Figura 2.2-6 se presenta la proyección de las demandas consuntivas no extractivas y no consuntivas para la región, donde el caudal de reserva para uso turístico y

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



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

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

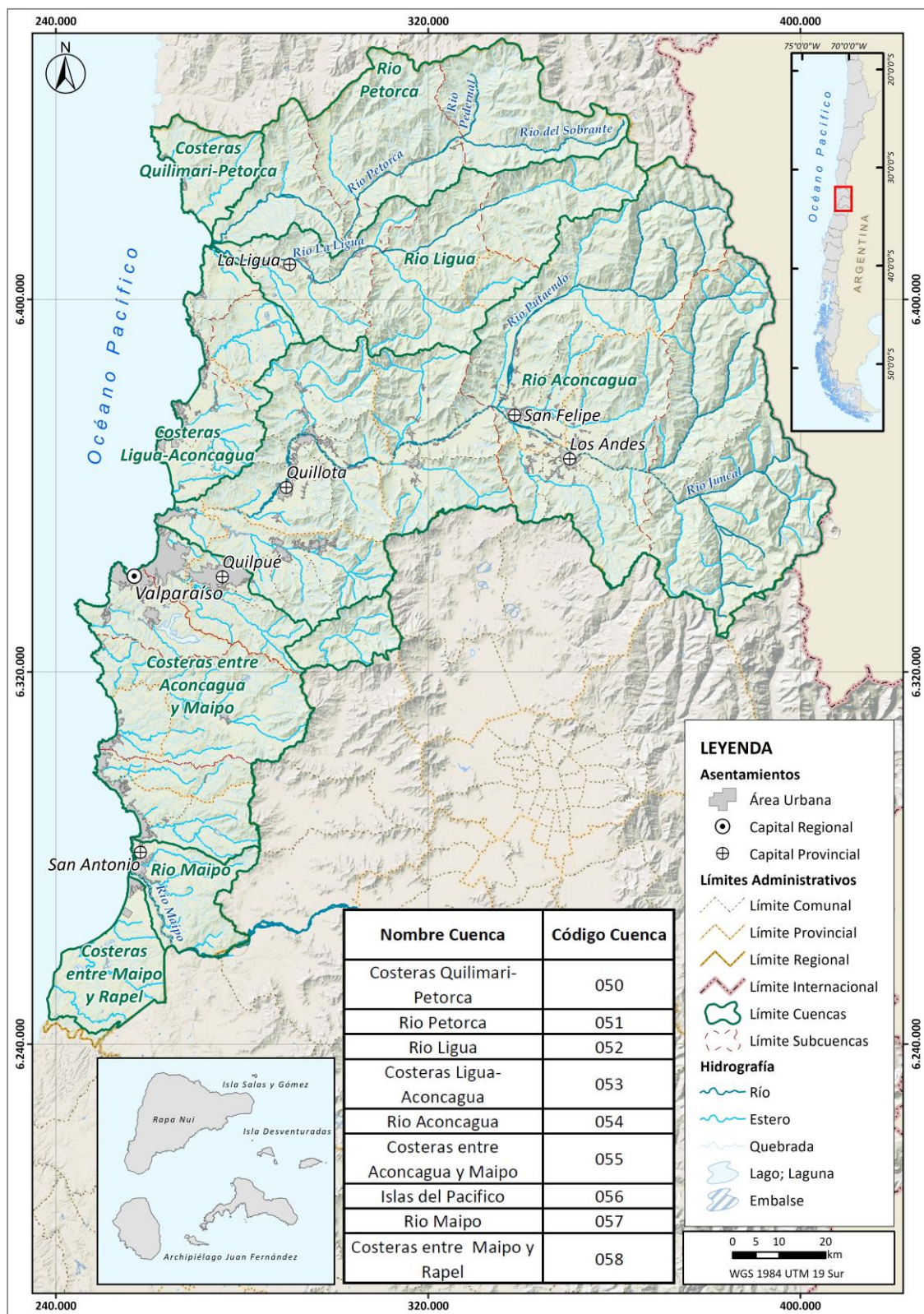
Fuente: Elaboración propia.

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

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

2.3.1 Oferta hídrica

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



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

Figura 2.3-1 Cuencas y subcuencas de la región de Valparaíso 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 registrados en la región de Valparaíso. Para esto, se ha utilizado la base de datos "Derechos_Concedidos_V_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

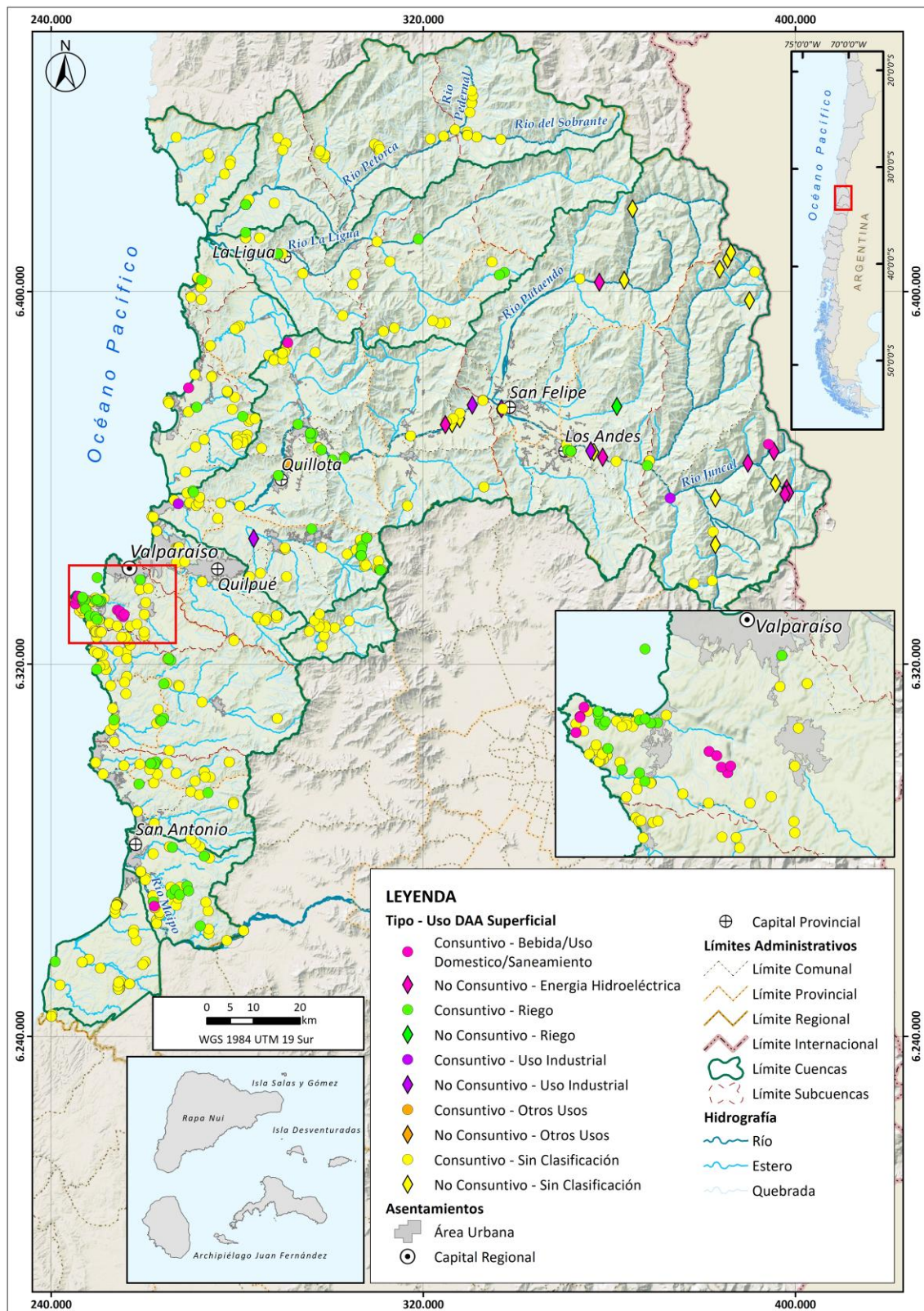
En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Valparaíso existen 3.175 DAA superficiales registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 295.987.7 litros por segundo constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-2. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio se presentan en el Anexo 06.03.

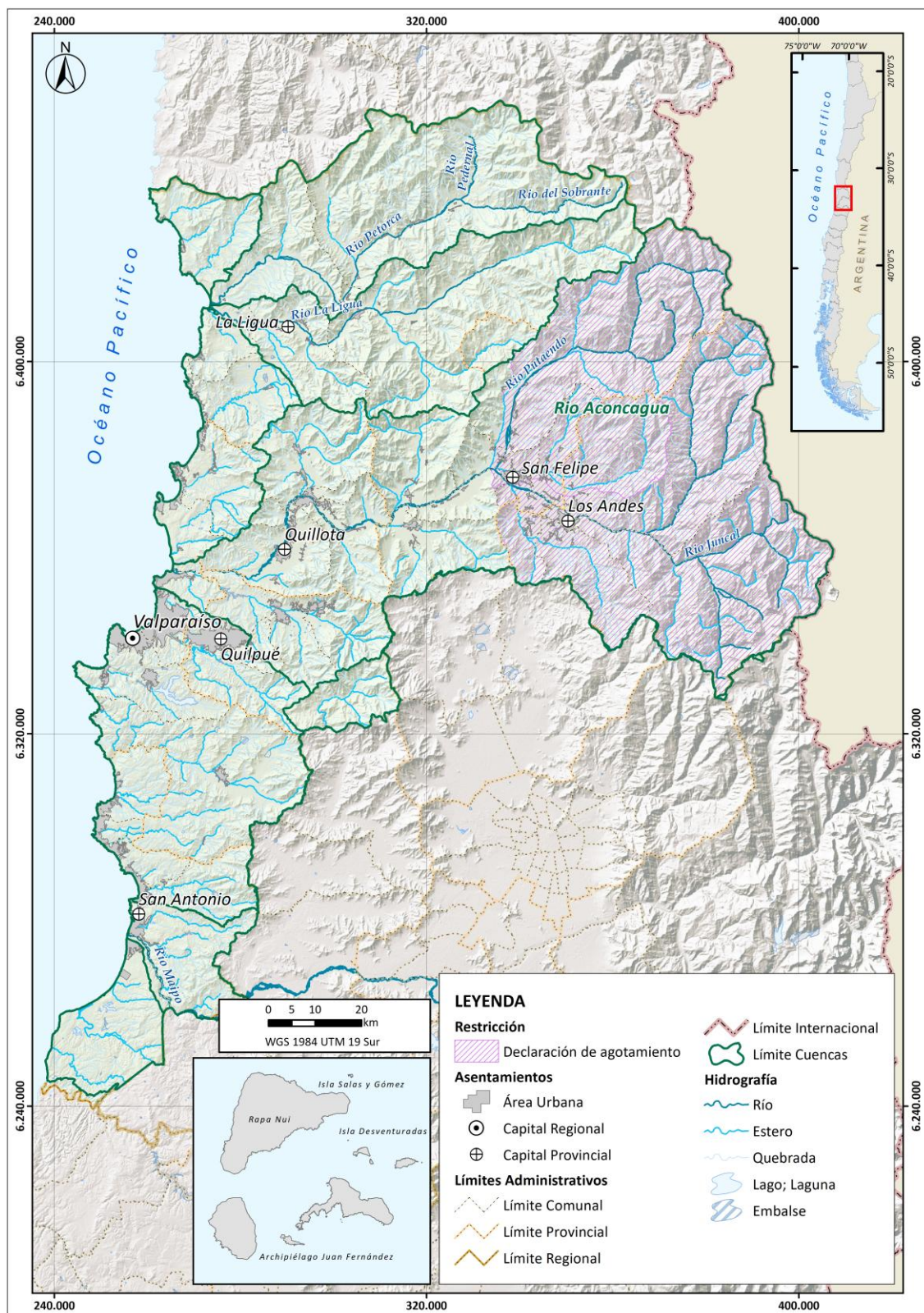
ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua superficiales.

Se realizó una exhaustiva revisión de la información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA) para identificar restricciones vigentes sobre fuentes superficiales en la región de Valparaíso. Según los datos analizados, se encontraron dos decretos de escasez hídrica vigentes en la región: el primero, de fecha 11 de agosto de 2023, correspondiente al decreto N° 167 para la provincia de Petorca, con vigencia hasta el 13 de agosto de 2024; y el segundo, del 27 de septiembre de 2023, identificado como decreto N° 205 para la provincia de San Antonio, con vigencia hasta el 27 de septiembre de 2024. Además, se registran dos declaraciones de agotamiento de fuentes hídricas importantes en la región: la primera sección del río Aconcagua, según la Resolución DGA N° 209 de fecha 22 de mayo de 1985; y el río Putaendo y sus afluentes, según la Resolución DGA N° 1278 de fecha 13 de septiembre de 2004. A pesar de la ausencia de restricciones específicas identificadas durante el período analizado, es relevante tener en cuenta estos decretos y declaraciones en el contexto de la gestión hídrica regional.

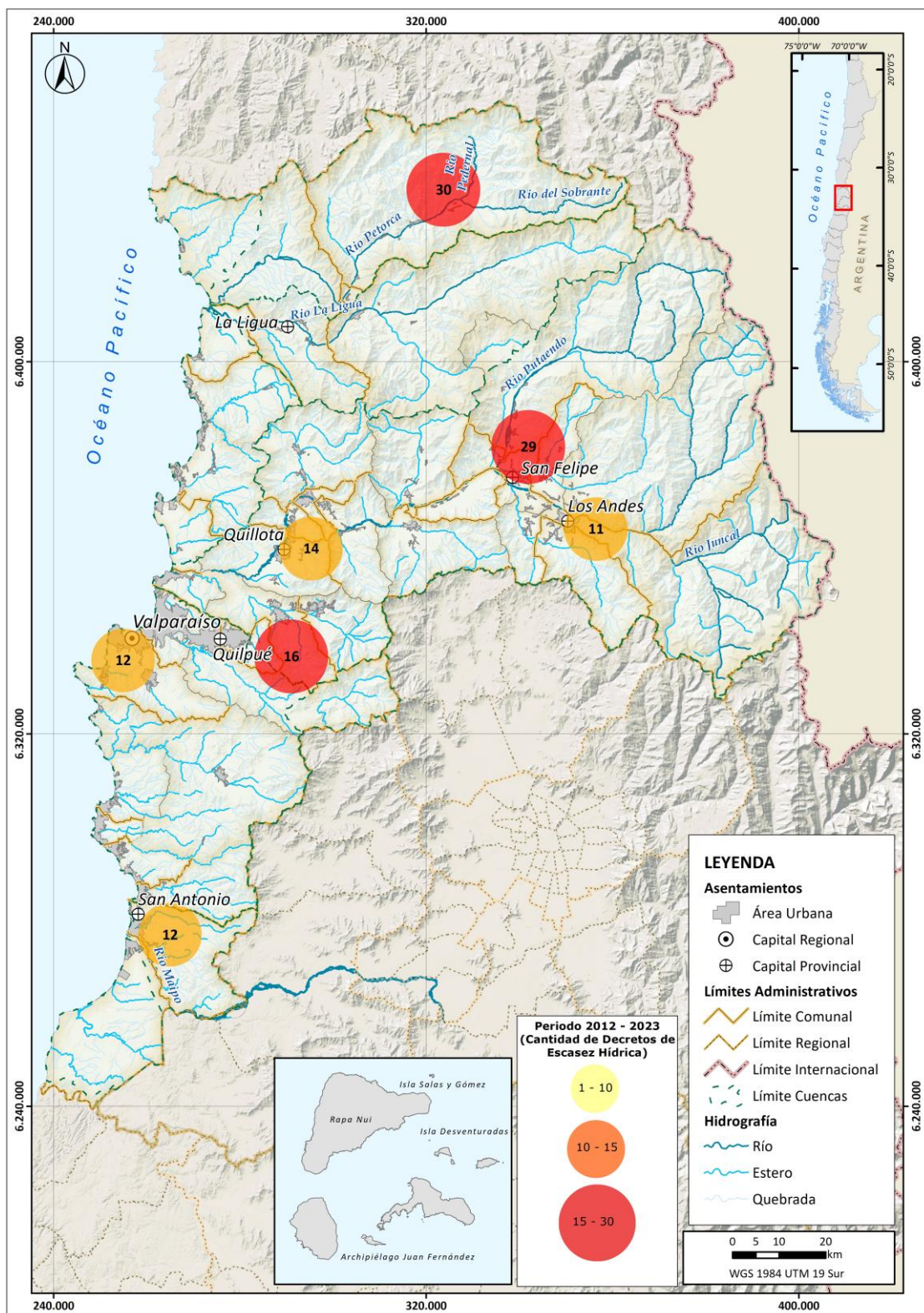
En la Figura 2.3-3 se presentan las restricciones vigentes para aguas superficiales; asimismo, en la Figura 2.3-4 se muestran las zonas con decretos de escasez históricos en la región. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 06.03.





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

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



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

Figura 2.3-4 Zonas con decretos de escasez históricos por comuna. región de Valparaíso

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. 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 06.03.01.

Es importante mencionar que, si bien se dispone de valores para diferentes periodos de excedencia, la oferta hídrica superficial se asocia al caudal de 85% de probabilidad de excedencia en régimen natural, de modo de asegurar la cantidad de agua disponible para la gran mayoría de años. Asimismo, a partir de la selección del GCM representativo de la región se obtuvieron las curvas de excedencia para el periodo futuro, definido como la ventana 2025-2055.

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

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
050	Costeras Quilimarí-Petorca	3.870	3.970
051	Rio Petorca	36.706	30.794
052	Rio Ligua	22.479	17.642
053	Costeras Ligua-Aconcagua	50.710	46.693
054	Rio Aconcagua	995.327	816.046
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	287.353	273.916

Fuente: Elaboración propia

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en la mayoría de las cuencas, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas más afectadas serían río Petorca, río Aconcagua y río Ligua con una disminución porcentual de 16,1%, 18% y 21,5%, respectivamente.

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

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Q total (m ³ /s)	Q glaciar (m ³ /s)
050	Costeras Quilimarí-Petorca	0,40	0,00
051	Rio Petorca	4,29	0,00
052	Rio Ligua	4,27	0,00
053	Costeras Ligua-Aconcagua	3,05	0,00
054	Rio Aconcagua	56,63	3,14
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	15,58	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM MIROC-ESM proyecta una disminución de aproximadamente 2,24 m³/s, obtenido del mismo informe final.

2.3.1.2 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneos concedidos

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

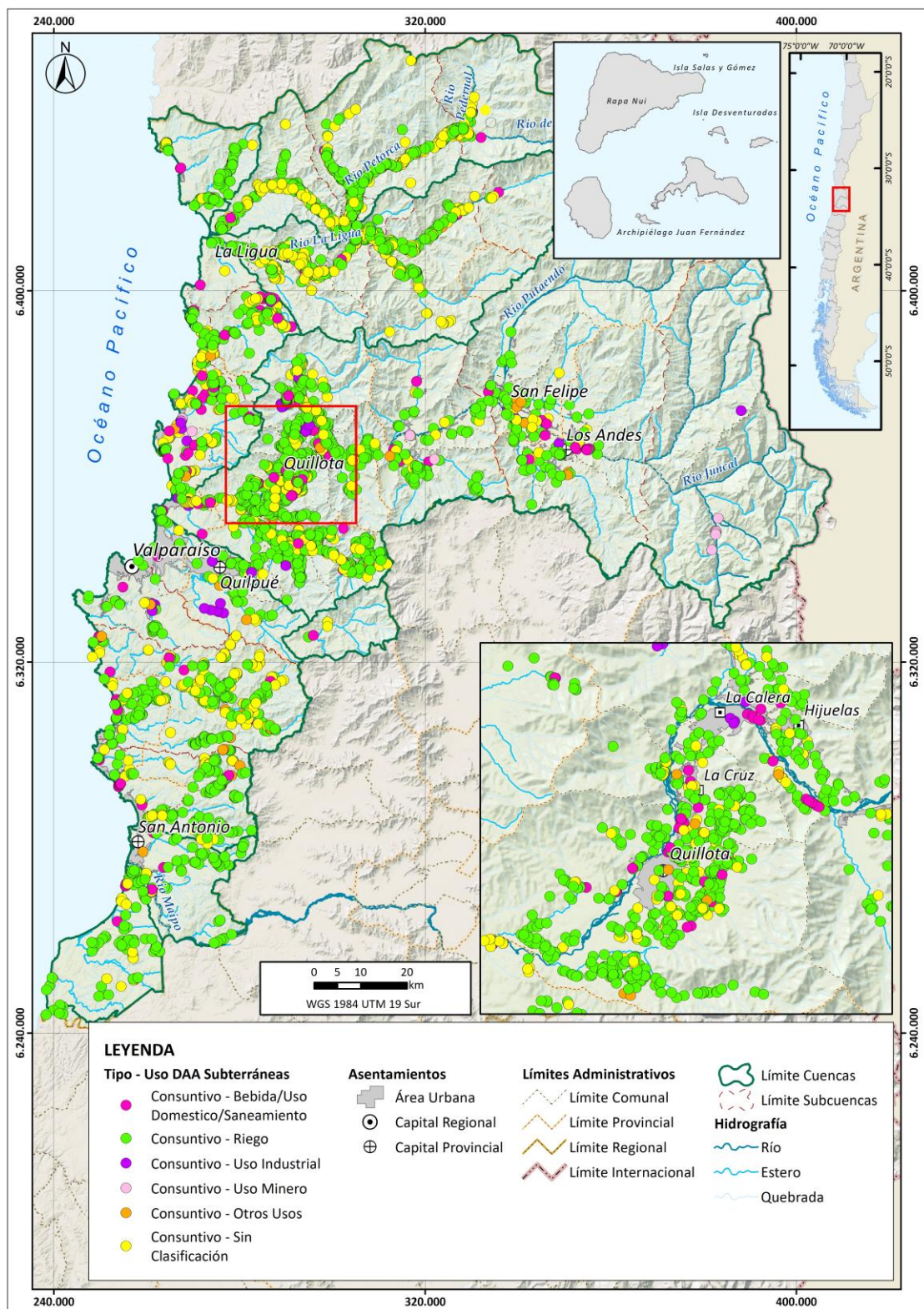
Según los antecedentes revisados, en la Región de Valparaíso se han registrado un total de 9.625 DAA subterráneos en el CPA, lo que equivale a un caudal aproximado de 75.050.7 litros por segundo constituidos. La distribución de estos derechos según el tipo

de uso se presenta en la Figura 2.3-5. Para obtener más detalles sobre la caracterización de los DAA según el tipo de solicitud o ejercicio, se puede consultar el Anexo correspondiente (Anexo 06.03).

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

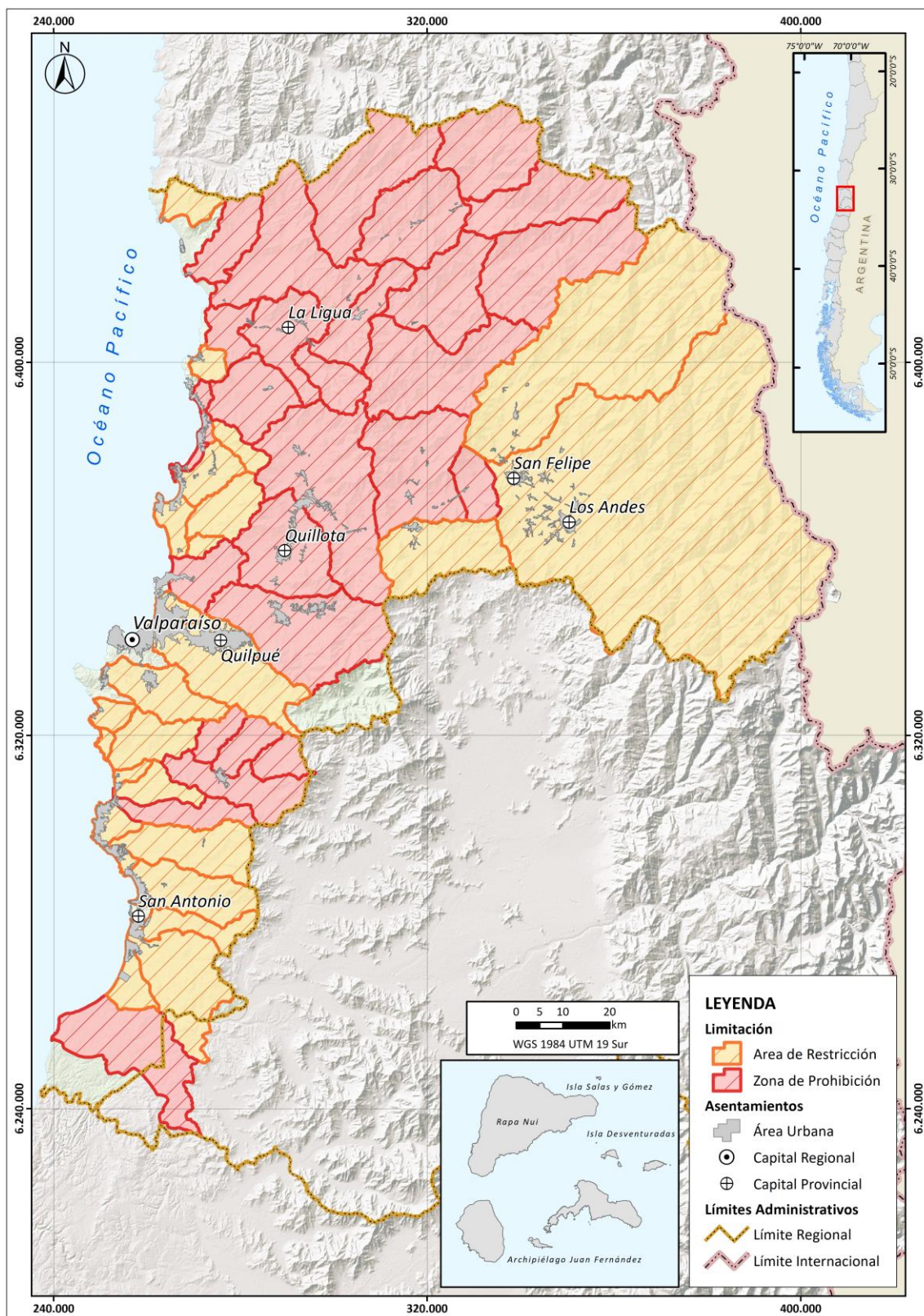
Para comprender plenamente los desafíos relacionados con la escasez de agua que afectan a la región de Valparaíso, se detallan a continuación las limitaciones en el uso actual y futuro del agua, en sus distintas formas de protección para las fuentes de agua subterráneas, durante un período de análisis de 11 años (2012-2023). Para esto se revisan las restricciones para el uso de DAA definidas por Dirección General de Aguas para fuentes superficiales, entre las que se encuentran; i) Áreas de restricción de aguas subterráneas; y ii) Zonas de Prohibición de aguas subterráneas.

En la Figura 2.3-6 se muestran las restricciones vigentes para el uso de aguas subterráneas en la región de Valparaíso. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 06.03.



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

Figura 2.3-5 Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la región de Valparaíso. por tipología



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

Figura 2.3-6 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas en la región de Valparaíso

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 3.3.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Recarga (l/s)
050	Costeras Quilimarí-Petorca	-
051	Rio Petorca	1.610
052	Rio Ligua	-
053	Costeras Ligua-Aconcagua	3.932
054	Rio Aconcagua	26.976
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	515
056	Islas del pacifico	5.880*

*Valor corresponde a la Isla de Pascua

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 (MIROC-ESM) 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 3.3.

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
050	Costeras Quilimarí-Petorca	-	-8,9	-
051	Río Petorca	1.610	-13,5	1.393
052	Río Ligua	-	-13,3	-
053	Costeras Ligua-Aconcagua	3.932	-8,9	3.582
054	Río Aconcagua	26.976	-13,2	23.414
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	515	-8,1	474
056	Islas del pacifico	(*)	(*)	(*)

(*) No se cuenta con información suficiente para su estimación.

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 06.03 se presenta un análisis más extenso de la situación de la región, incluyendo curvas estacionales.

2.3.2 Eventos extremos

En lo que respecta a evento extremos, a partir del uso del GCM representativo (que no necesariamente es el que caracteriza los eventos extremos futuros), se realizó un análisis de variaciones en los eventos extremos de gran magnitud (precipitaciones máximas en 24 horas) y de baja magnitud (años con sequías). A partir de los resultados obtenidos, se observa que se prevé un aumento en los eventos de gran magnitud de hasta un 53% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, debido a la gran sequía del último periodo, no se prevé un aumento radical en los años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 06.03.02).

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

Cod Cuenca	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
050	Costeras Quilimari-Petorca	70.9	110.1	55.3
051	Rio Petorca	80.2	85.2	6.2
052	Rio Ligua	73.1	88.0	20.3
053	Costeras Ligua-Aconcagua	83.3	127.4	53.0
054	Rio Aconcagua	88.7	106.4	20.1
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	94.4	124.5	31.9
056	Islas del pacifico	(*)	(*)	(*)

(*) No se cuenta con información suficiente para su estimación.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en consideración que los eventos extremos no se deben únicamente al efecto de la intensidad de precipitación, sino que son producto de la sinergia de distintos

fenómenos climáticos y geográficos. En este sentido, aspectos como la duración y distribución temporal de la tormenta, fisiografía, humedad del suelo y superficie pluvial pueden llegar a afectar la intensidad de un evento extremo. Al respecto, uno de los aspectos que pueden llegar a tener un mayor impacto es el área pluvial, correspondiente a la superficie que principalmente genera la escorrentía efectiva que deriva en la crecida. Esta superficie pluvial está determinada por el cruce entre la cuenca aporte total a un punto y la posición de la línea de nieve o isoterma 0°C. Por lo tanto, a partir de los eventos observados en el último tiempo, resulta importante tener en consideración que variaciones de la isoterma 0°C pueden provocar un efecto sinérgico que aumente la intensidad de la crecida antes eventos de precipitación, por lo que resulta necesario tomar este aspecto en cuenta.

Este tipo de análisis debiera realizarse a escala de cuenca para lograr una correcta estimación, como lo fue el estudio realizado por (Mardones y Garreaud, 2020) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C. En particular, la región de Valparaíso se encuentra aproximadamente entre las latitudes 26° S y 33° S, por lo que, según el antecedente mencionado, la línea de nieve proyecta un aumento de entre 400 y 500 metros aproximadamente en esta región.

En relación a los eventos extremos históricos, en base a Eridanus (2018), SENAPRED (2023) y la data base internacional de desastres (2024) se presenta la Tabla 2.3-6 con los eventos extremos de origen natural históricos ocurridos entre los años 1912 y 2017 dentro de la región.

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

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	216	116
Aluvión	9	2

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, se observan noventa y dos (92) sistemas frontales los cuales han provocado inundaciones de escala reducida y daños menores a viviendas. Por otra parte, se presenta también un (1) evento de avalancha en la comuna de Los Andes.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan cinco (5) inundaciones ocurridas entre los años 2017 y 2023 afectando a las cuencas Costeras entre Aconcagua y Maipo (código BNA 055) y la cuenca del Río Aconcagua (código BNA 054). La Tabla 2.3-7 presenta las cuencas afectadas por inundaciones y aluviones.

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

Cód. cuenca	Cuenca	Inundación	Aluvión
050	Costeras Quilimarí-Petorca		
051	Río Petorca		
052	Río Ligua		
053	Costeras Ligua-Aconcagua		
054	Río Aconcagua	X	
055	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	X	
056	Islas Del Pacífico		
057	Río Maipo		
058	Costeras Entre Maipo y Rapel		

Nota: Cuencas afectadas en rojo.

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

2.3.3 Calidad de aguas

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

- La cuenca Río Petorca (código BNA 051) y la cuenca Río Ligua (código BNA 052), se caracteriza por una calidad de agua homogénea con bajos niveles de salinidad y predominancia de bicarbonatos sobre cloruros. En general, las conductividades eléctricas son bajas y los niveles de elementos metálicos son reducidos, aunque el boro es el más abundante pero dentro de los límites recomendados para riego. En el río Ligua, las aguas son bicarbonatadas cálcicas en todos los sectores, superando los niveles máximos de molibdeno y mercurio en las partes media y baja. El río Petorca presenta aguas similares, con excedencia de estos metales en las partes alta y media. La conductividad eléctrica en el río Alichahue y río Ligua ha aumentado desde 2008, mientras que en el río Sobrante y río Petorca en Longotoma ha permanecido estable. En resumen, la cuenca muestra buena calidad general, aunque requiere monitoreo continuo debido a la presencia de metales en ciertas áreas (DGA, 2020).
- La cuenca del Río Aconcagua (código BNA 054) se caracteriza por presentar aguas de diferentes tipos en sus distintas partes: en la parte alta predominan aguas del tipo sulfato cálcicas ($\text{SO}_4^{2-}\text{-Ca}^{2+}$), mientras que en la parte media y baja son del tipo bicarbonato cálcico ($\text{HCO}_3^{-}\text{-Ca}^{2+}$) y clorurada sódica ($\text{Cl}^{-}\text{-Na}^{+}$), respectivamente, cerca de la desembocadura. Se ha registrado que el arsénico (As) y el cobre (Cu) ocasionalmente exceden las normativas establecidas por NCh409/05 y NCh1333/78 en algunas estaciones como "Río Blanco en Río Blanco" y "Río Putaendo en resguardo Los Patos". En general, los niveles de metales se mantienen bajo los límites establecidos, con excepciones en As y Cu en estaciones

específicas de la parte alta. El SO42- sobrepasa la normativa NCh1333/78 en la estación "Río Juncal en Juncal", mostrando una variación temporal irregular. Los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) se encuentran dentro del rango aceptable según NCh409/05 y NCh1333/78, salvo en algunas estaciones como "Río Juncal en Juncal" y "Río Blanco en Río Blanco", que se clasifican como C2 (agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles). Se ha detectado la presencia de coliformes totales y E. coli en todas las fuentes superficiales monitoreadas, con algunas estaciones superando los límites permitidos. Aguas arriba del punto de cierre de la subcuenca "Río Aconcagua", se observa una influencia significativa de actividades mineras y geología que generan drenaje ácido, lo cual afecta la calidad del agua con niveles elevados de Cu, As y SO42- por encima de las normativas vigentes (DGA, 2020).

- En la cuencas costeras la Ligua y Aconcagua (Código BNA: 053), el agua superficial se caracteriza a partir de Una (1) a partir campaña realizada para PEGH (LA19) y dos (2) estaciones de la DGA: Estación Quintero en desembocadura y Estación Quintero en Valle Alegre. Sin embargo, con respecto esta última estación no se encontraron registros de parámetros fisicoquímicos.

Los puntos de monitoreo estación Quintero en Valle Alegre y LA19, presenta muestras de PH alcalinos que superan la norma de riego. Estos valores elevados de pH son atribuibles al crecimiento de algas, que utilizan CO₂ en su reproducción, lo que provoca un aumento en el pH. Esta observación se condice con los horarios de muestreo, ya que durante la tarde tiende a ser más alcalina, debido a que la luz solar eleva la temperatura del ambiente. En cuanto a los iones presentes, se mantienen dentro los límites establecidos; Sin embargo, se observa una disminución en la tendencia de ciertos iones como: cloruro, sulfatos y calcio disuelto; lo cual de igual podría deberse a problemas en las mediciones.

En relación a la conductividad eléctrica (CE) en la muestra LA19, presenta un valor de 40.900 uS/cm, cercano a la conductividad eléctrica (CE) del agua de mar, lo que puede estar relacionado a la cercanía de la línea costa. Estos valores no son aptos para el consumo humano ni riego. Los análisis fisicoquímicos clasifican esta muestra como cloruro – sódica.

En respecto a las aguas subterráneas, el pH promedio es de 7,66. Los valores de metales pesados, en general, se encuentran por debajo de los límites establecidos, aunque en algunos casos se superan los valores de las normas, especialmente el Cloruro y la conductividad eléctrica (CE), que presentan concentraciones altas. Para la cuenca, las muestras se pueden clasificar en tres tipos: sulfatadas cálcicas; bicarbonatadas Ca-Mg y Cloruradas Sódicas (DGA, 2022).

- La cuenca Río Maipo (código BNA 057), presenta variaciones significativas según las subcuencas analizadas. En el alto Maipo, se identificaron altas concentraciones de sulfatos y otros metales asociados a actividades mineras, como la extracción de cal y yeso. En el Maipo medio, se observaron desviaciones por descargas de RILES industriales y agroindustriales, así como por contaminación difusa de aguas servidas y uso de plaguicidas. En el Maipo bajo, persisten problemas con metales como cobre, manganeso y hierro, influenciados por actividades industriales y descargas de residuos líquidos. Las subcuencas del Mapocho alto y bajo muestran preocupaciones similares, incluyendo la contaminación por actividades mineras e industriales, afectando tanto las aguas superficiales como las subterráneas (DGA, 2021)
- La cuenca Costeras entre Maipo y Rapel (código BNA 058), se puede caracterizar por la información disponible del estero Yali en Bucalemu. Los principales parámetros evaluados incluyen pH neutro a básico (7-8), conductividad específica variando entre 100-700 mhos/cm, y concentraciones bajas de sulfato (< 30 mg/l) y cloruro (< 100 mg/l). No se observan tendencias significativas o cambios alarmantes en los parámetros monitoreados a lo largo del tiempo, indicando una ausencia de problemas importantes de contaminación. Sin embargo, se han registrado incumplimientos puntuales a las normativas de agua potable y riego en parámetros como hierro, manganeso, aluminio, arsénico, plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, posiblemente debido a los límites de detección del método analítico utilizado. Los parámetros monitoreados mensualmente incluyen coliformes fecales, cloruro, aceites y grasas, DBO5, poder espumógeno, sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno Kjeldahl, caudal, pH y temperatura del efluente (DGA, 2021a).

La cuenca Costeras Quilimarí - Petorca (Código BNA: 050), La cuenca Costeras entre Aconcagua y Maipo (Código BNA 055) e Islas del Pacifico (código BNA 056), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua, lo que destaca una significativa brecha de información 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

Dentro de la región de Valparaíso se identificaron trescientos cuarenta (340) embalses y acumuladores de agua. Entre los más destacados se encuentra el Embalse Peñuelas en la comuna de Valparaíso, cuenca costera entre río Aconcagua y río Maipo, destinado al abastecimiento de agua potable y saneamiento, con una capacidad de 95 hectómetros cúbicos. Asimismo, se identifican los embalses Aromos y Lliu-Lliu, ambos ubicados en la

cuenca del río Aconcagua, utilizados para riego, con capacidades de 35 y 2,28 hectómetros cúbicos respectivamente (DGA E. , 2020).

Además, se encuentra el Embalse Chacrillas, ubicado a 2,5 km aguas arriba de la confluencia del río Rocín y el Estero Chalaco, a 16 km al nororiente de la ciudad de Putaendo, en la Provincia de San Felipe. Este embalse formará un lago artificial de 92 hectáreas, con una capacidad útil de 27 millones de metros cúbicos. La presa tendrá una altura de 102,5 metros y una longitud de coronamiento de 320 metros.

Por otro lado, de acuerdo con la información proporcionada por la página de Big Data de la Universidad de La Serena, en la región de Valparaíso se destacan dos embalses de acumulación mayor, Aromos y Peñuelas, con una capacidad total de 130 millones de metros cúbicos. Hasta febrero de 2023, se registraba que estos embalses estaban ocupados al 16,8% de su capacidad total. El Embalse Los Aromos sobresale como el más relevante, ya que alcanzaba el 33,4% de su capacidad en dicha fecha, mientras que el Embalse Peñuelas se encontraba apenas al 0,2% de su capacidad.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

En la región de Valparaíso se registran ocho (8) centrales hidroeléctricas que contribuyen a la generación de energía eléctrica. Estas son: Hornitos con 57MW, Blanco con 53 MW, Los Quilos con 32 MW, Juncal con 29 MW, Chacabuquito con 26 MW, Juncalito con 1,5 MW, PMGD HP Sauce Andes con 1,3 MW, y PMGD HP El Tártaro con 0,1 MW.

3.1.1.3 Obras de distribución

En la región de Valparaíso se encontraron 242 bocatomas y una extensión aproximada de 2.900 km de canales. Los canales se encuentran ubicados principalmente en la cuenca Río Aconcagua, donde se concentra aproximadamente el 80% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula. Estas infraestructuras se distribuyen en diversas categorías, incluyendo hidroeléctricas, Asociaciones de Canalistas, y bocatomas para consumo, usos mineros e industriales, entre otros. La mayoría de las bocatomas están destinadas a otros usos, seguidas por Asociaciones de Canalistas y usos mineros e industriales (mayor detalle en Anexo 06.01).

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

i. Zonas urbanas

En la región de Valparaíso se encuentran nueve (9) concesiones de agua potable operadas por diversas empresas sanitarias, cada una abarcando áreas específicas detalladas en la documentación respectiva. Además, se identifican numerosas plantas

de tratamiento de aguas servidas (PTAS) distribuidas en la región para el tratamiento de aguas residuales, con diferentes métodos de tratamiento y receptores, como emisarios submarinos, lagunas aireadas y lodos activados, entre otros.

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 cambio en la producción al año 2055, según las proyecciones de demanda desarrolladas en el acápite 2.2.1.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	N° territorios operacionales	Producción 2022 (m3/año)	Aumento al 2055 (%)
050	Cuencas costeras entre ríos Quilimarí y Petorca	1	205.604	80%
051	Río Petorca	2	677.225	-1%
052	Río La Ligua	3	2.689.831	17%
053	Costeras La Ligua - Aconcagua	10	7.866.944	6%
054	Río Aconcagua	21	56.271.323	12%
055	Cuencas costeras entre Aconcagua y Maipo	19	93.108.054	14%
056	Cuencas en Islas del Pacífico	1	1.817.335	4%
057	Río Maipo	1	8.963.184	8%
058	Cuencas costeras entre Maipo y Rapel	1	1.879.582	10%

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
EsvaI	Gran Valparaíso	Concón, Curauma, Placilla de Peñuelas, Quilpué, Reñaca, Valparaíso, Villa Alemana, Viña del Mar
	Litoral Sur	Algarrobo, Algarrobo Norte, Cartagena, El Tabo, Isla Negra, Las Brisas de Mirasol, Mirasol Algarrobo, Las Cruces, Punta de Tralca, San Antonio, San Sebastián
	Quillota Norte	Cachagua, Cabildo, La Laguna, La Ligua, Maitencillo, Papudo, Petorca, Placilla de La Ligua, Puchuncaví, Quintero, Zapallar
	Quillota Aconcagua	Artificio, Hijuelas, La Calera, La Cruz, Limache, Nogales, Quillota, San Pedro

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
	San Felipe	Almendral, Calle Larga, Catemu, Llay Llay, Los Andes, Putaendo, Real Curimón, Rinconada, San Esteban, San Felipe, Santa María
Coopagua	Santo Domingo	Santo Domingo
Aguas Santiago Norte	Ex Fundo Puchuncaví	Puchuncaví
Aguas San Isidro	Los Molles	Los Molles

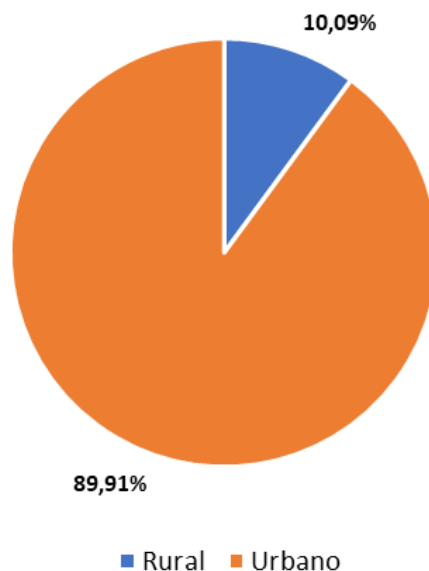
Fuente: Elaboración propia en base a Esval (2023), COOPAGUA (2023), Aguas Santiago Norte (2023), Aguas San Isidro (ASSSI, 2023).

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, 2022), las cifras de cobertura de agua potable y alcantarillado del sector sanitario en la región de Valparaíso, en las áreas concesionadas, alcanza un 86,6%.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 10,09% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región de Valparaíso, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 79.618 viviendas y 163.327 habitantes (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017)

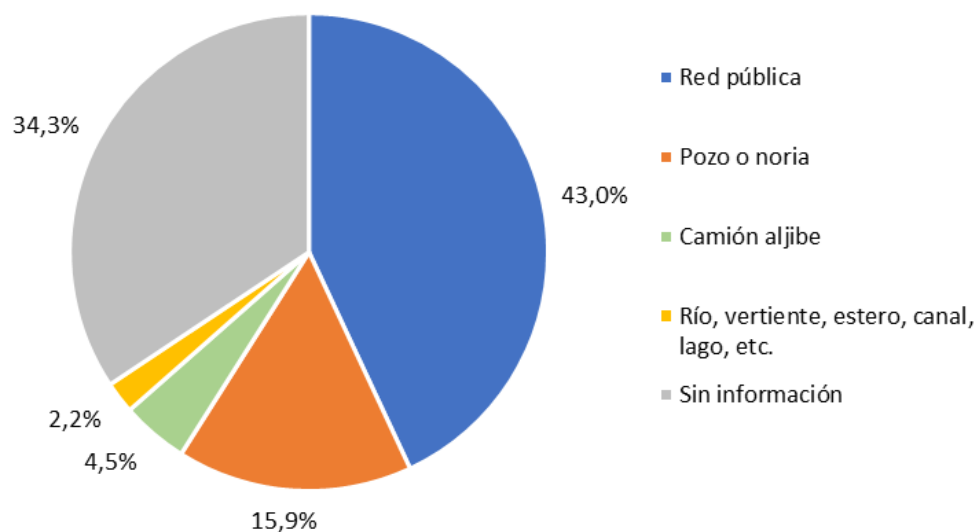
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de Valparaíso 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 34,4% 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 de Valparaíso.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 65,7% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 43% (34.270) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁵. (ver Figura 3.1-2).

⁵ Incluye hogares abastecidos por Servicios Sanitarios Rurales (SSR) o acogidos al Artículo 52 bis del Decreto Fuerza Ley N°382/1988 del Ministerio de Obras Públicas.



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

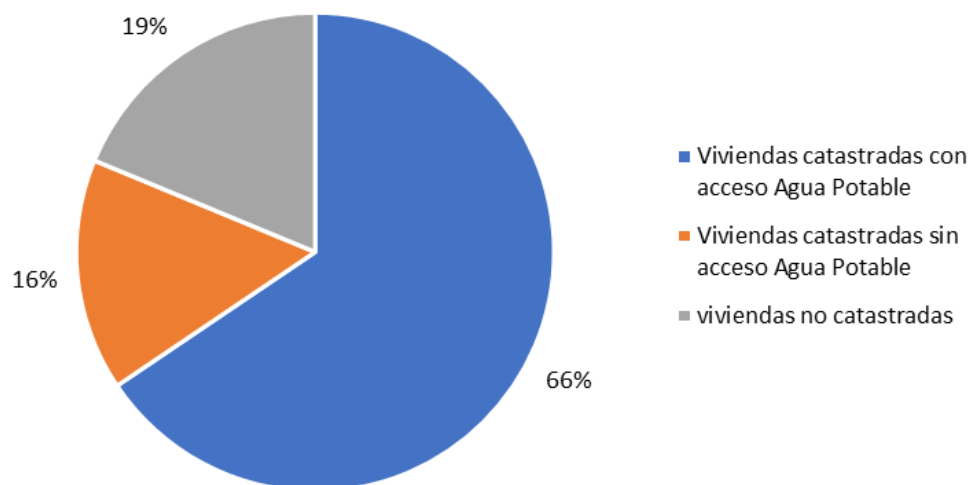
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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

EL indicador BS12 relacionado al porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable, considera veinte y nueve (29) de las treinta y ocho (38) comunas de la región, concentrando solo el 81,2% (64.685 viviendas) del total de viviendas rurales de Valparaíso (79.618 viviendas).

Bajo los datos otorgados por el indicador, un 65,6% (52.202) de las viviendas rurales de la región posee conexión a la red de agua potable, mientras que un 15,7% (12.483) no cuenta con acceso a la red pública de agua potable (ver Figura 3.1-3).

A modo de resumen, se identifica que un 81% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a este número, un 15,7% no presenta acceso a la red de agua potable. Por último, bajo el indicador BS12 se presenta, además, una brecha de información del 18,8% del total de las viviendas rurales de la región de Valparaíso.



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 de Valparaíso

Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con ciento noventa y seis (196) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región del Valparaíso, los cuales abastecen a treinta y un (31) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional (163.327 habitantes), existe un número estimado de 190.336 beneficiarios, número que sobrepasa en un 16,5% al total de población rural. Esto puede significar a modo de especulación la existencia de población flotante, producto de actividades laborales o segundas viviendas que genera una mayor demanda de las aguas potable rurales.

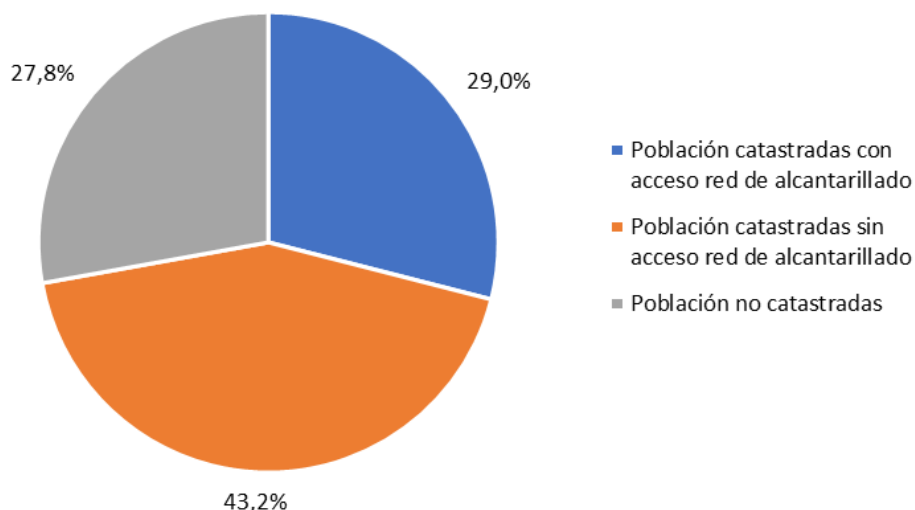
Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS) (2022) igualmente presenta un listado de SSR para la región, con un total de sesenta (60) sistemas distribuidos en veinte y cinco (25) comunas. Estos sistemas abastecen aproximadamente a un 87,8% de la población rural (143.378 beneficiarios), dejando una brecha de información de un 12,2% de la población rural regional (19.949 habitantes).

b) Saneamiento

De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (SICVIR, 2020) el cual considera veinte y seis (26) de las treinta y ocho (38) comunas de la región, concentrando solo el 72,2% (117.854 habitantes) del total de la población rural de la región.

Bajo los datos otorgados por el indicador, un 29% (47.340 habitantes) de la población rural de la región posee acceso a la red de alcantarillado, mientras que un 43,2% (70.514 habitantes) no cuenta con acceso a la red de alcantarillado (ver Figura 3.1-4).

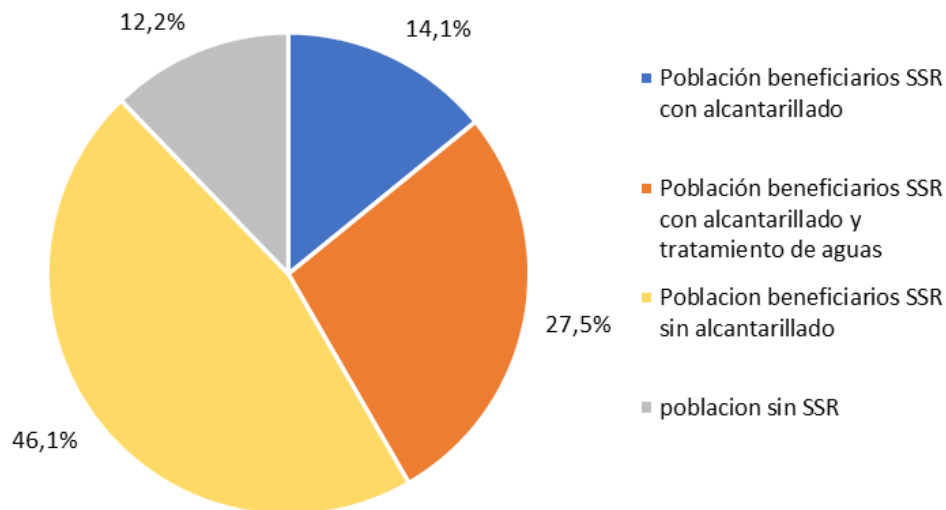
A modo de resumen, se identifica que un 72% de la población rural ha sido catastrada, de este número, un 43% no presenta acceso a la red de alcantarillado. Por último, bajo el indicador BS13 se presenta, además, una brecha de información del 28% del total de la población rural de la región de Valparaíso.



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 de Valparaíso según indicador BS13

Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS) (2022) igualmente presenta un listado de SSR para la región, con un total de sesenta (60) sistemas distribuidos en veinte y cinco (25) comunas. Estos sistemas abastecen aproximadamente a un 87,8% de la población rural (143.378 beneficiarios), de los cuales un 14,1% presenta servicio de alcantarillado, un 27,5% servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas, y un 46,1 no presenta acceso a la red de alcantarillado, por último, se observa una brecha de un 12,2% de la población rural regional (19.949 habitantes) (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

3.1.1.5 Pozos

Se identificó un total de 9.625 pozos de extracción en la región de Valparaíso, de los cuales un 57% se identifica como uso de riego, seguido por un 38% de uso sin clasificación. En la Tabla 3.1-3 se presenta el total de pozos distribuidos por cuenca. Mayor detalle se presenta en el Anexo 06.01.

Tabla 3.1-3 Pozos de extracción distribuidos por cuenca

Cód. Cuenca	Cuenca	Cantidad
050	Costeras Quilimarí-Petorca	118
051	Río Petorca	1.189
052	Río Ligua	1.456
053	Costeras Ligua-Aconcagua	820
054	Río Aconcagua	3.960
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	1.707
056	Islas del Pacífico	6
057	Río Maipo	154
058	Costeras entre Maipo y Rapel	156
060	Rio Rapel	5
-	Sin información	54
Total		9.625

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

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

En base a los antecedentes revisados no se identifica la existencia de acuíferos profundos dentro de la región. Se revisarán referencias externas actualizadas en etapas posteriores del estudio.

ii. Recarga artificial de acuíferos

Actualmente no se cuenta con estudios para la evaluación de recarga artificial de acuíferos como nueva fuente de agua. Según lo presentado en PEGH Estero Casablanca (DGA, 2021) de acuerdo a las características de este acuífero, no sería posible una recarga artificial.

En la Cuenca del Río Aconcagua, existe una recarga artificial del acuífero, en donde el sistema comprende de 7 piscinas de infiltración en las riberas del cauce del río Aconcagua, que considera una total de infiltración de 25.8 hectáreas (DGA, 2020).

iii. Desalinización

En el PEGH Estero Casablanca (DGA, 2021), se indica que no se han desarrollado estudios que registren la evaluación de implementar desalinización como nuevas fuentes de aguas.

Asimismo, en el Río Aconcagua tampoco se identifican obras actuales o infraestructuras en torno a nuevas fuentes de aguas asociadas a la desalinización (DGA, 2020).

Con base en la información proporcionada por la Asociación Chilena de Desalinización (ACADES), se evidencia un impulso significativo hacia el desarrollo y la construcción de plantas desaladoras en Chile, especialmente en las ciudades costeras de la zona norte y central del país. En la Región de Valparaíso, se están llevando a cabo proyectos importantes en este ámbito. Entre ellos destacan la Desaladora Petorca ubicada en la cuenca Costeras Ligua Aconcagua, de uso multipropósito operada por Desala, con una capacidad de 1200 L/s. Además, se están implementando proyectos de uso industrial en la Unidad 3 y 4 en Ventanas, en la cuenca Costeras Ligua Aconcagua, gestionados por EE Ventanas/AES Chile, con capacidades de 28 y 30 L/s respectivamente. Asimismo, se encuentra en proceso la planta desalinizadora Aconcagua de Aguas Pacífico S.A., emplazada en la cuenca Costeras Ligua Aconcagua, con una capacidad de 1000 L/s de uso multipropósito.

iv. Cosecha de aguas lluvia

Según la revisión de antecedentes, es posible indicar que no se encuentran iniciativas de cosecha de aguas lluvias en la región de Valparaíso. Es posible que los sistemas atrapanieblas sean una iniciativa en las zonas cercanas al mar.

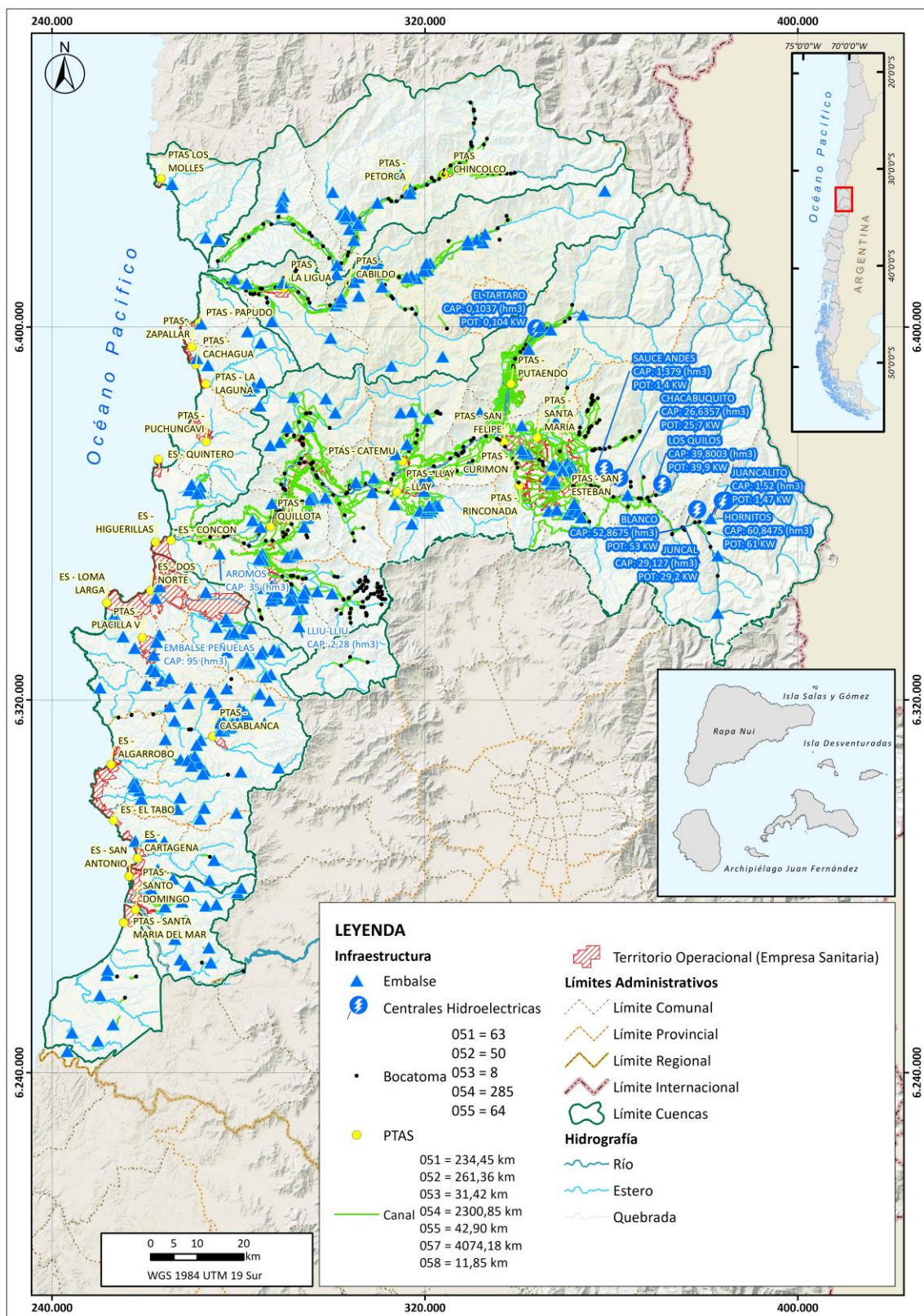
v. Uso de aguas servidas tratadas

En la subcuenca Estero Yali, cuenca Costeras entre Maipo y Rapel, existen iniciativas para el uso de aguas residuales tratadas de la industria Agrosuper, con el fin de proporcionar un uso de riego agrícola según las condiciones recomendadas por el SAG (DGA, 2021).

En el centro urbano de Casablanca, en la cuenca Costeras entre Maipo y Rapel, en el 2018 se contempla una ampliación en la capacidad de la planta elevadora de aguas servidas de 90 a 130 l/s. Además, existe una disponibilidad de aguas servidas, ya que una vez tratadas son reintegradas al cauce y no se especifica el eventual uso que tendrán. El uso de estas aguas puede ser destinado a industrias o agricultura, según cumplimiento de la normativa vigente (DGA, 2021).

En el PEGH Aconcagua (DGA, 2020), se indica que en la región de Valparaíso existen 9 emisarios submarinos en operan en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, Costeras entre Aconcagua y Maipo, Costeras Ligua Aconcagua, Río Aconcagua y Río Maipo. Estos emisarios submarinos descargan aguas residuales directamente al mar, en el año 2014 se superaron los 80 millones de m³ de agua descargada.

Según el estudio realizado, se analizan tres escenarios de la región de Valparaíso, en donde se indica que: en el sector de Quillota las fuentes de aguas residuales más cercanas a la provincia son los emisarios submarinos de Quintero, Concón, Higerillas y Dos Norte ubicadas en la costa central de la región (cuencas Costeras Ligua Aconcagua, Río Aconcagua y Costeras entre Aconcagua y Maipo). Estos emisarios podrían llegar abastecer el 48,5% de la demanda hídrica. La propuesta contempla utilizar 1,1 m³/s de aguas residuales descargadas vía emisarios submarinos, para esto se necesita un tratamiento adicional al pretratamiento actual, construyendo unas PTAS para llegar a la calidad requerida (DGA, 2020).



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

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

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

Dentro de la región de Valparaíso 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 3.1-4.

Tabla 3.1-4 Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región de Valparaíso

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Gran Viña del Mar	Viña del Mar, Reñaca, Quilpué y Villa Alemana	Costeras entre Aconcagua y Maipo (55) y Río Aconcagua (54)	D.S. N°1902 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Gran Valparaíso	Valparaíso, Placilla, Curauma y Laguna Verde	Costeras entre Aconcagua y Maipo (55)	D.S. N°1901 del 31-10-2002
Plan Maestro de Aguas Lluvias Con Con	Con Con	Río Aconcagua (54)	D.S. N°112 del 08-02-2022

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

En la Tabla 3.1-5 se presentan los tramos colectores presentes en la región.

Tabla 3.1-5 Obras de tramo colector presentes en la región de Valparaíso

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Las Golondrinas, 8 Norte, Aníbal Pinto, Limonares, Los Carolinos, Forestal 2, G.O'Higgins, Las Rejas, Los Fresnos, Los Abetos, Forestal 1, Lusitania, Vonschroeder, Ferrocarriles, Los Aromos, Madrid, Palmilla, Lautaro, Canal Leighton, Primera, Byers, El Retiro, El Tranque, Las Rosas, Cause Valencia, Villa Alemana, Florencia, Frodden, Los Maquis, Mena, Aymara, Severin, Gregoria, Uruguay, Torpederas, Tomas Ramos, Taquedero, San Martin, Melgarejo, Marquez, Las Heras, Francia, Clave, Carampangue, Cauce Cabritería, Bellavista, Barón, Argentina, Phillipi, Las Taninas y Cartagena	Existente	Costeras entre Aconcagua y Maipo
Interceptor Divina Providencia, García H. D Mendoza, Eucaliptus – Av. Chile, Barros Luco, Curicó, Puerto San Antonio, Aconcagua – Coquimbo, Luis Reuss, Angamos Norte, Blanco Encalada, San Martin y Estero Arévalo		Rio Maipo

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Las Golondrinas, 5 Norte, 1 Norte, 8 Norte, Aníbal Pinto, Canal Beagle, Limache, Los Carolinos, Álvarez-Quillota, Etchevers Forestal 1, Forestal 2, G. Navales, Eklonia, G.O'Higgins, Las Rejas, Los Abetos, Salvador Vergara, Lusitania, 12 Norte, Vonschroeder, Condell, Ehuahuali, El Mirador, Ferrocarriles, Gumercindo, Las Américas, Los Aromos, Manuel Montt, Madrid, Palmilla, Lautaro, Primera, Unión, Aranda, El Belloto, Calle 3, Byers, El Tranque, Las Rosas, Cause Valencia, Eusebio Lillo, Villa Alemana, Florencia, Los Maquis, Lincoyan, Mateo Toro Zambrano, Mena, Patricio Lynch, Baden Powell, Severin, El Ocaso, Gregoria, Uruguay, Torpederas, Tomas Ramos, Melgarejo, Las Heras, Francia, Clave, Cauce Cabritería, Bellavista, Baron, Phillipi, Las Taninas, San Martin, 21 De Mayo, Llolleo, Tarapacá, Cartagena, Las Lilas, Clorinda, Playa Grande, Central – Costanera, Variante San Sebastián, El Peral Sur, De La Plaz, Alto, Av. Central, De La Plaza Bajo, Av. Norte, Lo Abarca, Osvaldo Ruíz De Gamboa, Los Pioneros, 5 De Septiembre, Interceptor El Peral - Costa Azul y 2 Sur	Proyectado	Costeras entre Aconcagua y Maipo
Camino A Leyda, Camino A San Juan, Callejón Del Diablo, El Rosedal, El Arayán - Joaquín Robledo, Luis Cabrera, Intersector Providencia – México, San Pedro, Santa Lucia, Interceptor Divina Providencia, García H. De Mendoza, Las Mercedes, Interceptor, García Hurtado De Mendoza, José María Caro, Circunvalación Los Armos, Los Laureles, Los Nogales, Luís Uribe, Curicó, La Playa, Aconcagua, Coquimbo, Maule, Copiapó, Antofagasta, Tacna, El Molo, Independencia, Florencia - Génova – Dolores, Luis Reuss, Angamos Norte, 21 De Mayo, Blanco Encalada, Asturias, Mejoramiento Canale, Cementerio, San Luis, Las Almenas, Camilo Henríquez, El Mirador, Florencia, Manuel Montt y Cardenal Silva Henríquez		Rio Maipo

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

No hay obras de control aluvional en la región.

En la región se ha implementado la intervención del río Aconcagua y de alguno de sus afluentes, modificando cauces y alterando el uso de suelos. Es por esto que se genera la necesidad de contar con un plan de manejo de cauces, para afrontar futuros eventos de inundación y afectación por erosión de población e infraestructura pública y privada (DGA, 2020).

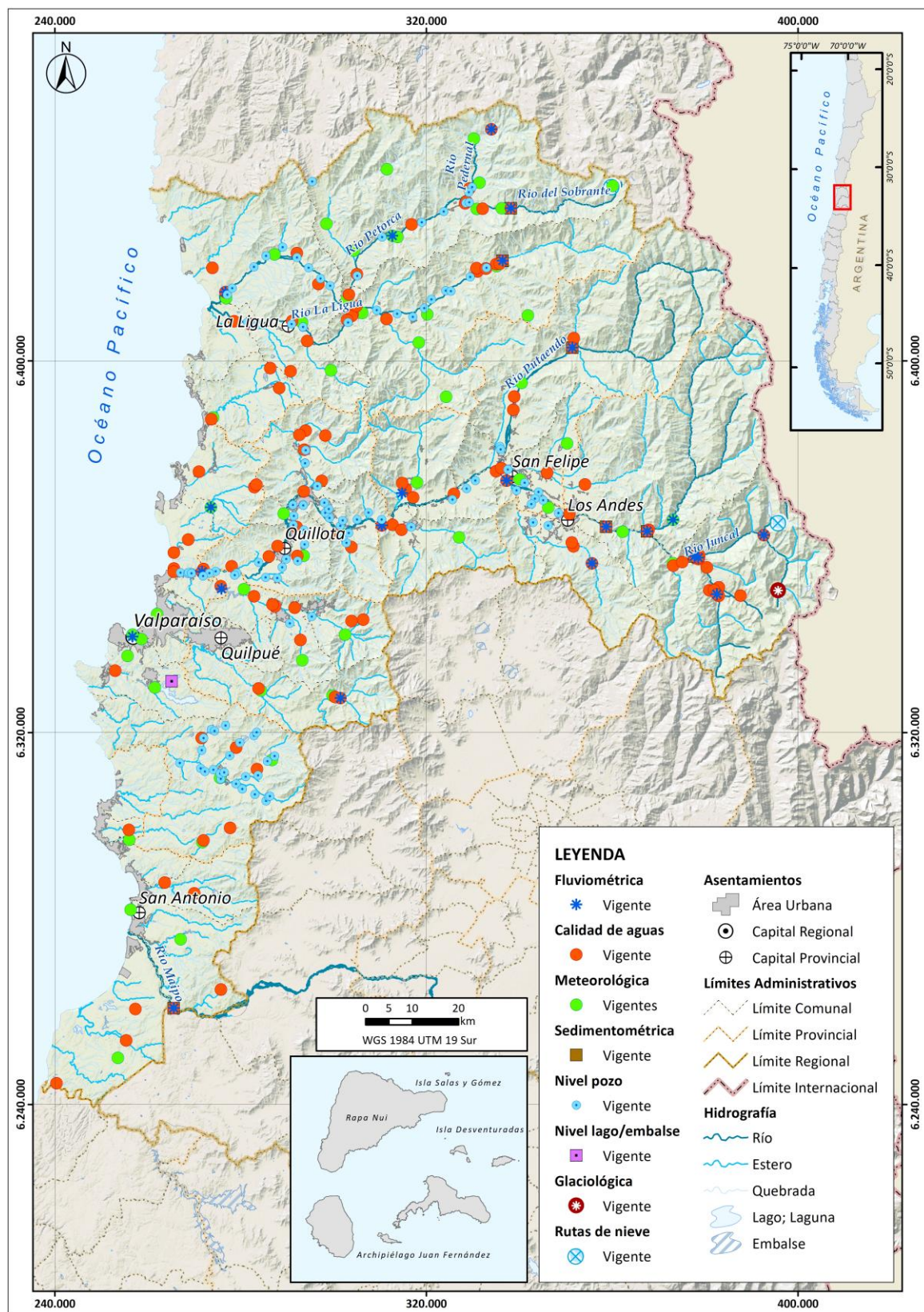
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región de Valparaíso se encuentran 341 estaciones de monitoreo vigentes que constituyen la red hidrométrica de la región. En la Tabla 3.1-6 se muestra en detalle el tipo de estación presente en la región y su estado, en el Anexo 06.01 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 Petorca y Río Aconcagua.

Tabla 3.1-6 Estaciones de monitoreo de la región de Valparaíso

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	118	0
Fluviométrica	25	0
Meteorológica	65	0
Nivel de pozo	121	0
Sedimentométrica	8	0
Nivel de lago y embalses	1	0
Glaciológica	1	0
Rutas de nieve	2	0
Total	341	0

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1-7

Red hidrométrica de la región de Valparaíso

3.1.2 Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente

A continuación, se exponen las propuestas identificadas en diversos estudios y planes para la región de Valparaíso entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 06.04.

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 3.1-7.

Tabla 3.1-7 Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	8
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	10
	Defensa fluvial y aluvional	1
	Desalinización	3
	Infraestructura de riego	9
	Infraestructura de distribución de agua	10
	Obras de acumulación de agua	29
	Reúso de aguas residuales	6
	Redes de aguas lluvias	10
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	4
	Drenaje de aguas	1
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	8
	Conservación de riberas	2
	Total	101
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	7
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	1
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	1
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	2
	Conservación y restauración de riberas y cauces	10
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	7
	Estudios obras de acumulación de agua	12
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	3
	Conservación obras de riego	0
	Estudio sistemas de riego	1

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Estudios contaminación de aguas	0
	Estudios de saneamiento	1
	Estudios de aguas lluvias	1
	Estudio obras de distribución de aguas	9
	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	0
	Total	61
Medidas de gestión	Creación de capital humano	15
	Análisis situación legal DAA	1
	Fortalecimiento y formalización de OUA	8
	Reservas de agua	1
	Manejo de quebradas	1
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	1
	Manejo de normas ambientales e hídricas	7
	Planes y políticas	23
	Total	57
Total, general		219

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 3.1-8.

Tabla 3.1-8 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	83	37	35	25
Infraestructura hídrica no estructural	59	12	18	25
Medidas de gestión	56	6	19	11

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-9 se presentan las iniciativas que contienen información acerca del estado de su ejecución.

Tabla 3.1-9 Iniciativas con estado de ejecución

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
Infraestructura hídrica estructural	Infraestructura de distribución de agua	1	Perfil

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
	Infraestructura de riego	2	Factibilidad (1), Perfil (1)
	Obras de acumulación de agua	13	Perfil (11), Factibilidad (1), Postula a diseño (1)
Infraestructura hídrica no estructural	Defensa fluvial y aluvional	1	Perfil

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-10 se presentan los planes de desarrollo de empresas sanitarias presentes en la región por implementar.

Tabla 3.1-10 Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Valparaíso

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
ESVAL S.A.	2021	Gran Valparaíso (Concón, Curauma, Placilla de Peñuelas, Quilpué, Reñaca, Valparaíso, Villa Alemana y Viña el Mar)	Ampliación PEAS, ampliación SPAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, obras de distribución, ampliación PEAP, obras de almacenamiento y potabilización, renovación de red de AS, construcción obras de capacidad PTAS
		Litoral Sur (Algarrobo, Algarrobo Norte, Cartagena, El Quisco, El Tabo, Isla Negra, Las Brisas de Mirasol, Las Cruces, Mirasol Algarrobo, Punta de Tralca, San Antonio, San Sebastián y Casablanca)	Ampliación PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, obras de distribución, renovación de red de AS y captaciones
		Quillota Norte (Cachagua, Cabildo, Chincolco, La Laguna, La Ligua, Maitencillo, Papudo, Petorca, Placilla de La Ligua,	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, obras de almacenamiento y potabilización, obras de distribución, construcción obras de capacidad PTAS, ampliación PEAS, ampliación PEAP, reposición equipos PEAS, refuerzo de colectores, ampliación

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Puchuncaví, Quintero y Zapallar)	PTAS y obras de disposición de residuos
		Quillota Aconcagua (Artificio, Hijuelas, La Calera, La Cruz, Limache, Nogales, Quillota y San Pedro)	Captaciones, mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, obras de distribución, reposición equipos PEAS, ampliación PEAS y ampliación SPAP
		San Felipe (Almendral, Calle Larga, Catemu, Llay Llay, Los Andes, Putaendo, Real Curimón, Rinconada, San Esteban, San Felipe y Santa María)	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, ampliación SPAP, captaciones, reposición equipos PTAS, obras de distribución, ampliación PEAP, ampliación PEAS, obras de almacenamiento y potabilización, ampliación PTAS, obras de disposición de residuos
Coopagua Santo Domingo	2020	Santo Domingo	Captaciones, obras de distribución, reposición equipos PTAS, reposición y conservación PEAP, aumento de capacidad PEAP, mejoramientos en la red de distribución de AP, refuerzo de colectores
Aguas Santiago Norte	2022	Puchuncaví	Obras de distribución, obras de almacenamiento y potabilización, construcción PEAP, ampliación PEAP, construcción PEAS, ampliación PEAS, reposición equipos PEAS, refuerzo de colectores
Aguas San Isidro	2020	La Ligua	Reposición equipos PTAS, obras de distribución y mejoramientos en la red de distribución de AP

Fuente: Elaboración en base a SISS (2024).

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

Tabla 3.1-11 Planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región de Valparaíso

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto	Estado decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias San Felipe	San Felipe	Río Aconcagua (54)	s/i	En desarrollo

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

3.1.2.2 Iniciativas ejecutadas en el periodo 2015-2023

A partir de los antecedentes de la Inversión histórica del MOP entre los años 1986-2023, en la Tabla 3.1-12 se presentan las iniciativas ejecutadas a partir de las estrategias de acción y montos asociados a cada proyecto.

Tabla 3.1-12 Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° iniciativas	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	APR concentrado	96	37.624.508	49.002.242
		APR semi concentrado	13	35.750.967	36.651.556
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	120	71.247.822	83.157.532
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	116	123.716.026	145.486.920
	Infraestructura de acumulación de agua	Grandes obras de riego	77	87.724.751	111.899.032
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	36	22.969.541	27.655.164
		Evacuación y drenaje de aguas lluvias	24	20.374.380	27.652.849
Infraestructura hídrica no estructural	Estudios de saneamiento	Administración de programas sanitarios	1	451.039	451.039
	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación aluvional	1	463.043	667.382
		Conservación de riberas (defensas fluviales)	21	11.267.701	13.845.465

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° iniciativas	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Medidas de gestión	Planes y políticas	Planes maestros de obras fluviales	4	598.184	608.807
		Planes maestros de aguas lluvias	8	706.772	847.020

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 06.05 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 superficial⁶ 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).

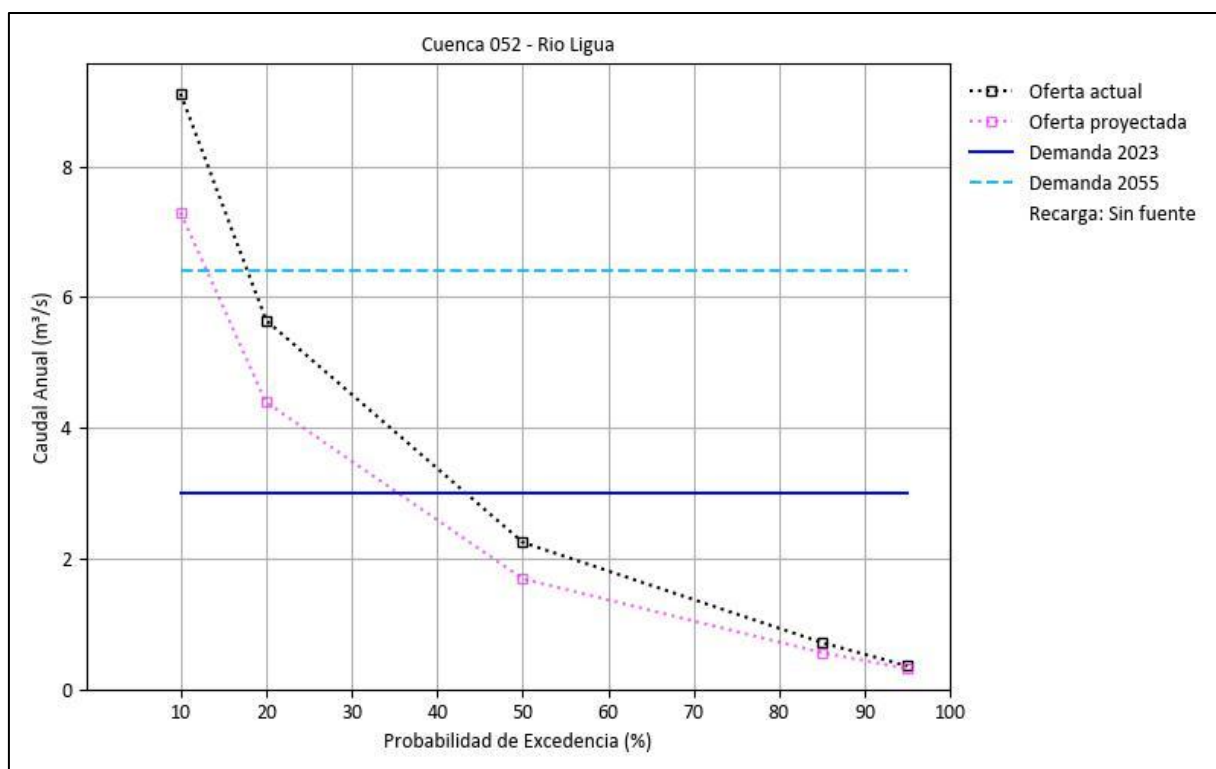
Clasificación final: En el caso de existir dos (2) tipos de restricción (superficial y subterráneo) en la cuenca, esta se define inmediatamente como **cuenca crítica**. En el caso de existir un (1) tipo de restricción (superficial o subterráneo) en la cuenca, la clasificación definida en el *Criterio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

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

Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-2 se observan 2 cuencas consideradas **cuenclas críticas**, es decir, donde la demanda total supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%, lo que se puede observar en la Figura 4.1-1 para la cuenca del río Ligua (BNA 052).

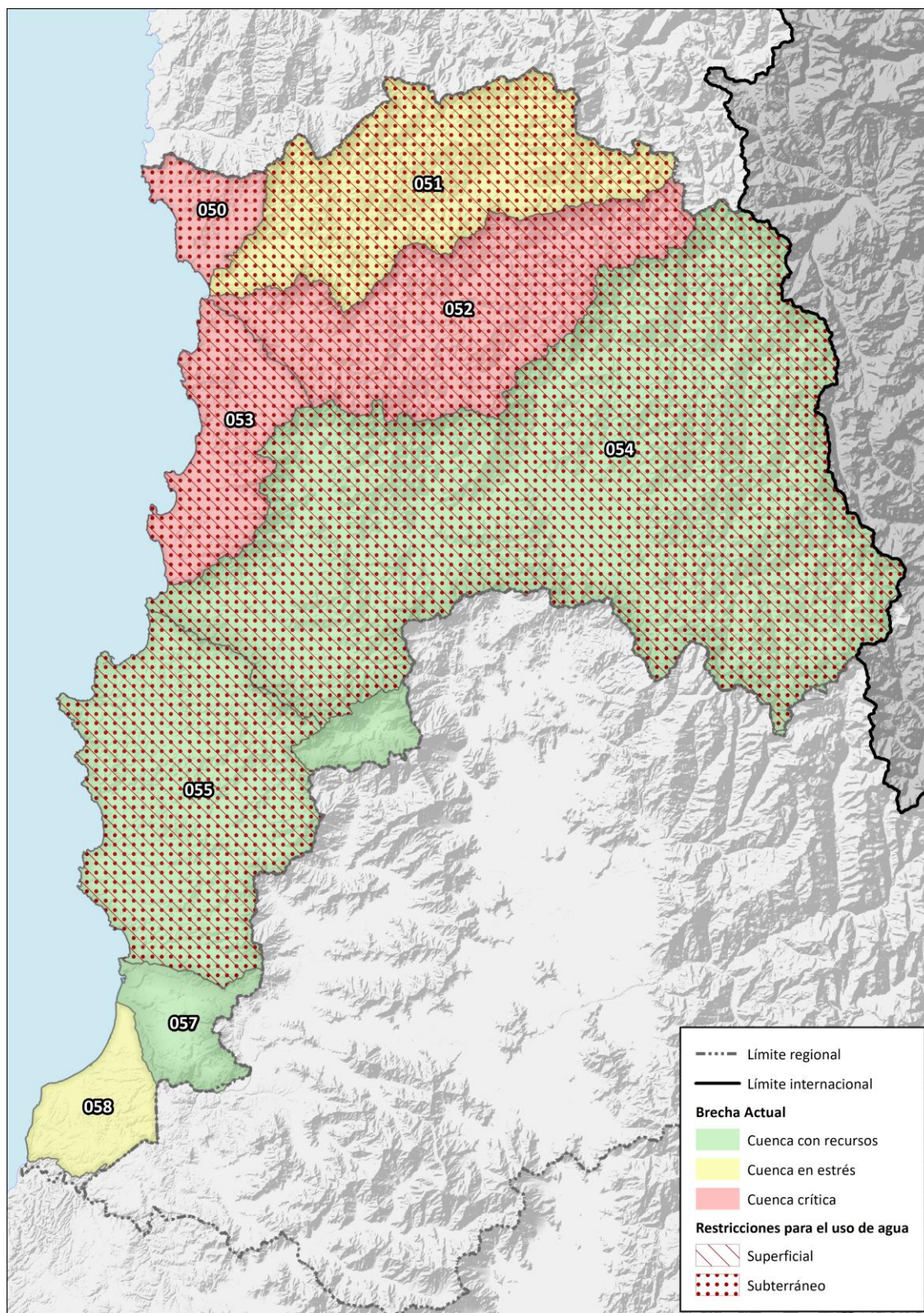
⁶ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)

Por otra parte, en la misma figura se muestra que hasta 4 cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles o en estrés**. No obstante, se debe considerar que **todas** las cuencas de la región actualmente poseen restricciones tanto para el uso de aguas superficiales como para aguas subterráneas, por lo que finalmente se reclasifican a **cuencas críticas** (ver Tabla 4.1-1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 052



Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de Valparaíso

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
050	Costeras Quilimarí-Petorca	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
051	Rio Petorca	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
052	Rio Ligua	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
053	Costeras Ligua-Aconcagua	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
054	Rio Aconcagua	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
055	Costeras entre Aconcagua y Maipo	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica

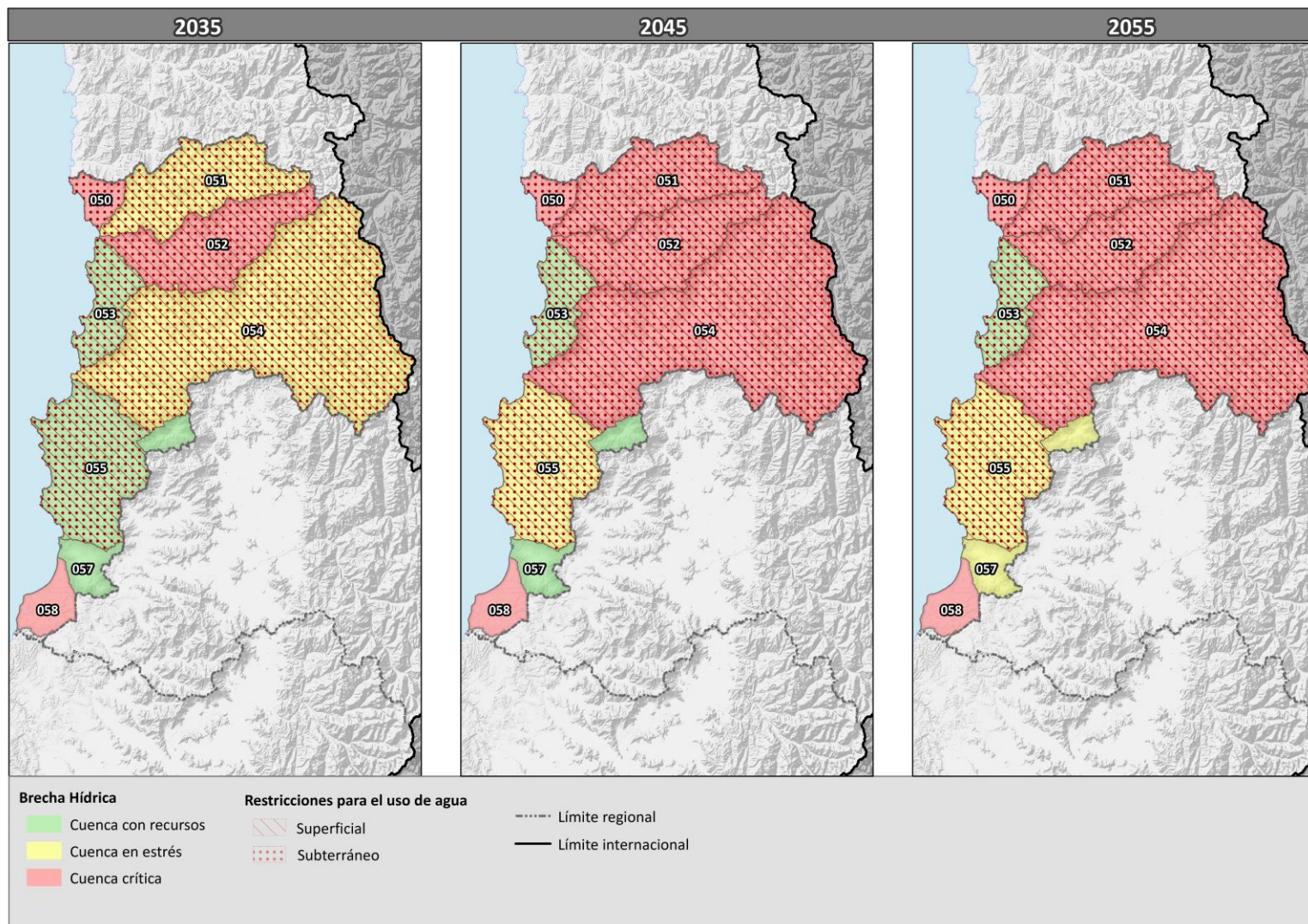
(*) Respecto a la cuenca N° BNA 056, Islas del Pacífico, no se dispone de información suficiente para realizar una clasificación adecuada.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que todas las cuencas se encuentran en una situación crítica al año 2025, ya sea por el balance hídrico de la cuenca o por la presencia de restricciones superficiales o subterráneas. Así, según el balance hídrico de la cuenca, si bien el estado de las cuencas puede mejorar, la situación empeora si se consideran las restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales están en todas las cuencas de la región), determinando una situación crítica. Si bien estas restricciones no son estarán siempre presentes, se consideran de igual forma para las ventanas lejanas, lo que se puede ver en la Figura 4.1-3.

Sin embargo, a pesar de lo anterior es importante mencionar que una fuente de los recursos hídricos utilizados en las cuencas corresponde a recursos subterráneos, los que permiten acortar la brecha hídrica de interpretar solo el cruce de oferta y demanda. En este sentido, existe una brecha de información en varias de estas cuencas, donde no existe un estudio específico que defina la magnitud de las recargas en ellas para un total entendimiento de la situación. 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.

Del total de cuencas, se visualiza una situación más crítica en lo que respecta a recursos hídricos en las cuencas del Río Ligua (Código BNA 052) y río Aconcagua (Código BNA 054). Esta selección se realizó considerando aquellas cuencas que cuentan con alguna estimación de la recarga subterránea, la situación hídrica futura sea crítica y que posean magnitudes de oferta y demanda de agua representativas, tal que su situación sea importante a nivel regional. Los resultados muestran que la zona del río Aconcagua es la más crítica de la región si se considera el periodo 1985-2015 como referencia, mientras que, dada la mega sequía que ha experimentado esta zona se ha llegado a este nivel de estrés hídrico.



Fuente: Elaboración propia

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

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 19% y un 34% de las viviendas rurales.
- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de alrededor del 12% de la población rural.
- No se posee información en relación al acceso de red de alcantarillado de alrededor de entre el 12% y el 28% de la población rural.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable ya que los indicadores dejan fuera de análisis a las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Los Andes, Quillota, Calera, San Antonio, San Felipe, Quilpué y Villa Alemana.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al saneamiento rural ya que los indicadores dejan fuera de análisis a las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Los Andes, Quillota, Calera, San Antonio, San Felipe, Quilpué, Villa Alemana, Juna Fernández y Panquehue.

- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS presenta información de saneamiento, pero los catastros se encuentran restringidos a aquellos SSR que poseen tarificación.
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos.
- 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.
- 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.
- La cuenca Costeras Quilimarí - Petorca (Código BNA: 050), Costeras entre Aconcagua y Maipo (Código BNA 055) e Islas del Pacífico (código BNA 056), no se dispone de información específica sobre la calidad del agua.

ii. Para caracterización de oferta-demanda

- Desconocimiento de los titulares de DAA.
- Déficit de estaciones y metodologías de muestreo de calidad de aguas.
- Bajo nivel de integración de datos e información proveniente del sector público y privado.
- Carencia de protocolo de validación de información proveniente de distintas fuentes, ya sea público o privado
- Se identifica déficit de estudios hidrogeológicos actualizados y de modelación de las cuencas de la región lo que permite conocer la disponibilidad hídrica, mejorar su distribución y uso considerando los niveles actuales de la cantidad del recurso en una situación de cambio climático y déficit hídrico.
- Falta de estudios con estimaciones de recarga
- La selección de un único GCM del Balance Hídrico Nacional como escenario desfavorable por región no permite realizar todos los análisis de la manera. Esto debido a que se seleccionó aquel GCM más desfavorable a nivel general y priorizando las cuencas más relevantes, pero pudiendo haber cuencas que no necesariamente corresponde al escenario más desfavorable. Además, existen limitaciones en estos GCM, aclarados en el mismo estudio del Balance Hídrico Nacional.

- No se presentan catastros a nivel regional y comunal con la totalidad de eventos extremos ocurridos.
- Se reconoce una carencia de datos sobre los consumos reales de agua por parte de los principales sectores productivos en la región. Esta falta de información no solo dificulta la estimación de la demanda actual de agua, sino también dificulta la capacidad de proyectar de manera adecuada las necesidades futuras.

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

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

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

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

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

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

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
Se demuestran periodos de sobreexplotación de recursos hídricos rurales de entre un 16,5%. Paradójicamente, se estima además que entre un 16% y un 22,6% de las viviendas rurales catastradas no acceden al agua potable, y que, la brecha de información abarca de entre el 19% y el 34,3% del total de viviendas rurales (ver acápite 2.2.1)	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en zonas con menor acceso, especialmente en áreas rurales.	Porcentaje de cobertura de la red de agua potable rural respecto del total de viviendas de la cuenca.	Cobertura menor a o igual a 70% Cobertura mayor a 70% y menor a 85% Cobertura mayor o igual a 85	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	2	4	4
Se estima que entre un 43,2% y un 46,1% de la población rural no posee acceso a alcantarillado, presentándose además una brecha de información de entre el 12,2% y el 27,8% del total de población rural (ver acápite 3.1.1.4 ii)	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentrados y desconcentrados	Falta de mejora de la infraestructura sanitaria para asegurar el acceso al consumo humano y saneamiento. Falta de actualización de protocolos para asegurar la calidad del agua en pozos APR.	Porcentaje de cobertura de la población saneada por alcantarillado rural o urbano respecto al total de la población de la comuna.	Cobertura menor a o igual a 30% Cobertura mayor a 30% y menor a 50% Cobertura mayor o igual a 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
La proyección de la población rural en áreas con APR en las cuencas de la región de Valparaíso, presenta un incremento de alrededor de un 52% en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel (código BNA 058) para el año 2055, otra de las cuencas con un importante aumento de población son las cuencas Costeras entre Aconcagua y Maipo (código BNA 055) con un 21% de aumento proyectado en la población para el año 2055, el resto de las cuencas se proyecta un incremento en la población rural de entre un 13% y 16% para el 2055 respecto a la población actual. Para las áreas sin presencia de APR, donde se observa una proyección del 13% de aumento en la población para el año 2055 en las cuencas de la región, a excepción de las cuencas Costeras Quilimarí Petorca (código BNA 050) y la cuenca del Río Petorca (código BNA 051). (ver acápite 2.2.2)	Aumento de la demanda de agua potable en áreas sin planificación y sin disponibilidad suficiente.	-	Tasa de migración en las comunas de la región (x1000)	Migración neta mayor o igual a 10 Migración neta menor a 10 y mayor a 0 Migración neta menor o igual a 0	Alta =4 Media =2 Baja =2	1	1	1	4	4	4	4	2	4
Se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 94,9% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un aumento en la tasa de crecimiento de un 0,02%.	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	4	2	2	2	1	2	1	2	1
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 34% a nivel regional; las pérdidas más altas se registraron en la localidad de Hanga Roa y Catemu (más de un 60% de pérdidas), mientras que solo las localidades de Las Rocas de Santo Domingo, La Ligua, Casablanca y Placilla de la Ligua se mantuvieron bajo un 20% de pérdidas. (ver Anexo 06.05 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)	-	Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Perdidas mayor o igual a 40% Pérdidas menor a 40 y mayor a 20% Pérdidas menor o igual a 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	2	2	2	2	4	2	1
Se están llevando a cabo proyectos importantes dentro de la región, entre ellos destacan la Desaladora Petorca ubicada en la cuenca Costeras Ligua Aconcagua, de uso multipropósito operada por Desala, con una capacidad de 1200 L/s. Además, se encuentra en proceso la planta desalinizadora Aconcagua de Aguas Pacífico S.A., emplazada en la cuenca Costeras Ligua Aconcagua, con una capacidad de 1000 L/s de uso multipropósito. Por otra parte, en la Cuenca del Río Aconcagua, existe una recarga artificial del acuífero, en donde el sistema comprende de 7 piscinas de infiltración en las riberas del cauce del río Aconcagua, que considera una total de infiltración de 25.8 hectáreas (DGA, 2020).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Insuficiente construcción de infraestructura multipropósito, como embalses, desaladoras y sistemas de recolección de aguas lluvias Falta de reutilización de aguas residuales para mejorar la disponibilidad de agua en áreas con escasez.	Uso de fuentes no convencionales de agua en consumo humano	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales para consumo humano Se planifica la implementación de proyectos públicos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	2	4	4	4	4

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 de Valparaíso

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
En la región de Valparaíso, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 79,6%. Esta eficiencia varía entre un 85% y un 73%, siendo la cuenca "Costeras entre Maipo y Rapel" la que presenta el valor más alto, y las cuencas "Río Aconcagua" el valor más bajo. Aunque se observan eficiencias de aplicación de riego elevadas y no hay una disparidad significativa 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 06.02)	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Insuficiente adopción de tecnologías avanzadas y diversificación de fuentes hídricas para mejorar la eficiencia del riego. Falta de modernización de la infraestructura de riego para promover la producción agrícola sostenible y optimizar el uso del agua.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 70% 70% < Eficiencia de riego < 80% Eficiencia de riego ≥ 80%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	2	2	1	1	1
En la región de Valparaíso se identifican aproximadamente 2.900 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Aconcagua, donde se concentra aproximadamente el 80% 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 06.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.		Longitud total de canales de riego	Concentra más del 50% de los canales de la región. Concentra entre el 5 y el 50% de los canales de la región. Concentra menos del 5% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	2	2	1	4	1	1	1	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de Valparaíso aumentará en un 76% para el año 2055. A pesar de que en los últimos 14 años se ha observado un cambio significativo hacia la reducción de cultivos frutales y aumento de viñas y parronales, los cuales muestran una mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico en comparación con los frutales, 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.	-	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 40% 6% < Variación ponderada de la demanda < 40% Variación ponderada de la demanda ≤ 6%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	2	1	4	2	1	2	2
En la región de Valparaíso, actualmente se identifican Juntas de Vigilancia (JV), Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS), Comunidades de Aguas (CA) y Asociaciones de Canalistas (AC).	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 colaboración entre usuarios de agua e instituciones para facilitar la gestión conjunta y mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura.	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	1	2	2	1	2	4	4	4
En la región de Valparaíso, después de la actividad agropecuaria-silvícola, la industria manufacturera y la minería se destacan como los principales sectores económicos que demandan recursos hídricos en la actualidad. No obstante, lo anterior, se proyecta una reducción del 22% en la demanda de agua por parte de la actividad minera para el año 2055 en comparación con 2023. En contraste, se espera que la demanda total de agua de la industria manufacturera aumente en un 109% para el mismo período. Ante este escenario, es crucial implementar tecnologías innovadoras y eficientes para una gestión sostenible del recurso hídrico en el sector industrial (mayor detalle en acápites 2.2.5 y 2.2.6 del estudio).	Déficit de modernización de tecnologías y optimización del uso a través de equipos y procesos para la eficiencia hídrica en la producción minera e industrial	-	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica industrial (mayor aporte de PIB Regional) (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 100% 50% < Variación ponderada de la demanda < 100% Variación ponderada de la demanda ≤ 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	4	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2-3 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Valparaíso (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
En la región de Valparaíso se han identificado 340 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: Peñuelas (95 hm³) y Aromos (35 hm³). Los volúmenes de almacenamiento promedio mensual son 15,3 hm³ para Peñuelas (16% de su capacidad), 21,6 hm³ para Aromos (62%). 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.	Falta de construcción de embalses para asegurar la gestión sostenible del agua en la región.	Disminución de la oferta hídrica superficial a obras de acumulación. (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial a obras de acumulación ≥ 8% 4 % < variación de la oferta hídrica superficial a obras de acumulación <8% Disminución de la oferta hídrica superficial a obras de acumulación ≤ 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	4	1	1	s/i	4	1
En la región de Valparaíso se han implementado obras multipropósito destinadas a garantizar el suministro de agua mediante fuentes no convencionales, así como proyectos futuros en esta línea. Estas obras abarcan la recarga artificial de acuíferos, la instalación de desaladoras y el uso de aguas servidas tratadas, distribuidas en 3 cuencas de la región. En las demás cuencas, no se han identificado obras en funcionamiento ni proyectos futuros hasta el momento (mayor detalle en acápite 3.1.1.6 del estudio).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el desarrollo de actividades productivas a escalas relevantes.	Falta de incorporación de nuevas fuentes de agua para asegurar la gestión sostenible del agua en la región. Insuficiente innovación tecnológica en riego y mejora de la infraestructura de distribución para garantizar un suministro resiliente.	Presencia de obras o proyectos multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales. Se planifica la implementación de proyectos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales. Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	1	4	4	4	2

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 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 4.2-4 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Valparaíso

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
En la región de Valparaíso, la actividad agrícola es predominante en las zonas rurales, especialmente en áreas como el Valle de Aconcagua. Sin embargo, el uso intensivo de agroquímicos sin prácticas adecuadas de manejo y control conlleva riesgos significativos de contaminación de suelos, cuerpos de agua y del aire, afectando tanto al medio ambiente como a la salud de la población local.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	-	Calidad de agua, parámetro nitrato en la Cuenca	Sobre el límite permitido de 50 mg/L=Alta criticidad. Entre 40 a 50 mg/L=Media criticidad. Bajo 40 mg/L=baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	2	2	4	2	2	1	2	4
El deterioro de la calidad del agua debido a las descargas de aguas servidas es un problema persistente en la región de Valparaíso, afectando tanto a zonas urbanas como rurales. El crecimiento poblacional y la expansión urbana han incrementado la presión sobre los sistemas de saneamiento, resultando en descargas inadecuadas que comprometen la calidad de los recursos hídricos, especialmente en áreas costeras y rurales con infraestructura deficiente.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	-	% de cobertura de alcantarillado	70% de cobertura o inferior=Alta criticidad. 70 al 90%=Media criticidad. Sobre el 90%=Baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Aunque la minería no es tan dominante en Valparaíso como en otras regiones, la actividad industrial, incluyendo la minería a pequeña escala y la actividad portuaria, genera una significativa demanda hídrica y un riesgo de contaminación de las aguas. Las crecientes demandas del sector agrícola y urbano en la región, particularmente en áreas como el Valle del Aconcagua, aumentan la presión sobre los recursos hídricos y el riesgo de contaminación por eventos hidroclimáticos extremos.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones	-	Relaves en desuso en la Cuenca, el caso de Minería. En el caso de industrial, si es el caso que predomina en la región el indicador son los efluentes que generan alerta de contaminación de acuerdo a las fiscalizaciones	Mas de 10 relaves abandonados o efluentes reportados=Alta criticidad. Entre 5 a 10 relaves o efluentes reportados= Media criticidad. Menor a 5 relaves abandonados o efluentes reportados =Baja criticidad.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	1	4	1	1	2	1
La región de Valparaíso enfrenta una fuerte presión sobre sus ecosistemas acuáticos debido al cambio de uso de suelo y la expansión de actividades agrícolas e industriales. La variabilidad climática y los cambios en los flujos hidrológicos afectan negativamente la calidad del agua y la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos de la región, como en las cuencas del río Aconcagua y en las zonas costeras.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Falta de estudios de caudal ambiental en cursos fluviales que alimentan humedales costeros, para asegurar la calidad y cantidad del recurso hídrico y prevenir la degradación del suelo y la desertificación. Falta de conservación y restauración de ecosistemas esenciales, como la reforestación y protección de zonas ribereñas, para la regulación del agua y la biodiversidad	Tasa de deforestación en función de la demanda forestal. (Dda25 - Dda35) /Dda25 (%)	Alta criticidad: Tasa de variación demanda forestal mayor al 2%. Media criticidad: Tasa de variación demanda forestal entre 0% y 2%. Baja criticidad: Tasa de variación demanda forestal negativa o menor al 0%.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	s/i	1	1
La ausencia de normas secundarias de calidad ambiental en las aguas superficiales limita la capacidad de restaurar y proteger cuerpos de agua como lagunas, estuarios y ríos en la región de Valparaíso. Esto es particularmente relevante en zonas con problemas de eutrofización, donde la actividad agrícola e industrial incrementa la presencia de nutrientes y contaminantes, comprometiendo la salud de los ecosistemas acuáticos.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas superficiales	Insuficiente evaluación y protección de ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la declaración de áreas protegidas y la incorporación de parámetros microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua.	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
En Valparaíso, la falta de normas secundarias para la calidad de las aguas subterráneas es un desafío crítico, especialmente en áreas donde estos recursos son fundamentales para el abastecimiento de agua potable y riego agrícola, como en el Valle de Casablanca. La protección insuficiente de los acuíferos ante la contaminación compromete la seguridad hídrica a largo plazo en la región.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas	Insuficiente evaluación y protección de ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la declaración de áreas protegidas y la incorporación de parámetros microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua.	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

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 de Valparaíso (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
Aunque la región de Valparaíso tiene acceso a una infraestructura relativamente avanzada para el monitoreo de la calidad de las aguas, la frecuencia y la cobertura de este monitoreo sigue siendo insuficiente. Esto es especialmente preocupante en cuencas hidrográficas clave, como la del río Aconcagua, donde la presión agrícola y urbana requiere de un seguimiento constante y exhaustivo para garantizar la calidad del agua.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Falta de sistemas de monitoreo y promoción de la economía circular para la conservación de ecosistemas urbanos y rurales.	Número de parámetros monitoreados, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas (se seleccionan los últimos 6 años de periodo).	Alta criticidad: Menos del 50% de los parámetros necesarios monitoreados. Media criticidad: Entre 50% y 75% de los parámetros necesarios monitoreados. Baja criticidad: Más del 75% de los parámetros necesarios monitoreados.	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
La pérdida de la capacidad natural de los ecosistemas en la región de Valparaíso para mejorar la calidad ambiental de las aguas se ha visto exacerbada por la sobreexplotación de recursos hídricos y la insuficiencia del caudal ecológico en ríos y humedales, como en el estuario del río Aconcagua. Esto reduce la capacidad de estos ecosistemas para mantener la calidad del agua y otros servicios ecosistémicos esenciales.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos		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	4	4	s/i	4	s/i	s/i	s/i	s/i
Los humedales de Valparaíso, como los de Mantagua y la desembocadura del río Maipo, son cruciales para la regulación del agua, la retención de sedimentos y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la degradación de estos ecosistemas debido a la falta de caudales ecológicos suficientes y a la presión urbana e industrial está llevando a una pérdida significativa de los servicios ecosistémicos que estos humedales proporcionan.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	Falta de investigación sobre la salud y resiliencia de los ecosistemas locales para adaptarse a cambios climáticos y presiones humanas, asegurando la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y la provisión hídrica.	Cobertura de Protección de humedales = Superficie de Humedales Protegidos / Superficie Total de Humedales en la Cuenca. Considera cualquier tipo de Humedal informado en shape oficial de Ministerio de Medio Ambiente.	Alta Criticidad (4): Porcentaje de Protección < 5% Media Criticidad (2): 5% ≤ Porcentaje de Protección < 25% Baja Criticidad (1): Porcentaje de Protección ≥ 25%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	2	1	4	2

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.

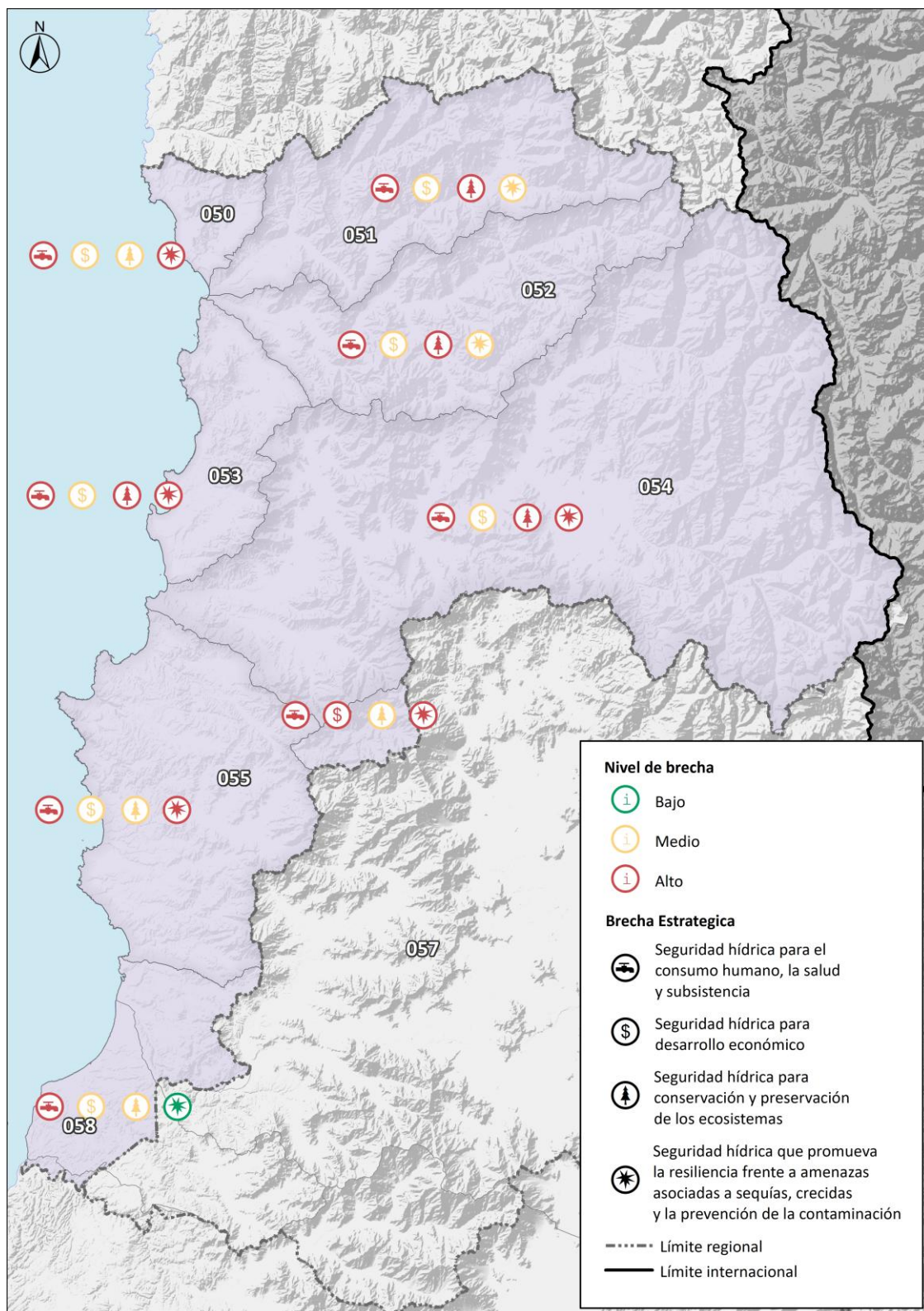
Tabla 4.2-6 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Valparaíso

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Costeras Quilimarí-Petorca	Río Petorca	Río Ligua	Costeras Ligua-Aconcagua	Río Aconcagua	Costeras Entre Aconcagua y Maipo	Islas Del Pacífico	Río Maipo	Costeras Entre Maipo y Rapel
Si bien se observan planes de riesgos de desastre, incendios, tsunami y remoción en masa. Se identifican tres planes maestros de manejo de drenaje de aguas lluvias, de Viña del Mar, Gran Valparaíso y Concón.	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Falta de infraestructuras resilientes para la prevención y mitigación de riesgos hidroclicmáticos, asegurando la calidad del recurso hídrico para la población y actividades productivas.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápite 2.3.2)	Variación porcentual sobre 40% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual entre 10% y 40% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 10% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	2	4	2	2	s/i	s/i	s/i
Dentro de la región no se observa infraestructura de resiliencia, no se cuenta con un plan de manejo de cauces, para afrontar futuros eventos de inundación y afectación por erosión de población e infraestructura pública y privada.	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Falta de infraestructuras resilientes para la prevención y mitigación de riesgos hidroclicmáticos, asegurando la calidad del recurso hídrico para la población y actividades productivas.	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 aluvi3n. Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	4	4	1	4	2
Dentro de la región no se observa infraestructura de resiliencia, no se cuenta con un plan de manejo de cauces, para afrontar futuros eventos de inundación y afectación por erosión de población e infraestructura pública y privada.	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.		Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	4	4	1	4	2

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 de Valparaíso

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

- Implementar políticas públicas para asegurar la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en zonas con menor acceso, priorizando el consumo humano y saneamiento. Esto incluirá mejorar la infraestructura sanitaria, crear nuevas fuentes hídricas, y fortalecer la gestión y monitoreo en áreas como Quintay, Tunquén, Las Dichas y la cuenca del río Aconcagua. Por otra parte, se actualizarán protocolos para asegurar la calidad del agua en pozos APR, con un enfoque en la participación comunitaria y la equidad de género en áreas rurales.
- Asegurar el acceso equitativo y sostenible al agua y saneamiento en la región, reduciendo la vulnerabilidad a riesgos socio naturales. Priorizar la construcción de infraestructura multipropósito, como embalses, desaladoras y sistemas de recolección de aguas lluvias, así como la reutilización de aguas residuales para mejorar la disponibilidad de agua en áreas con escasez. Promover la investigación de nuevos recursos hídricos y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios básicos, especialmente en zonas rurales, contribuyendo a la economía circular del agua.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Promover la gestión sostenible del agua en la región mediante la construcción de embalses, incorporación de nuevas fuentes de agua e infraestructura para riego, apoyando además la restauración de ecosistemas para retener agua. A su vez, se busca fomentar la innovación tecnológica en riego y la mejora de la infraestructura

de distribución, asegurando un suministro resiliente que potencie el desarrollo económico local y la sostenibilidad ambiental.

- Fomentar la producción agrícola sostenible mediante la modernización de la infraestructura de riego, la adopción de tecnologías avanzadas, y la diversificación de fuentes hídricas para optimizar el uso del agua. Esto incluye programas para mejorar la eficiencia del riego en áreas estratégicas como el valle de Putaendo y la cuarta sección del río Aconcagua, así como fortalecer las comunidades de aguas subterráneas en la cuenca Estero Casablanca. Se promoverá una colaboración estrecha entre usuarios de agua e instituciones, facilitando la organización y gestión conjunta, la incorporación de sistemas de telemetría, y la creación de mesas de negociación para una gestión hídrica más eficiente. Además, se evaluarán proyectos de trasvase de agua y se modernizarán las prácticas de gestión del recurso hídrico, garantizando su disponibilidad para la agricultura de manera sostenible.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Promover la conservación y restauración de ecosistemas esenciales para la regulación del agua y la biodiversidad, mediante acciones como la reforestación, la protección de zonas ribereñas, y la revisión y mejora de las estrategias de conservación. Fomentar el desarrollo de un sistema integrado de gestión de destinos turísticos basado en la ecohidrología, donde el paisaje se reconozca como un componente vital para la diversidad biológica, hidrológica y sociocultural. Asimismo, se apoyará la realización de estudios de caudal ambiental en cursos fluviales que alimentan humedales costeros, con el fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico, promoviendo prácticas sostenibles que prevengan la degradación del suelo y la desertificación en la región.
- Fortalecer la protección y gestión sostenible del patrimonio natural, promoviendo la conservación de ecosistemas urbanos y rurales a través de la implementación de sistemas de monitoreo, la promoción de la economía circular, y el desarrollo de infraestructuras resilientes. Se prioriza la evaluación y protección de ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la declaración de áreas protegidas y la incorporación de parámetros microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua. Además, se busca fomentar la investigación sobre la salud y resiliencia de los ecosistemas locales, para adaptarse a los cambios climáticos y presiones humanas, asegurando la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y la provisión hídrica en la región.

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

- Promover el cuidado del patrimonio natural y a la población urbana y rural a través del reforzamiento de infraestructuras resilientes para la prevención y mitigación de riesgos hidroclimáticos que asegure, además, el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico para las necesidades de la población y las actividades productivas.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región de Valparaíso (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 219 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, drenaje de aguas, recarga de acuíferos y conservación de riberas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

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

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

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
Seguridad Hídrica Nacional				
D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	Implementar políticas públicas para asegurar la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en zonas con menor acceso, priorizando el consumo humano y saneamiento. Esto incluirá mejorar la infraestructura sanitaria, crear nuevas fuentes hídricas, y fortalecer la gestión y monitoreo en áreas como Quintay, Tunquén, Las Dichas y la cuenca del río Aconcagua. Por otra parte, se actualizarán protocolos para asegurar la calidad del agua en pozos APR, con un enfoque en la participación comunitaria y la equidad de género en áreas rurales. Asegurar el acceso equitativo y sostenible al agua y saneamiento en la región, reduciendo la vulnerabilidad a riesgos socionaturales. Priorizar la construcción de infraestructura multipropósito, como embalses, desaladoras y sistemas de recolección de aguas lluvias, así como la reutilización de aguas residuales para mejorar la disponibilidad de agua en áreas con escasez. Promover la investigación de nuevos recursos hídricos y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios básicos, especialmente en zonas rurales, contribuyendo a la economía circular del agua	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	
		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	Identificar y promover áreas productivas estratégicas en colaboración entre los sectores público, privado y de la sociedad civil para crear oportunidades de desarrollo sostenible. Para esto se propone fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos hídricos, particularmente en la agricultura y la silvicultura. Además, se propone el desarrollo de una infraestructura y gestión del agua multipropósito y resiliente al clima que aproveche las soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos. También se apunta a identificar oportunidades territoriales actuales y futuras para expandir la base económica de las áreas rurales a través de diversas actividades competitivas relacionadas con el agua, promoviendo el dinamismo económico local y el empleo. Se enfatiza también la importancia de la infraestructura estratégica de gestión del agua para permitir el desarrollo rural sostenible, al tiempo que considera los sistemas hídricos naturales como un apoyo fundamental para la planificación y el diseño de intervenciones. Por último, se busca desarrollar las ventajas tecnológicas vinculadas a los recursos naturales y el capital humano, promoviendo servicios de infraestructura especializados para sectores clave como la minería, la silvicultura, la acuicultura y la agroindustria. Implementar una gestión integrada del agua a nivel de cuenca, promoviendo infraestructura para gestionar su disponibilidad, con énfasis en aquellas áreas con escasez. Asimismo, se debe fomentar la investigación y la identificación de fuentes de agua nuevas y existentes para una gestión y calidad del agua eficiente, sostenible y asequible en diversos usos. Finalmente, se pretende promover mecanismos y medidas de incentivos para impulsar planes, programas e iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso racional y sostenible del agua, basados en la modernización del sistema y el fomento de usos múltiples, incorporando criterios ambientales.	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
		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

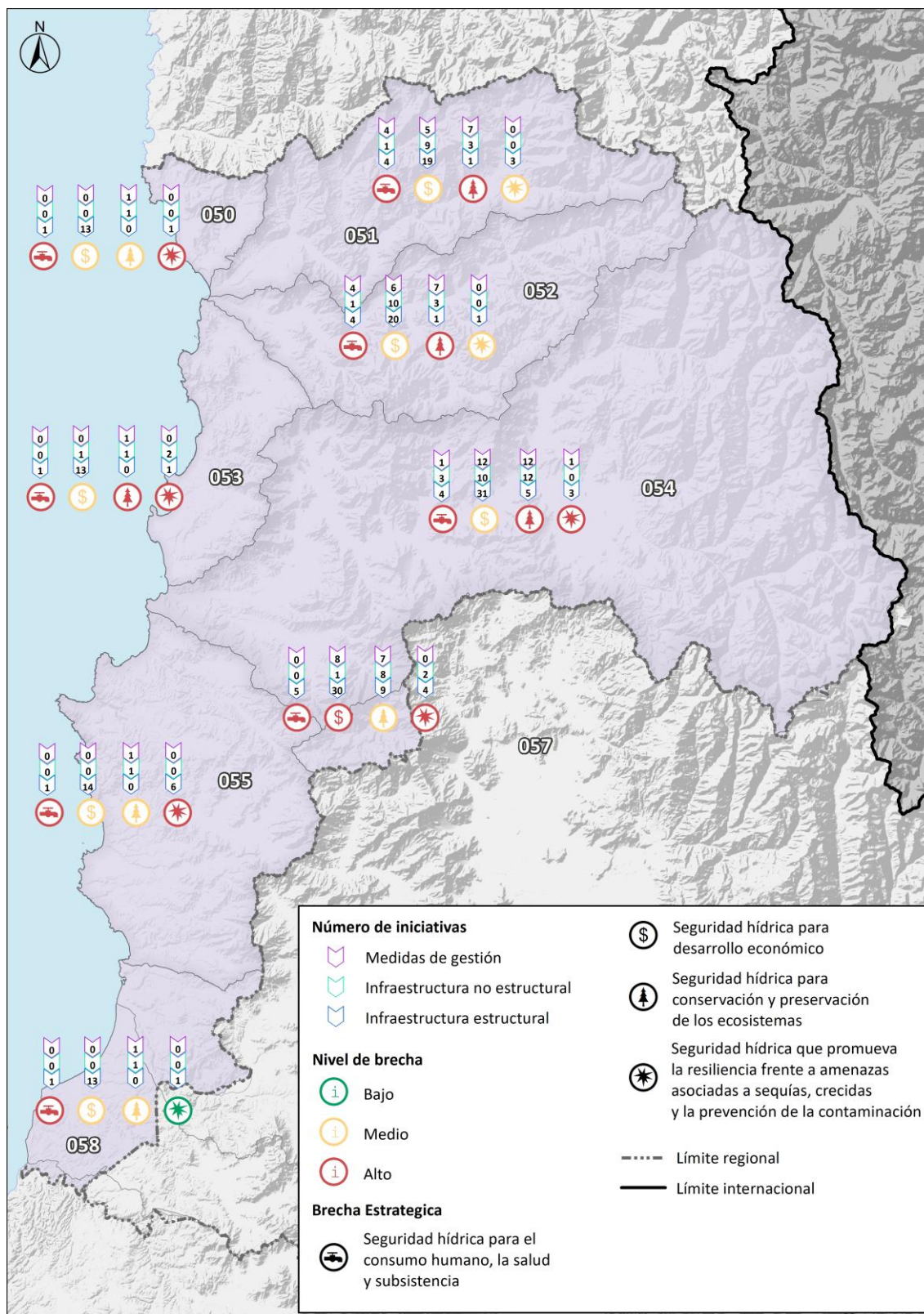
Fuente: Elaboración propia

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

Dimensión estratégica Seguridad Hídrica Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D3. Conservación y preservación de los ecosistemas	Fortalecer la protección y gestión sostenible del patrimonio natural, promoviendo la conservación de ecosistemas urbanos y rurales a través de la implementación de sistemas de monitoreo, la promoción de la economía circular, y el desarrollo de infraestructuras resilientes. Se prioriza la evaluación y protección de ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la declaración de áreas protegidas y la incorporación de parámetros microbiológicos en el monitoreo de la calidad del agua. Además, se busca fomentar la investigación sobre la salud y resiliencia de los ecosistemas locales, para adaptarse a los cambios climáticos y presiones humanas, asegurando la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y la provisión hídrica en la región. Promover la conservación y restauración de ecosistemas esenciales para la regulación del agua y la biodiversidad, mediante acciones como la reforestación, la protección de zonas ribereñas, y la revisión y mejora de las estrategias de conservación. Fomentar el desarrollo de un sistema integrado de gestión de destinos turísticos basado en la ecohidrología, donde el paisaje se reconozca como un componente vital para la diversidad biológica, hidrológica y sociocultural. Asimismo, se apoyará la realización de estudios de caudal ambiental en cursos fluviales que alimentan humedales costeros, con el fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico, promoviendo prácticas sostenibles que prevengan la degradación del suelo y la desertificación en 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
		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 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	Promover el cuidado del patrimonio natural y a la población urbana y rural a través del reforzamiento de infraestructuras resilientes para la prevención y mitigación de riesgos hidroclimáticos que asegure, además, el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico para las necesidades de la población y las actividades productivas.	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
			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 06.04), y que pudiesen resolver alguna de las diferentes brechas de seguridad hídrica identificadas en el Capítulo 4.2.



Fuente: Elaboración propia

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

4.3.1.3 Incertidumbres

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

i. Sobre factores técnicos y disponibilidad de información

Revisando la cartera de proyectos en la región de Valparaíso y sus fichas BIP, hay diversas falencias técnicas que contribuyeron a una evaluación negativa. Estos desafíos incluyen formulaciones inadecuadas que no cumplen con los estándares requeridos por el Sistema Nacional de Inversiones, falta de consulta adecuada con las autoridades ambientales regionales para determinar la pertinencia del ingreso al sistema de evaluación ambiental, y deficiencias en la descripción detallada de los proyectos en términos de beneficiarios, ubicación específica, magnitudes, y cronograma de actividades. Además, se han señalado errores en la presentación de antecedentes técnicos, económicos, legales, territoriales y ambientales, lo que ha llevado a recomendaciones para revisar y ajustar metodologías de preparación y evaluación. Estas observaciones subrayan la necesidad crítica de una presentación exhaustiva y rigurosa de los proyectos para garantizar una evaluación positiva y la obtención de los recursos necesarios para su ejecución.

ii. Sobre factores socioambientales

Sobre casos conocidos en la región de Valparaíso relacionados a conflictos ambientales y por el agua, de acuerdo a “Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del Mercado” de (Larraín, 2010), se destaca la gestión de relaves mineros: gran parte del mineral extraído en minas metálicas termina siendo descartado como desechos: un 50% como estéril, un 44% como relaves y un 4% como escorias. Los relaves, que no pueden ser reprocesados ni reutilizados, se almacenan en tranques ubicados frecuentemente en zonas de quebradas de ríos en las cordilleras. Históricamente, estos tranques han sido construidos considerando principalmente criterios de costo mínimo, lo que ha llevado a ubicar estas estructuras en áreas inseguras y vulnerables, como cursos de agua y cauces de ríos. La disposición de relaves ha resultado en eventos trágicos, como la falla del Tranque El Cobre en 1965 en la región, que provocó la muerte de 200 personas. A pesar de la promulgación del Decreto N°86/70 y la posterior Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente en 1994, que establecieron regulaciones para la disposición de relaves y otros desechos, la falta de una legislación efectiva y la práctica histórica de descarga irresponsable han perpetuado los conflictos ambientales y la afectación a la salud pública en la región.

Un estudio aborda los crecientes conflictos derivados de la urbanización y la expansión de proyectos energéticos, el cual estos proyectos entran en conflicto con los intereses ambientales y culturales de comunidades locales que buscan proteger sus recursos naturales. En el caso del Área Metropolitana de Valparaíso (AMV), se destacan problemas recurrentes de degradación ambiental y pérdida de biodiversidad, generando disputas y polarización social. El estudio se enfoca en tres casos específicos: el conflicto en torno al Campo Dunar de Concón, la resistencia en el Parque Natural de Gómez Carreño, y las tensiones en el Área Norte de Quilpué. Estos casos ilustran cómo las comunidades locales enfrentan a grupos corporativos y políticos para proteger espacios naturales de alto valor ecológico y cultural. La falta de diálogo efectivo y la coordinación gubernamental adecuada obstaculizan la resolución de estos conflictos, subrayando la necesidad de una gobernanza más inclusiva y participativa en la gestión urbana y ambiental del AMV (Frey, 2017).

De acuerdo con la revisión de las últimas fiscalizaciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) en la región de Valparaíso, se destaca el caso de Andex Minerals Chile SpA, en el que este proyecto de exploración, conocido como "Anocarire", operaba sin la debida autorización ambiental. Como resultado, se han reportado daños significativos en la flora y fauna del área, especialmente en especies como llaretas y queñoas, debido a la apertura de caminos sin los permisos correspondientes. La SMA ha calificado esta situación como una infracción gravísima, enfatizando la seriedad de los impactos ambientales ocasionados. También destaca el caso de Minera Las Cenizas, donde la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) ha impuesto medidas provisionales debido al escurrimiento de relaves que afectaron la quebrada Rincón del Chinchorro durante fuertes lluvias. Simultáneamente, Casablanca Transmisora de Energía S.A. enfrenta detención temporal de la instalación de torres de transmisión en la Cordillera de la Costa, renovando medidas por impactos en geófitas. Además, el Parque Fotovoltaico San Alfonso ha debido tomar medidas urgentes por impacto en roedores endémicos, mientras que Codelco División Ventanas y AES Andes se han enfrentado a medidas provisionales por altas concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) tras una emergencia ambiental. Enx también ha recibido recomendaciones técnicas para mitigar emanaciones y olores molestos en Puchuncaví, reforzando la necesidad de un cumplimiento ambiental riguroso y la consulta efectiva con comunidades locales para evitar conflictos en la región.

4.3.2 Identificación de brechas de Infraestructura

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

La metodología para asignar brechas de infraestructura hídrica por cuenca se desarrolló mediante un proceso sistemático que comenzó con la definición de objetivos específicos de

gestión del agua, organizados en torno a cuatro dimensiones clave de seguridad hídrica: derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano (D1); producción sostenible y eficiencia hídrica (D2); conservación de ecosistemas (D3); y resiliencia ante amenazas como sequías, crecidas y contaminación (D4).

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

Con base en los niveles de criticidad obtenidos, se definieron las intervenciones necesarias para cada cuenca, clasificándolas en infraestructura estructural, infraestructura no estructural y medidas de gestión. Este análisis general de brechas de infraestructura constituye la base para definir la cartera de inversiones en los siguientes capítulos del estudio, proporcionando una visión clara de las necesidades prioritarias en cada área y permitiendo una planificación eficiente de las intervenciones. El detalle del análisis se encuentra en el Anexo 06.05.

En la Tabla 4.3-3 se presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas. En el Anexo 06.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

Tabla 4.3-3 Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Valparaíso

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	N° inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	72	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	32	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	8	Total de APR existentes y Proyectos 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	57	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	36	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	7	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	20	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	20	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	26	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	4	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	78	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	16	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	17	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	0	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	10	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	38	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	33	-	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	16	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	30	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	27	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 INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN

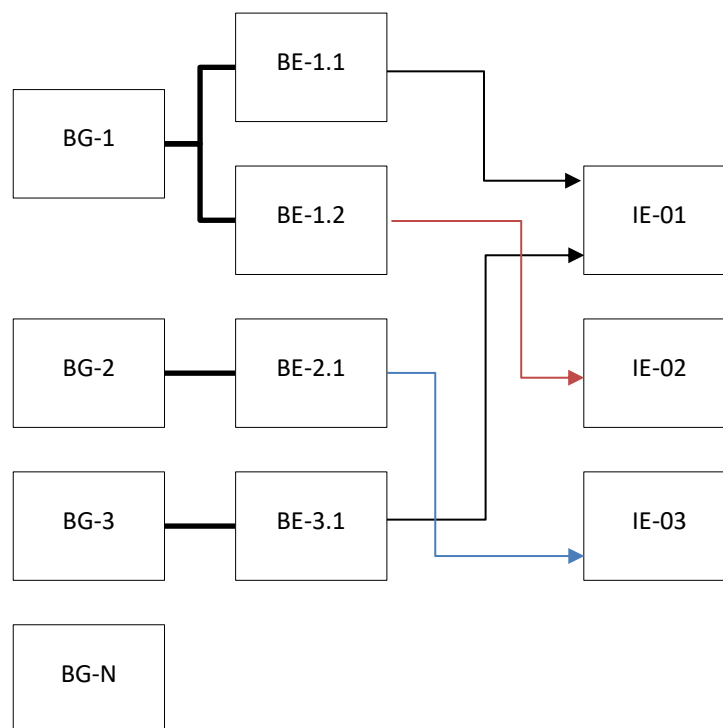
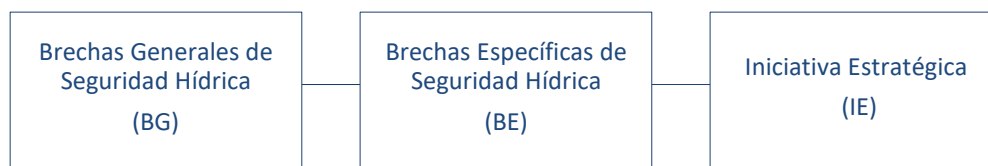
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 06.07 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 (VAL), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

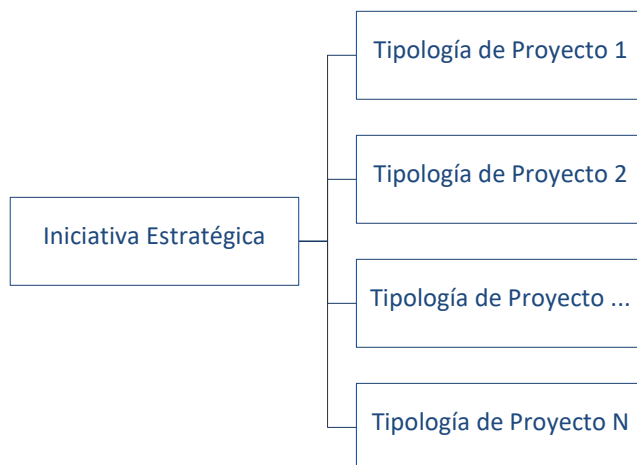
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

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

Fuente: Elaboración propia

5.2 TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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


Figura 5.2-1 Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas

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

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

VAL-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
VAL-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
VAL-INI-EST-03	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluiométricas 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
VAL-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
VAL-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.

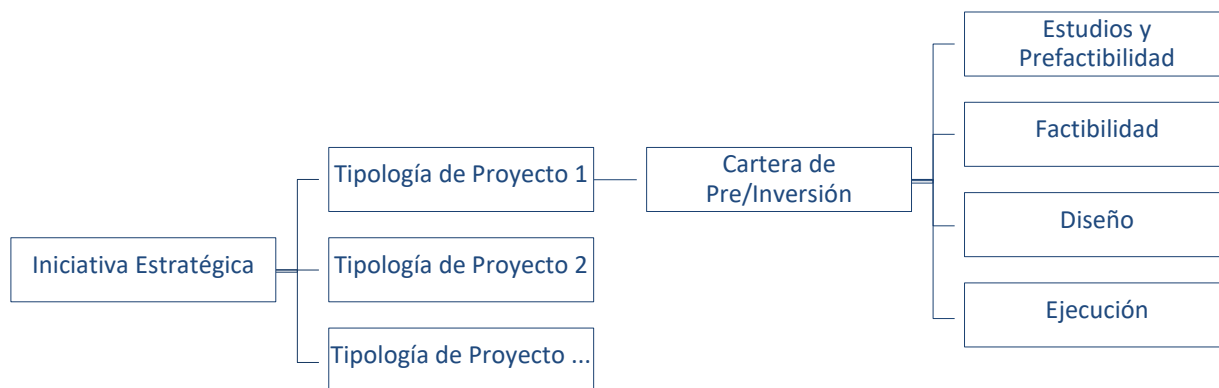


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

Para la conformación de la cartera, se contó con tres fuentes principales, además de las brechas identificadas en el capítulo 4.3:

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

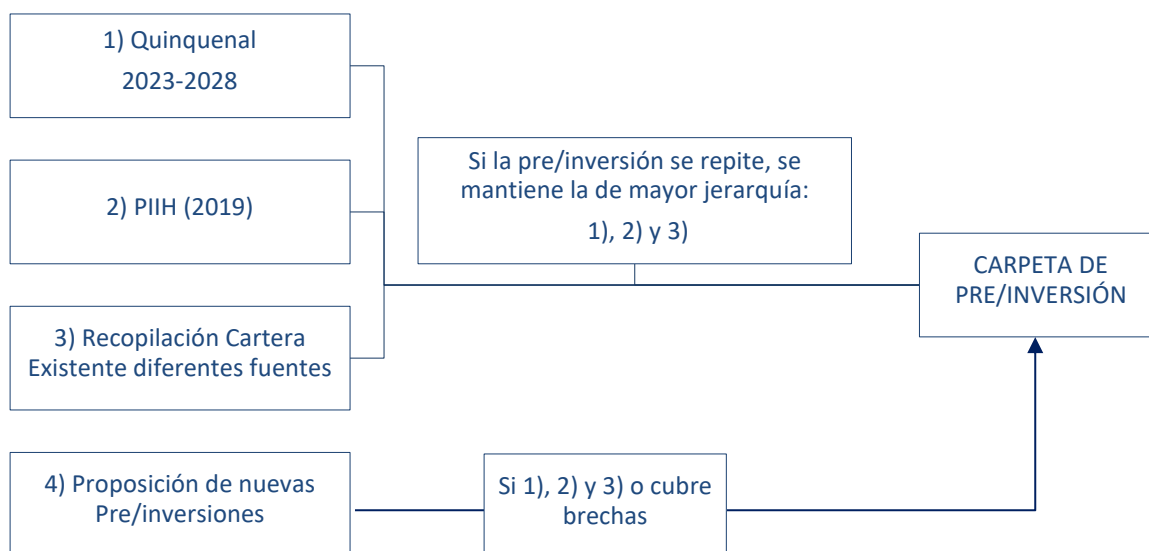


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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 VAL-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 06.07.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3-2 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar VAL-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 VAL-INI-EST-03 y VAL-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 06.07). 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 06.07
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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		accesibles, en base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 06.07.
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 VAL-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 VAL-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

El análisis revela una serie de iniciativas destacadas que abordan aspectos cruciales de la seguridad hídrica, enmarcadas en los pilares como conservación del recurso, el consumo humano y el desarrollo económico. Estas incluyen la implementación de estaciones de medición de nieve y Fluvimétrica con tecnología avanzada, el empleo de teledetección y análisis geoespacial para la gestión de cauces, así como la investigación de recarga artificial de acuíferos. Además, como se mencionó, se añaden un conjunto de iniciativas catalogadas como innovadoras, tales como acuerdos de seguridad hídrica entre distintas entidades, proyectos de reutilización de aguas servidas tratadas y convenios para el abastecimiento de agua potable. En resumen, este análisis subraya la importancia de adoptar enfoques integrales y tecnológicos para asegurar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los recursos hídricos en la región de Coquimbo

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	Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Factibilidad	1.000.000	no

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

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
11	ES-1-02.1			Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	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
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	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

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
32	ES-2-11.1			Servidas Urbanas para Riego	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. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales 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
39	ES-3-03				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Diseño	350.000	no
40	ES-3-06				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Ejecución	2.600.000	no
41	ES-3-09				Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Ejecución	3.000.000	no
42	ES-3-02				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Factibilidad	650.000	no
43	ES-3-04				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Diseño	2.000.000	no
44	ES-3-07				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Ejecución	35.000.000	no
45	ES-3-10				Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Ejecución	4.500.000	no
46	ES-1-04	3	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Ejecución	100.000	no
47	ES-1-01.1				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
48	ES-1-01.2				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
53	ES-1-01.1	3	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
54	ES-1-01.2				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Diseño	40.000	no
55	ES-1-01				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Ejecución	198.000	no
56	ES-1-03.1	3	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
57	ES-1-03.2				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Diseño	10.000	no
58	ES-1-03				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Ejecución	50.000	no
59	NE-2-01	3	3-6	Desarrollo e Implementación de	Medida de gestión: Seminarios y talleres	Medida de Gestión	20.000	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
60	NE-2-02			una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	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 riberas, cauces y humedales	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos ambientales, económicos y sociales en el territorio	Ejecución	150.000	si
64	NE-3-01				Estudio Definición de franjas de restricción y Prohibición por riesgo de inundación, erosión u otro	Ejecución	350.000	si
65	NE-3-03				Estudio de Reforestación y forestación de cuencas en sectores con riesgo de erosión	Ejecución	150.000	si
66	ES-4-07.1				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Factibilidad	200.000	si
67	ES-4-07.2				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Diseño	200.000	si
68	ES-4-07				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Ejecución	3.000.000	si
69	ES-4-06.1				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Factibilidad	100.000	si
70	ES-4-06.2				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Diseño	150.000	si
71	ES-4-06				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Ejecución	1.200.000	si
72	ES-5-06.1				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Factibilidad	150.000	si
73	ES-5-06.2				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Diseño	200.000	si
74	ES-5-06				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Ejecución	1.000.000	si
75	ES-3-11.1				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	factibilidad	250.000	si
76	ES-3-11.2				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Diseño	400.000	si
77	ES-3-11.3				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Ejecución	4.000.000	si
78	NE-1-04	4	4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	Manejo de normas ambientales e hídricas, Reservas de agua, Planes y políticas	Ejecución	20.000	no
79	ES-4-03	5	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Factibilidad	300.000	no
80	ES-4-03.1				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Diseño	400.000	no
81	ES-4-05				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Ejecución	3.000.000	no
82	ES-4-01				Plan de Manejo de Cauce, en río	Ejecución-Prefactibilidad	400.000	no
83	ES-4-02	5	5-2	Diseño, Construcción de Obras de	Construcción de Defensas Fluviales, en río	Factibilidad	100.000	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
84	ES-4-02.1			Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas	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 Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización, Ciudad de	Ejecución-Prefactibilidad	350.000	no
88	ES-5-02				Construcción Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Factibilidad	250.000	no
89	ES-5-03				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Diseño	300.000	no
90	ES-5-04				Construcción Sistema de Colectores de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	2.460.000	no
91	ES-5-05				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	3.400.000	no
92	ES-5-07				Conservación Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	1.100.000	no

Fuente: Elaboración propia

5.5 VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad y costos totales de inversión propuesta por Iniciativa Estratégica para dar respuesta a las brechas identificadas en la región. Es importante destacar que no es viable realizar el total de inversiones de manera simultánea, tanto por la magnitud de recursos económicos, mano de obra y control. Es por ello que en el siguiente Capítulo se realiza la priorización de los proyectos en función de las necesidades más inmediatas. La planilla con el detalle de la cartera de inversiones de cada Iniciativa Estratégica se presenta en el Anexo 06.07.

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\$)
VAL-INI-EST-01	169	442.605.884
VAL-INI-EST-02	191	1.763.825.209
VAL-INI-EST-03	85	57.782.534
VAL-INI-EST-04	49	80.336.435
VAL-INI-EST-05	74	194.823.868
TOTAL	568	2.539.373.930

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:
 - Más 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 06.07.

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	Más Personas Abastecidas
ES-2-01A	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Potable Rural	Nº Arranques	Personas	Más Personas Abastecidas
ES-2-02	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Servidas	Nº Arranques	Personas	Más 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	Más Personas Abastecidas
ES-2-05A	Diseño	Diseño Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Más Personas Abastecidas
ES-2-06	Diseño	Diseño Construcción/Ampliación Sistema SSR	Nº Arranques	Personas	Más personas con Saneamiento
ES-2-07	Diseño	Diseño Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Nº Arranques	Personas	Más personas con Saneamiento
ES-2-08	Ejecución	Construcción Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Más Personas Abastecidas
ES-2-08A	Ejecución	Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Nº Arranques	Personas	Más Personas Abastecidas
ES-2-09	Ejecución	Construcción/Ampliación Sistema SSR	Nº Arranques	Personas	Más personas con Saneamiento
ES-2-10	Ejecución	Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Nº Arranques	Personas	Más 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	Más Personas Abastecidas
ES-2-14.2	Diseño	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Nº Arranques	personas	Más Personas Abastecidas
ES-2-14	Ejecución	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Nº Arranques	personas	Más 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	Más 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 06.07.

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 SOCIOECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN DE LAS INICIATIVAS

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 [14]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media [9]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media Baja [7]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Baja [6]: Iniciativas vinculadas a Saneamiento [D1 - AS] Baja [6]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4]	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 [14]: 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 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] Baja [6]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4]	Alta [4]: Se considera iniciativa multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional	
Ponderación	10%	9%	13%	20%	12%	12%	12%
Max	4	4	4	4	4	4	4
Min	1	1	1	1	1	1	1

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

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

Fuente: Elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

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

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

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

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

Donde:

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

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

y_{ij} = Variable normalizada

x_{ij} = Variable original

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

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

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

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

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

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

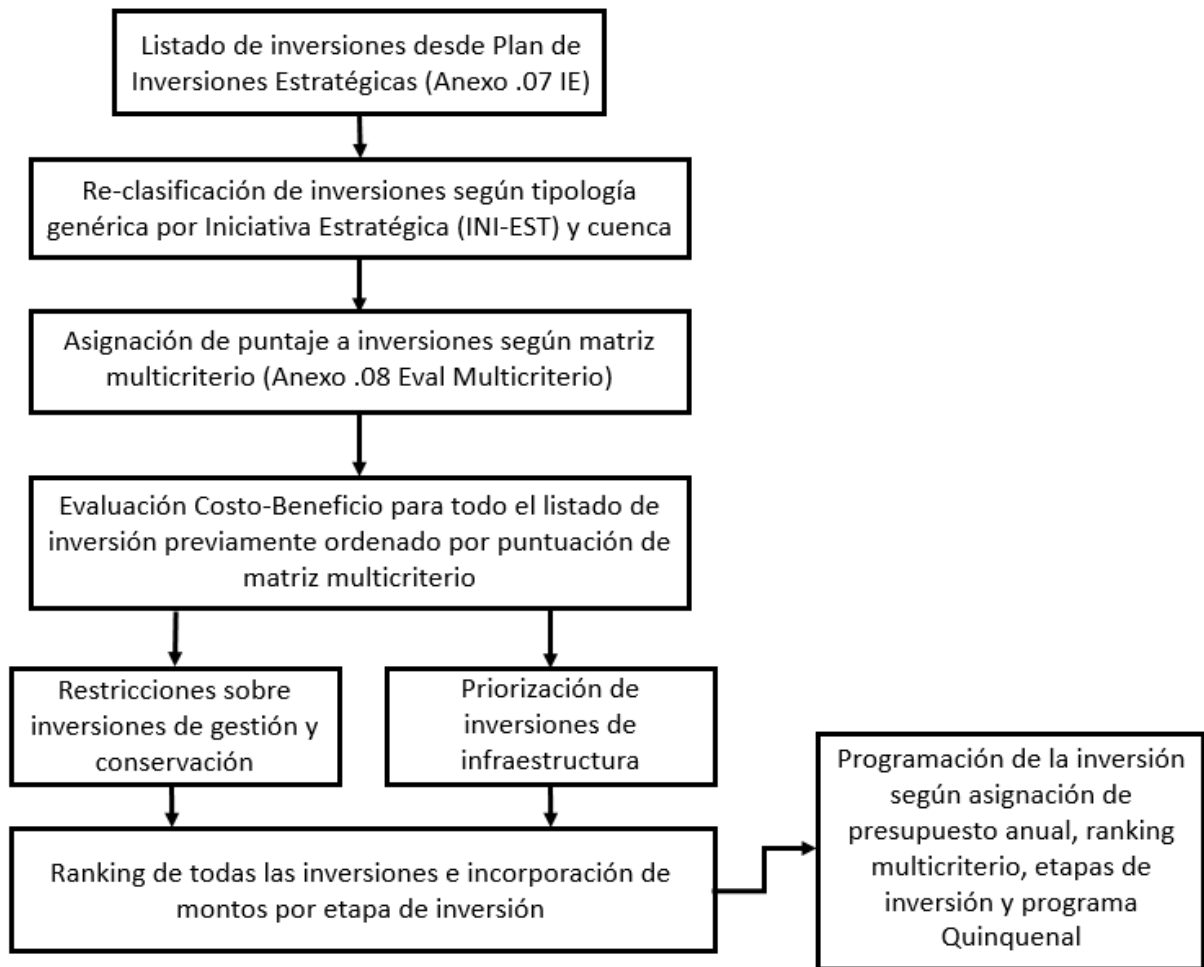
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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

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

- Se dejan fuera del ranking para la programación de la inversión todas las iniciativas vinculadas a conservación, las que quedan con un monto fijo anual asignado que equivale al promedio de la inversión histórica del MOP para este tipo de iniciativas entre los años 2019-2023. Para la región de Valparaíso, este equivale a \$12.000.000 (miles de pesos).
- Las medidas de gestión e instrumentos directores (inversiones de gestión) se priorizan por sobre las inversiones de infraestructura, por lo que sus montos de inversión quedan asociados al año 0 (cero) de la cartera programada. Esto debido a que estos tipos de inversión suelen ser medidas habilitantes para la ejecución de inversiones de infraestructura.
- La priorización incluye la inversión de los programas Quinquenales definidos por MOP para los años 2024-2028. Los proyectos marcados como “Ejecutado” ya se desarrollaron, su inclusión en las planillas es para el análisis y orden de la misma, considerando que algunos de estos proyectos aún tienen etapas por ejecutar. Esto no afecta a la inversión final ya que el monto asociado a etapas ya desarrolladas es cero.
- Se considera en la programación un monto disponible anual equivalente a \$55.000.000 (miles de pesos), el cual se obtiene a partir del promedio ajustado anual de la inversión histórica del MOP para esta región entre los años 2019-2023.
- En la programación se incluye el orden de las etapas que conforman una inversión, ordenándose de acuerdo a la siguiente priorización:
 1. Estudio y/o prefactibilidad
 2. Factibilidad
 3. Diseño
 4. Ejecución
- En el caso de las conservaciones, solo se considera la etapa de ejecución.

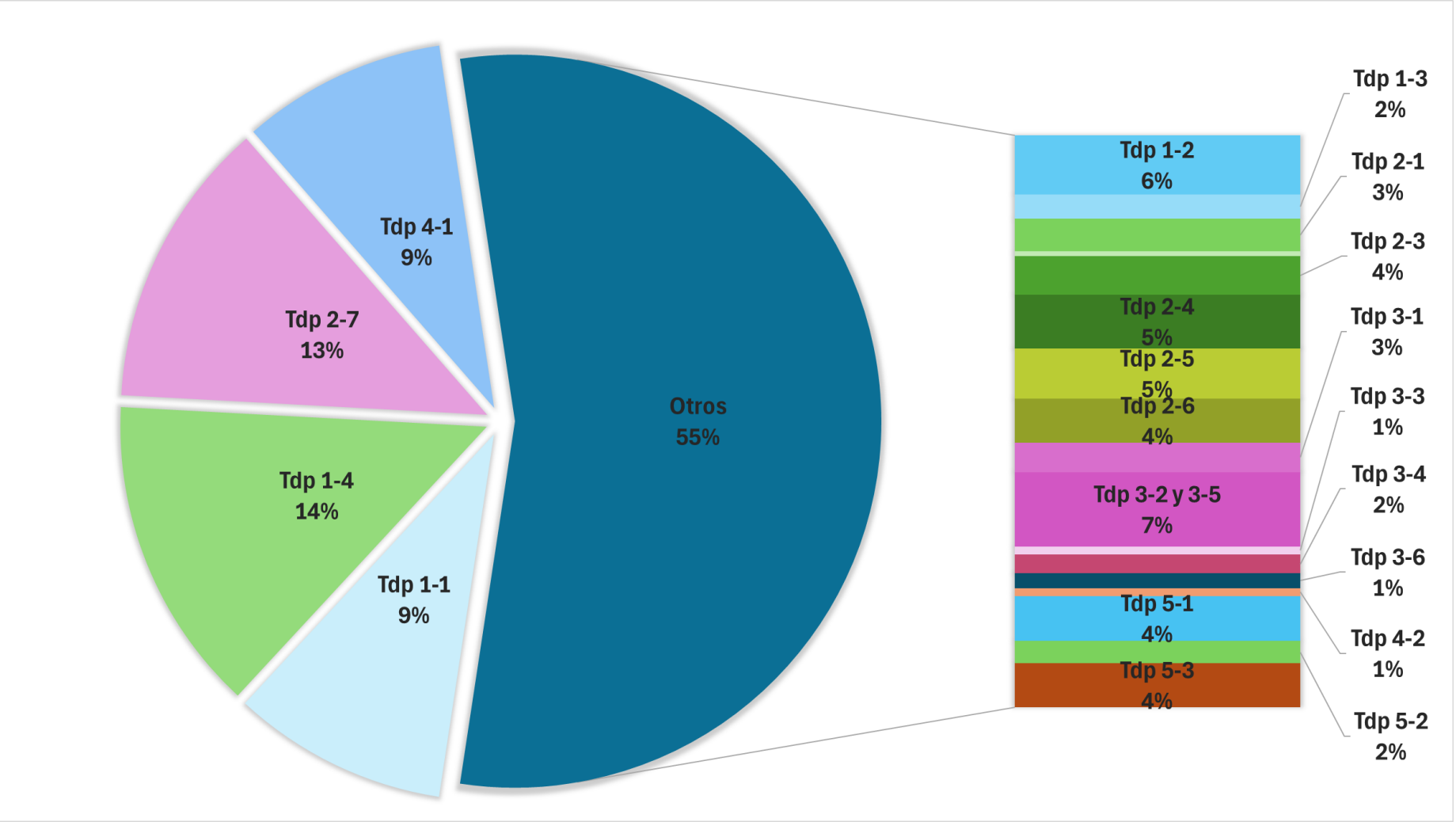
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

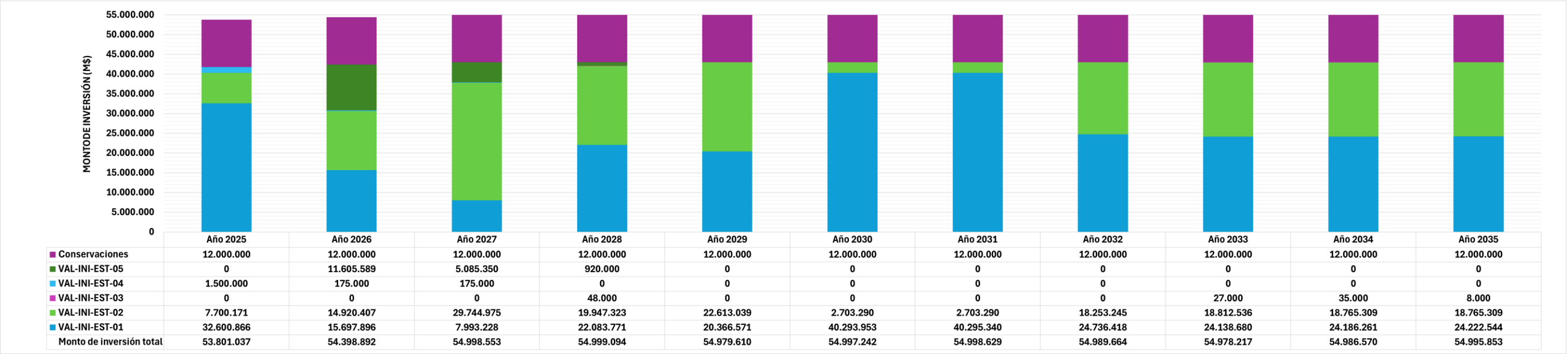
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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



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

Fuente: Elaboración propia

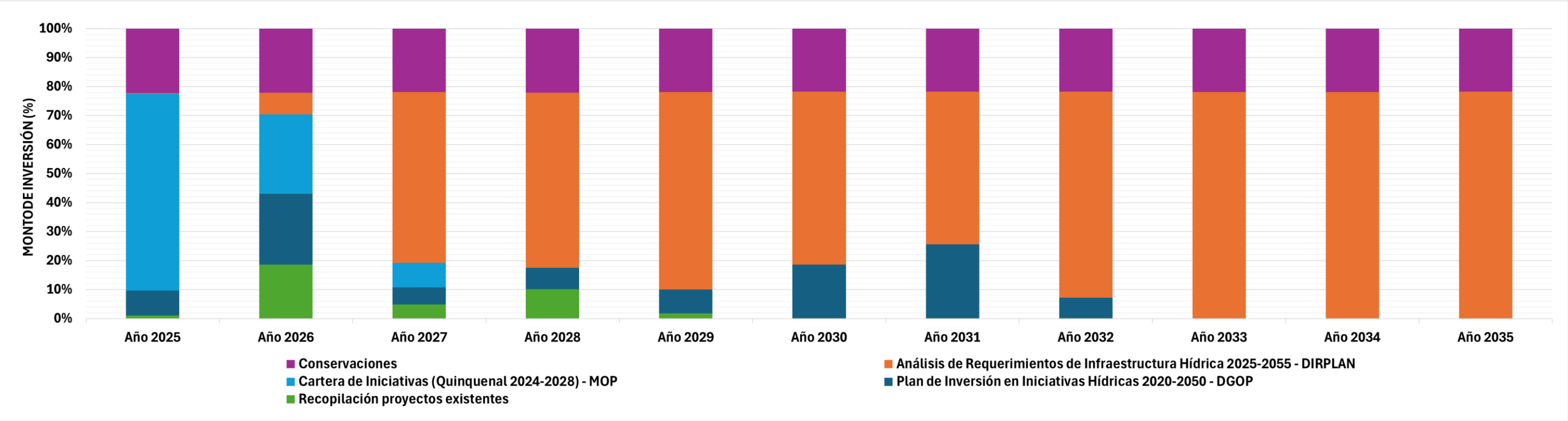
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Valparaíso



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
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas
INI-EST-04	Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza
INI-EST-05	Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población con énfasis en cambios del patrón hidrológico

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

CAPÍTULO 7 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

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

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

7.1 SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

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

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

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

7.1.1 Contexto regional y áreas de intervención prioritarias

La Región de Valparaíso, con una población de 1.815.902 habitantes según el Censo 2017, es la segunda más poblada de Chile y representa el 10,33% del total nacional. Su crecimiento demográfico ha sido notable, con una tasa anual del 1,11% y una proyección de aumento del 19,06% para 2035. Este incremento se debe en gran parte a la migración interna y externa, con un crecimiento del 4,31% en la población migrante registrado en 2021. A pesar de ello, la estructura etaria muestra una tendencia regresiva, con un aumento de la población mayor de 80 años y una disminución en la proporción de niños y adolescentes.

El desarrollo económico de la región ha sido moderado, con un crecimiento del PIB del 1,15% anual en la última década. Mientras que los sectores de servicios personales y financieros han crecido sostenidamente con tasas superiores al 3,5% anual, sectores clave como la minería y la pesca han experimentado una contracción significativa, con caídas del -4,9% y -8,71% respectivamente. Aunque los ingresos en la región han aumentado, continúan por debajo del promedio nacional, lo que evidencia desigualdades económicas que deben ser abordadas.

En términos de infraestructura y servicios, el 94,44% de las viviendas cuentan con conexión a la red de agua potable, una cobertura superior a la media nacional. Sin embargo, la región enfrenta desafíos hídricos críticos debido a la sequía prolongada y la sobreexplotación de fuentes de agua. La escasez afecta de manera particular a las cuencas del río Petorca y Aconcagua, donde se han declarado zonas de restricción para la explotación de recursos hídricos. Para hacer frente a esta situación, se han identificado proyectos estratégicos como la construcción de embalses multipropósito, plantas desalinizadoras y la reutilización de aguas residuales tratadas. Además, la conservación de ecosistemas hídricos es fundamental para garantizar la sostenibilidad del recurso en el largo plazo.

El crecimiento urbano en la región ha sido desigual. Mientras comunas costeras como Algarrobo, El Quisco y El Tabo han experimentado un aumento en la densificación, Valparaíso ha registrado una tendencia a la despoblación. Este fenómeno requiere una actualización de los Planes Reguladores Comunes para regular la expansión urbana y garantizar un acceso equitativo a servicios básicos. La diversificación productiva también es una prioridad, considerando la disminución de la actividad minera y pesquera. La región debe fomentar sectores emergentes como la agroindustria, las energías renovables y la economía digital, impulsando la innovación y la adopción de tecnologías limpias en industrias como la manufactura y la construcción.

El cambio climático plantea desafíos adicionales. Se proyecta un aumento sostenido de las temperaturas y una reducción en las precipitaciones, lo que hace urgente la implementación de estrategias de adaptación. Los incendios forestales son una amenaza recurrente, con más de 40.000 eventos registrados desde 1977, lo que subraya la necesidad de planes efectivos de prevención y reforestación. La planificación territorial debe integrar medidas para mitigar estos riesgos, promoviendo el uso sustentable del suelo y la protección de áreas vulnerables.

En el ámbito social, mejorar la infraestructura en salud y educación es clave para reducir brechas de desigualdad, especialmente en zonas rurales y sectores de alta vulnerabilidad. Aunque la pobreza en la región ha disminuido, los indicadores siguen por encima del promedio nacional, lo que requiere un fortalecimiento de las políticas de inclusión y acceso a oportunidades económicas.

La Región de Valparaíso enfrenta desafíos estructurales que requieren una visión integral de desarrollo. La sostenibilidad de los recursos hídricos, la regulación del crecimiento urbano, la diversificación de la economía y la adaptación al cambio climático son pilares fundamentales para consolidar un modelo de desarrollo equitativo y resiliente.

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:** Se evidencia en la reducción progresiva de la disponibilidad de agua superficial y subterránea. La región ya enfrenta decretos de escasez en cuencas como el río Petorca y el Aconcagua, donde la sobreexplotación de acuíferos y la disminución de precipitaciones han generado un escenario crítico. Las proyecciones indican una disminución de hasta un 21,5% en la oferta hídrica en algunas cuencas, lo que impactará tanto el consumo humano como los sectores agrícola e industrial. Además, el aumento de la temperatura y la reducción en la frecuencia e intensidad de lluvias refuerzan la urgencia de tomar medidas para diversificar las fuentes de abastecimiento, como la desalinización, la reutilización de aguas residuales y la mejora en eficiencia del riego. La necesidad de adaptación al cambio climático obligará a una reformulación de políticas de gestión del agua, priorizando la sostenibilidad y resiliencia del sistema hídrico regional.
- **Coordinación y planificación territorial:** Se proyecta un aumento del 19% en la población de la región para 2035, lo que incrementará la demanda de agua potable,

saneamiento e infraestructura hídrica. Sin embargo, este crecimiento no es uniforme; mientras algunas comunas costeras han experimentado una densificación acelerada, la ciudad de Valparaíso enfrenta despoblación. La expansión urbana descontrolada y el aumento de la demanda en sectores turísticos y agrícolas sin planificación adecuada amenazan la capacidad de los sistemas de abastecimiento actuales. Además, la falta de actualización de los planes reguladores en varias comunas impide una gestión eficiente del territorio y sus recursos hídricos. La necesidad de una planificación territorial más estricta, con regulaciones que equilibren el desarrollo urbano con la disponibilidad de agua, será determinante en la toma de decisiones para garantizar un acceso equitativo y sostenible al recurso.

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” [VAL-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en obras multipropósito” [VAL-INI-EST-02].
- “Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas” [VAL-INI-EST-03].

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

7.2 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

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

En este acápite se presentan los cuatro escenarios de desarrollo que reflejan la interacción de las **tendencias globales, los factores locales y los quiebres de tendencia regionales**, y su

impacto en los aspectos mencionados de los **desafíos de seguridad hídrica y la capacidad de respuesta del sistema**. Estos escenarios desarrollo corresponden a:

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

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

7.2.1 Análisis de estancamiento crítico

La Región de Valparaíso enfrenta un progresivo deterioro en la relación entre oferta y demanda hídrica, evidenciado por la reducción sostenida de la disponibilidad del recurso y una limitada capacidad institucional para gestionar esta crisis de manera efectiva. Este fenómeno está impulsado por una combinación de factores climáticos, demográficos y estructurales que afectan tanto la disponibilidad como la distribución del agua en los distintos sistemas hídricos de la región.

El crecimiento poblacional representa un elemento central en el incremento de la demanda hídrica. Se proyecta que la población regional experimentará un aumento del 19,06% hacia 2035, con un alza particularmente significativa en las zonas rurales de las provincias de Petorca y San Felipe de Aconcagua, mientras que en los sectores urbanos del Gran Valparaíso también se observa un crecimiento poblacional sostenido. Este fenómeno se traduce en una mayor presión sobre los sistemas de agua potable y saneamiento. Actualmente, entre un 16% y un 22,6% de las viviendas rurales en comunas como Cabildo, La Ligua y Petorca carecen de acceso formal a agua potable, mientras que, en términos de saneamiento, entre un 43,2% y un 46,1% de la población rural en las provincias de Quillota y San Antonio no dispone de infraestructura de alcantarillado, dependiendo de sistemas individuales como fosas sépticas, los cuales conllevan riesgos sanitarios y ambientales.

La disponibilidad hídrica en la región se encuentra en un proceso de deterioro constante, agravado por la sobreexplotación de fuentes de agua. Los ríos Petorca (BNA 051), La Ligua (BNA 052) y Aconcagua (BNA 054) han experimentado una disminución de sus caudales de más del 20% en las últimas décadas, con proyecciones que indican una continuidad de esta

tendencia hacia el año 2055. Paralelamente, la sobreexplotación de los recursos hídricos en sectores rurales alcanza un 16,5%, indicando un uso insostenible del recurso en diversas actividades económicas y en el abastecimiento de comunidades. A ello se suma que las pérdidas en la red de distribución de agua potable ascienden al 34%, con puntos críticos en localidades como Hanga Roa y Catemu, donde las pérdidas superan el 60%.

La infraestructura hídrica en la región es deficitaria y presenta una capacidad de gestión limitada. Aunque existen 2.900 km de canales, concentrados mayoritariamente en la cuenca del Río Aconcagua (BNA 054), el alto nivel de pérdidas por filtración y evaporación reduce significativamente su eficiencia. Los embalses Peñuelas (95 hm³) y Aromos (35 hm³) operan actualmente por debajo del 20% de su capacidad, lo que compromete la regulación del recurso en periodos de escasez, afectando especialmente a comunas urbanas como Viña del Mar y Concón.

La competencia intersectorial por el recurso hídrico también ha generado conflictos socioeconómicos de relevancia. Se estima que la demanda agrícola en el valle de Aconcagua y el valle de Casablanca aumentará en un 76% hacia 2055, mientras que la actividad minera en la cuenca del río Aconcagua disminuirá su demanda en un 22%. No obstante, la industria manufacturera en comunas como Quillota y San Antonio incrementará su consumo en un 109%, intensificando la presión sobre los recursos disponibles. Esta competencia genera disputas entre comunidades, agricultores e industrias, lo que podría derivar en restricciones de acceso al agua para sectores menos prioritarios.

El colapso del sistema de abastecimiento hídrico es una de las principales amenazas derivadas de este escenario crítico. La creciente demanda y la reducción sostenida de la disponibilidad del recurso pueden provocar racionamientos de agua potable en zonas urbanas como Valparaíso y San Antonio, así como en comunas rurales como La Calera y Nogales. La dependencia de camiones aljibe aumentará en las provincias de Petorca y San Felipe de Aconcagua, exacerbando las desigualdades en el acceso al agua y generando altos costos en la logística de suministro para las comunidades afectadas.

Los conflictos sociales también podrían escalar, con disputas entre comunidades agrícolas en La Ligua y Petorca, grandes conglomerados industriales en Quintero y Concón, y entidades gubernamentales responsables de la regulación del recurso. Esto podría derivar en medidas restrictivas en la asignación del agua, afectando la actividad económica y generando tensiones políticas.

El deterioro ambiental es otra consecuencia directa de esta crisis. La reducción de los caudales ecológicos afectará la conservación de ecosistemas hídricos clave, como el Estero Mantagua y la desembocadura del río Maipo. Además, se intensificará la contaminación de

las fuentes hídricas debido al uso excesivo de agroquímicos en la cuenca del Aconcagua y la descarga de residuos industriales en la bahía de Quintero y Puchuncaví.

En términos económicos, la crisis hídrica tendrá efectos adversos en la productividad agrícola del valle del Aconcagua y el valle de Casablanca, generando pérdidas significativas en el sector agroindustrial y reduciendo las oportunidades laborales en la región. Al mismo tiempo, el incremento en los costos del abastecimiento de agua potable repercutirá en un alza de las tarifas sanitarias, afectando la competitividad de sectores clave como el turismo y la industria.

Para mitigar estos impactos, es imperativo acelerar la construcción y puesta en marcha de plantas desalinizadoras, como la Desaladora Petorca (1.200 L/s) y la planta Aconcagua (1.000 L/s). También se deben expandir los sistemas de recarga artificial de acuíferos en la cuenca del río Aconcagua y fomentar la reutilización de aguas residuales tratadas en la cuenca del Maipo y el valle de Casablanca para riego y uso industrial.

La modernización de la infraestructura hídrica es una prioridad. En ciudades como Valparaíso, Viña del Mar y San Antonio, es fundamental reducir las pérdidas en la red de distribución mediante la detección y reparación de fugas. En el sector agrícola, se debe fomentar la eficiencia en el riego tecnificado en San Felipe y Llay Llay, asegurando que la aplicación del agua supere el 85%.

Finalmente, es crucial fortalecer la gobernanza hídrica mediante la creación de una autoridad regional para la gestión del agua, establecer regulaciones claras sobre el uso prioritario del recurso y ampliar la red de monitoreo en cuencas como Petorca y La Ligua.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La región de Valparaíso se enfrenta a una crisis hídrica progresiva caracterizada por la creciente discrepancia entre la oferta y la demanda de recursos hídricos. Este fenómeno es el resultado de una compleja interacción de factores estructurales, incluyendo la sobreexplotación de cuencas hidrográficas clave, la expansión de sectores productivos altamente demandantes de agua y los efectos del cambio climático, que han modificado la disponibilidad y distribución temporal del recurso. En este contexto, la sostenibilidad hídrica regional requiere de una gobernanza integrada, con énfasis en la planificación territorial, la modernización de infraestructuras y la diversificación de fuentes de abastecimiento.

La sobreexplotación de los acuíferos es un problema especialmente crítico en la cuenca del río Aconcagua (BNA 055), donde la extracción supera en un 13,09% la tasa de recarga natural. Esta condición ha provocado descensos significativos en los niveles piezométricos

y ha aumentado el riesgo de intrusión salina en zonas costeras como Concón, Quintero y Puchuncaví, lo que compromete la viabilidad de las fuentes subterráneas para consumo humano y uso industrial. La ausencia de mecanismos efectivos de fiscalización y la priorización de derechos de aprovechamiento sin una adecuada regulación han perpetuado esta dinámica insostenible.

El sector agrícola es el principal usuario de los recursos hídricos en la región, concentrando su demanda en las provincias de Petorca y San Felipe de Aconcagua. En estas zonas, la eficiencia de riego presenta un rango de variabilidad significativo, oscilando entre un 58% y un 79%, dependiendo de la tecnología implementada y las condiciones edafoclimáticas. En los valles de La Ligua (BNA 057) y Petorca (BNA 056), la intensificación de cultivos de alto consumo hídrico, como los frutales subtropicales y los cítricos, ha incrementado en un 43% la demanda desde 2025, exacerbando la presión sobre los recursos disponibles. Aunque la tecnificación del riego mediante sistemas de goteo ha mostrado avances, su adopción sigue limitada por restricciones económicas y la falta de incentivos para pequeños y medianos productores.

En las áreas urbanas, las deficiencias en la infraestructura de distribución agravan el problema de disponibilidad de agua potable. En ciudades como Valparaíso, Viña del Mar y Quilpué, se estima que las pérdidas en las redes de abastecimiento alcanzan hasta un 40%, lo que representa una ineficiencia estructural que incrementa los costos operacionales y reduce la resiliencia del sistema ante eventos de sequía. En comunas como San Antonio y Cartagena, la dependencia de camiones aljibe ha crecido exponencialmente en los últimos años, evidenciando la incapacidad del actual modelo de gestión para garantizar un suministro continuo y equitativo a la población. La falta de infraestructura de almacenamiento y la obsolescencia de las redes de distribución constituyen desafíos inminentes que requieren intervenciones estratégicas.

El acceso al agua potable y saneamiento en el ámbito rural es otro de los aspectos críticos que afectan la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico en la región. Entre un 14,7% y un 23% de la población rural carece de acceso regular al agua potable, lo que ha obligado a muchas comunidades a depender de fuentes informales, aumentando los riesgos sanitarios y la vulnerabilidad hídrica. Comunas como Cabildo, Nogales y La Calera presentan deficiencias estructurales en la cobertura de los sistemas de Agua Potable Rural (APR), lo que genera una dependencia insostenible de soluciones paliativas. En términos de saneamiento, entre un 38,5% y un 39,1% de la población rural no dispone de sistemas de alcantarillado adecuados, lo que incrementa la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos y contribuye a la degradación de ecosistemas estratégicos.

Las proyecciones demográficas indican que la presión sobre los recursos hídricos se intensificará en las próximas décadas. Se prevé un incremento del 22% en la población rural de las cuencas Costeras e Islas entre la Tercera Región y Quebrada Los Choros (BNA 040) para 2055, mientras que en las cuencas Costeras entre Río Los Choros y Río Elqui (BNA 042) el crecimiento alcanzará un 17%. Este fenómeno implicará una expansión en la demanda de agua potable y saneamiento, lo que, sin un plan de infraestructura y gestión hídrica eficiente, podría derivar en una crisis de acceso al recurso y generar conflictos territoriales.

En el contexto urbano, cuatro ciudades de la región dependen del abastecimiento mediante camiones aljibe, incluyendo sectores de Valparaíso, Viña del Mar, Casablanca y La Ligua. En la provincia de San Felipe de Aconcagua, localidades como Putaendo y Santa María han evidenciado dificultades estructurales en la continuidad del suministro de agua potable. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de políticas de inversión que prioricen la modernización y expansión de los sistemas de distribución, así como la diversificación de fuentes de abastecimiento, incluyendo la desalinización y la reutilización de aguas residuales tratadas.

Si no se implementan medidas correctivas en los próximos años, la región de Valparaíso enfrentará un escenario de vulnerabilidad hídrica estructural, caracterizado por el aumento de la competencia entre sectores, la intensificación de la desigualdad en el acceso al recurso y la progresiva degradación de los ecosistemas acuáticos. En este sentido, resulta fundamental avanzar hacia un modelo de gobernanza hídrica integrada, basado en la eficiencia, equidad y sostenibilidad, que permita garantizar la seguridad hídrica en un contexto de incertidumbre climática y crecimiento poblacional sostenido.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La región de Valparaíso enfrenta un desafío significativo en la gestión de sus recursos hídricos, caracterizado por un equilibrio precario entre la oferta y la demanda. Si bien la brecha de seguridad hídrica no se ha ampliado de manera drástica, la capacidad de respuesta institucional y la infraestructura existente resultan insuficientes para garantizar la sostenibilidad del suministro a largo plazo. A pesar de avances en planificación y ejecución de obras, persisten limitaciones estructurales que, sumadas a la sobreexplotación de los recursos, el crecimiento exponencial de la demanda y la degradación ambiental, configuran un panorama de vulnerabilidad creciente. La interacción de estos factores genera impactos multidimensionales que afectan tanto a la población como a los sectores productivos y los ecosistemas, con potenciales repercusiones socioeconómicas de gran magnitud si no se implementan estrategias de mitigación y adaptación oportunas.

Uno de los aspectos más críticos de esta situación es la sobreexplotación de los recursos hídricos, especialmente en sectores rurales. En la cuenca del río Petorca (BNA 051) y la cuenca del río Ligua (BNA 052), la extracción de agua ha alcanzado niveles del 16,5% por encima de la capacidad de recarga, lo que ha derivado en un agotamiento progresivo de acuíferos y cursos de agua superficiales. A este fenómeno se suma la ineficiencia en la distribución de agua potable en entornos urbanos, con pérdidas que ascienden hasta el 34% del suministro total en la región y superan el 60% en localidades específicas como Hanga Roa y Catemu. Esta deficiencia compromete no solo la disponibilidad del recurso, sino también la viabilidad económica de su gestión y distribución, afectando de manera desproporcionada a las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana, donde la demanda urbana es cada vez mayor.

La equidad en el acceso al agua potable y saneamiento constituye otro desafío clave. En el ámbito rural, entre el 16% y el 22,6% de las viviendas no cuentan con acceso a agua potable, impactando directamente la calidad de vida de miles de familias en la provincia de Petorca y en sectores rurales de las provincias de San Felipe y Los Andes. En paralelo, el 43,2% al 46,1% de la población rural carece de acceso a sistemas de alcantarillado, incrementando los riesgos sanitarios y la contaminación de fuentes subterráneas en comunas como La Ligua, Cabildo y Putaendo. La ausencia de datos fiables sobre la cobertura real de estos servicios representa un obstáculo adicional para la planificación, con brechas de información que oscilan entre un 19% y un 34,3%, impidiendo la asignación eficiente de recursos y la priorización de inversiones en infraestructura.

El crecimiento de la demanda hídrica ha intensificado la presión sobre los recursos disponibles, especialmente en sectores agrícolas e industriales. Se proyecta que para 2055, la demanda de agua en la agricultura experimentará un aumento del 76%, impulsado principalmente por la expansión de cultivos como viñas y parronales en el valle del Aconcagua (BNA 054) y en la cuarta sección del río Aconcagua. Aunque estas especies muestran una mayor resiliencia frente a la aridez en comparación con los frutales convencionales, su proliferación descontrolada podría generar conflictos distributivos y una mayor sobreexplotación de las reservas hídricas subterráneas. En el sector industrial, la situación es aún más preocupante, con un incremento proyectado del 109% en la demanda hídrica en el Gran Valparaíso y en la provincia de San Antonio, lo que incrementará la competencia por el recurso. En contraste, el sector minero reducirá su consumo en aproximadamente un 22% para 2055, lo que abre oportunidades para una reasignación estratégica del agua entre los distintos sectores económicos.

Desde una perspectiva ambiental, la deficiente gestión del agua ha acelerado la degradación de ecosistemas estratégicos. Los humedales costeros, como los de Mantagua y la desembocadura del río Maipo (BNA 057), experimentan un deterioro progresivo debido

a la insuficiencia de caudales ecológicos que permitan su regeneración natural. La intensificación de la actividad agrícola sin regulaciones adecuadas ha resultado en la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, con impactos adversos sobre la biodiversidad y la salud humana. Además, la erosión del suelo y la desertificación han avanzado como consecuencia del sobrepastoreo, la deforestación y un manejo deficiente del territorio, lo que disminuye la capacidad de retención hídrica y compromete aún más la calidad del agua disponible.

Para evitar el agravamiento de estas problemáticas, es imprescindible adoptar un enfoque integral que priorice inversiones en infraestructura, regulación del uso del recurso y conservación ambiental. La ejecución de proyectos estratégicos debe acelerarse, incluyendo la construcción y ampliación de plantas desalinizadoras como la de Petorca y la de Aconcagua, cuya capacidad combinada superaría los 2200 litros por segundo. Asimismo, se requiere una expansión en los sistemas de recarga artificial de acuíferos, tomando como referencia iniciativas exitosas como la infiltración controlada en el río Aconcagua. Paralelamente, es fundamental optimizar la eficiencia en la distribución del agua potable mediante la modernización de redes y la reducción de pérdidas en sistemas urbanos. En el ámbito agrícola, la rehabilitación de los 2900 kilómetros de canales de riego en la región, con especial énfasis en la cuenca del río Aconcagua y la cuenca de Casablanca (BNA 053), contribuiría a minimizar filtraciones y evaporación innecesaria.

En lo que respecta a equidad en el acceso, se deben fortalecer los programas de agua potable rural y saneamiento, priorizando la construcción de infraestructura en comunas con carencias críticas como La Ligua, Petorca y Nogales. La implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real permitiría optimizar la distribución del recurso, anticipar crisis de abastecimiento y asegurar la calidad del agua. La regulación de la extracción de aguas subterráneas, en tanto, debe reforzarse mediante la adopción de criterios de sostenibilidad, con el objetivo de preservar los acuíferos para futuras generaciones.

Desde el punto de vista ambiental, la protección de ecosistemas hídricos es una necesidad impostergable. La creación de áreas protegidas específicas para la conservación de humedales y fuentes de agua, así como la implementación de caudales ecológicos mínimos en ríos y esteros prioritarios, son medidas clave para restaurar la funcionalidad de estos ecosistemas. La reforestación de cuencas degradadas y la promoción de la agroforestería pueden contribuir significativamente a mejorar la retención hídrica y reducir la erosión del suelo. En el sector agrícola, la tecnificación del riego y la adopción de prácticas agronómicas sostenibles deben ser incentivadas a través de programas de apoyo dirigidos a productores, con el fin de reducir el consumo de agua y mejorar la eficiencia en su uso.

El fortalecimiento de la gobernanza del agua es otro pilar esencial en la estrategia de adaptación al estrés hídrico de la región. Se requiere potenciar el rol de las Juntas de Vigilancia, Comunidades de Aguas y Asociaciones de Canalistas en provincias como San Felipe y Petorca, promoviendo mecanismos participativos que optimicen la gestión de los recursos hídricos. La implementación de un Sistema Regional de Monitoreo Hídrico basado en datos en tiempo real facilitaría la toma de decisiones informadas y la gestión anticipada de riesgos. Complementariamente, la educación y concienciación sobre el uso eficiente del agua deben ser promovidas activamente, involucrando a la sociedad civil en la formulación de soluciones y fomentando un cambio cultural orientado hacia la sostenibilidad.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

La implementación de un enfoque de gestión hídrica sustentable y resiliente en la Región de Valparaíso presenta implicaciones complejas en diversas dimensiones socioeconómicas y ambientales. Desde una perspectiva social, el acceso equitativo al recurso hídrico continúa siendo una prioridad crítica, particularmente en comunidades rurales como Petorca, Cabildo y La Ligua, donde la sobreexplotación de los acuíferos ha reducido significativamente la disponibilidad de agua en las cuencas del Río Petorca (BNA 051) y Río La Ligua (BNA 052). A pesar de los avances planificados en la infraestructura de Servicios Sanitarios Rurales (SSR) y la expansión de los sistemas de Agua Potable Rural (APR) en comunas como Hijuelas y Nogales (cuenca BNA 054 - río Aconcagua), subsisten desafíos sustanciales para lograr una cobertura universal. En paralelo, la presión sobre los recursos hídricos se intensifica con el crecimiento demográfico en áreas urbanas como Valparaíso, Viña del Mar y Quilpué, exacerbando las disparidades en el acceso tanto a agua potable como a servicios de saneamiento, especialmente en sectores periurbanos de Villa Alemana y Limache. La distribución desigual de la infraestructura puede generar conflictos entre comunidades y sectores económicos que compiten por el acceso al recurso, aumentando las tensiones sociales y comprometiendo la cohesión territorial.

La expansión de la infraestructura hídrica y la modernización de los sistemas de distribución pueden mejorar sustancialmente la calidad de vida de la población, siempre que se reduzcan las ineficiencias en la distribución del recurso. Actualmente, las pérdidas de agua potable en la red de distribución alcanzan un 34% a nivel regional, y su reducción permitiría optimizar la asignación del recurso, asegurando un abastecimiento confiable en ciudades como San Antonio (cuenca BNA 055) y Casablanca (cuenca BNA 053). Sin embargo, el éxito de estas iniciativas depende de la capacidad institucional para implementar sistemas efectivos de monitoreo y control de fugas, junto con programas de inversión sostenidos en infraestructura y gestión del agua.

En términos económicos, la disponibilidad de agua es un determinante clave para la sostenibilidad del sector agrícola en localidades como Putaendo y San Felipe (cuenca BNA

054), donde se proyecta un incremento del 76% en la demanda hídrica al año 2055. La eficiencia en el uso del agua para riego, actualmente estimada en un promedio regional del 79.6%, requiere mejoras significativas mediante la adopción de tecnologías avanzadas, como el riego por goteo y la telemetría aplicada en los cultivos frutícolas y vitivinícolas en los valles de Casablanca y Aconcagua. La tecnificación del riego, complementada con la diversificación de fuentes hídricas y la implementación de estrategias de reúso de aguas tratadas, es fundamental para garantizar la productividad agrícola sin comprometer la sostenibilidad hídrica a largo plazo. De no implementarse estas estrategias, las restricciones en el suministro de agua podrían reducir la competitividad del sector agrícola, generando una disminución en la producción y un incremento en los costos de los productos agroalimentarios.

El sector industrial, con particular énfasis en la minería en la provincia de Los Andes y la manufactura en Concón y Quintero (cuenca BNA 053), también enfrenta desafíos en la gestión hídrica. Se proyecta una reducción del 22% en la demanda de agua para la actividad minera al 2055, mientras que la industria manufacturera experimentará un incremento del 109%. Este crecimiento en la demanda industrial impone una presión adicional sobre los recursos hídricos, especialmente en zonas con restricciones de disponibilidad como el estero Casablanca. La incorporación de tecnologías para el reúso de aguas residuales tratadas y la optimización de procesos industriales con menor huella hídrica será crucial para mitigar estos impactos y asegurar la viabilidad del desarrollo industrial en la región.

Desde una perspectiva ambiental, la sobreexplotación de acuíferos en las cuencas de los ríos Petorca, La Ligua y Aconcagua compromete la estabilidad ecológica de los sistemas hídricos. La reducción de los caudales ecológicos en estos ríos afecta la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas para regular el ciclo del agua. La restauración de humedales en Mantagua y en las desembocaduras de esteros en Quintay y Tunquén resulta imprescindible para contrarrestar estos efectos y garantizar la conservación de los servicios ecosistémicos asociados a la regulación hídrica.

La erosión del suelo y la desertificación son problemáticas emergentes que afectan especialmente las zonas agrícolas de la provincia de Petorca. La expansión agropecuaria sin estrategias de conservación del suelo puede acelerar la degradación de la superficie cultivable, reduciendo su capacidad de retención hídrica y aumentando la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos. La implementación de sistemas de recarga de acuíferos, como zanjas de infiltración y forestación en zonas estratégicas del piedemonte del Aconcagua y las laderas de la Cordillera de la Costa, será clave para mitigar estos riesgos y fortalecer la capacidad de adaptación del territorio ante los efectos del cambio climático.

Otro aspecto ambiental crítico es la contaminación del recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo. El crecimiento urbano y la expansión demográfica han intensificado la presión sobre los sistemas de saneamiento en Valparaíso, Viña del Mar y San Antonio, generando descargas inadecuadas de aguas residuales que deterioran la calidad de los cuerpos de agua. La falta de tratamiento adecuado de estas aguas puede generar impactos adversos en la salud pública y comprometer la disponibilidad del recurso para consumo humano y productivo. La implementación de nuevas plantas de tratamiento en Casablanca y San Felipe, junto con la modernización de la infraestructura de saneamiento en comunas como El Quisco y Algarrobo, es una necesidad urgente para garantizar la seguridad hídrica y la calidad ambiental en la región.

El fortalecimiento de la gobernanza hídrica será determinante para mejorar la gestión del recurso. La consolidación de Comunidades de Aguas Subterráneas en el acuífero Casablanca y la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real en la cuenca del Aconcagua permitirán una regulación más efectiva del uso del agua y una planificación más estratégica de su distribución. La restauración de humedales y la regulación de caudales ecológicos en ríos prioritarios contribuirán a preservar la biodiversidad y mejorar la resiliencia de los ecosistemas frente a presiones antrópicas y climáticas. Finalmente, la sensibilización de la población sobre el uso eficiente del agua y la implementación de políticas de adaptación al cambio climático serán factores clave para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en la Región de Valparaíso a largo plazo.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de Valparaíso se distingue por la presencia de tres valles principales que dan nombre a las cuencas más relevantes de la región: Río Aconcagua (BNA 054), Río Ligua (BNA 052) y Río Petorca (BNA 051). Las demandas hídricas de la región se concentran predominantemente en las cuencas antes mencionadas y en Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo (BNA 055). Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1; donde el sector agrícola presenta la mayor demanda. Se proyecta un aumento del 59% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, asociado principalmente a la expansión agrícola⁷, y a la baja eficiencia en el riego, estimada en un 79% en promedio regional. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Río Petorca (BNA 051), Río Ligua (BNA 052), Río Maipo (BNA 057) y Costeras entre R. Maipo – R. Rapel (BNA 058).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, siendo las más afectadas las cuencas Río Petorca (BNA 051), Río Aconcagua (BNA 054) y Río Ligua (BNA 052), con descensos del 16%, 18% y 22%, respectivamente. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que las cuencas Costeras R. Quilimarí – R. Petorca (BNA 050), Río Ligua (BNA 052) y Costeras entre R. Maipo – R. Rapel (BNA 058), presentan un déficit hídrico estructural, caracterizado por demandas que superan la oferta disponible con un 50% de probabilidad de excedencia y presentan restricciones de uso en sus fuentes subterráneas, lo que las vuelve especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región⁸, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta considerables presiones. En las zonas urbanas, si bien la cobertura

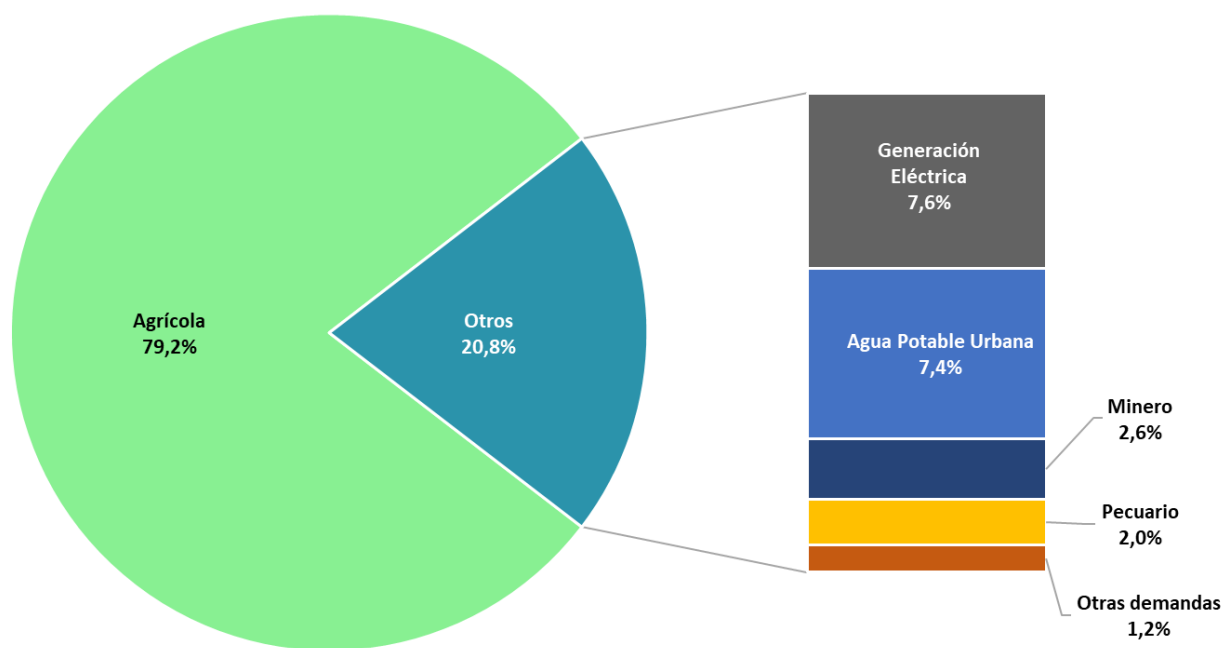
⁷ Asociado al aumento de superficies de viñedos y parronales con un aumento del 76% en la demanda hídrica, consolidando a estos cultivos como los de mayor necesidad de agua. Reducción de la superficie dedicada a frutales y forrajeras permanentes, de acuerdo con las tendencias Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021).

⁸ Entendidos como las brechas o problemáticas relacionadas indirectamente a la disponibilidad de agua, las cuales dificultan el cumplimiento de los objetivos de SH.

alcanza un 94,9%, los sistemas de distribución registran pérdidas físicas del 34% en promedio⁹, las cuencas Costeras R. Quilimarí – R. Petorca (BNA 050) y Río Petorca (BNA 051) presentan los valores más críticos. En las áreas rurales, entre el 16% y 23% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que la falta de información afecta hasta el 34,3% de las viviendas rurales, limitando el desarrollo de estrategias integrales. Además, el 46% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado. En cuanto a la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua la región se encuentra en una situación favorable, con eficiencias de riego que varían entre el 73% y 85%, sin embargo, existen oportunidades que deben ser consideradas para disminuir aún más estas brechas. En particular la cuenca Río Aconcagua (BNA 054) enfrenta desafíos en materias de producción sostenible, ya que concentra aproximadamente el 80% de la red de canales regionales y presenta la menor eficiencia de riego en comparación con las otras cuencas de la región. Además, se proyecta un incremento en la demanda de agua para riego e industria manufacturera, por lo que se deben implementar tecnologías innovadoras y eficientes para abordar estos desafíos. En cuanto a la diversificación de la matriz hídrica, la región cuenta con obras multipropósito para uso de fuentes no convencionales sólo en la cuenca Río Aconcagua (BNA 054) y planificaciones de proyectos para las cuencas Costeras R. Ligua – R. Aconcagua (BJNA 053) y Costeras entre R. Maipo – R. Rapel (BNA 058).

La calidad del agua es un desafío relevante para las cuencas de la región. Las concentraciones de nitratos no logran superar los límites permitidos en la región, aun cuando la actividad agrícola es intensa. A pesar de lo anterior, existen oportunidades que deben ser abordadas para disminuir aún más estas brechas, como prácticas de manejo y control. De igual forma, se observa insuficiente desarrollo en el tratamiento de aguas servidas, ya que todas las cuencas cuentan con una cobertura de alcantarillado menor al 70%. La capacidad natural de los ecosistemas se encuentra en una situación crítica. La oferta hídrica de las cuencas Río Petorca (BNA 051), Río Ligua (BNA 052) y Río Aconcagua (BNA 054) no logra superar el 40% del caudal de protección ambiental, el resto de las cuencas posee brechas de información para conocer su estado. Por otra parte, las cuencas exhiben una baja protección ecosistémica: Sólo la cuenca Islas del Pacífico (BNA 056) tiene más del 25% de protección de humedales, mientras que las cuencas Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo (BNA 055) y Costeras entre R. Maipo – R. Rapel (BNA 058) tienen entre el 5% y 25% de su superficie de humedales protegida, el resto de las cuencas apenas alcanzan el 5% de protección, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Las cuencas Río Aconcagua (BNA 054), Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo (BNA 055) y Río Maipo (BNA 057) presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones y aluviones. Los sistemas de drenaje resultan insuficientes, lo que agrava los impactos de estos eventos.

⁹ Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.



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 Valparaíso

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹⁰	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹¹
			Superficiales	Subterráneas	
050	Costeras R. Quilimarí – R. Petorca	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural
051	Rio Petorca	Estrés hídrico	No	Sí	Déficit hídrico estructural
052	Rio Ligua	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural
053	Costeras R. Ligua – R. Aconcagua	Estrés hídrico	No	Sí	Déficit hídrico estructural
054	Rio Aconcagua	Estrés hídrico	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
055	Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
057	Rio Maipo	Con recursos	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
058	Costeras entre R. Maipo – R. Rapel	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural

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 Valparaíso se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas Río Petorca (BNA 051), Río Ligua (BNA 052), Costeras R. Ligua – R. Aconcagua (BNA 053), Río Aconcagua (BNA 054) y Costeras entre R. Maipo – R. Rapel (BNA 058). 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 Petorca (BNA 051), Río Ligua (BNA 052) y Río Aconcagua (BNA 054). 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 de Valparaíso, actores como el Gobierno Regional, SEREMI MINAGRI, INDAP, CNR, CORFO, ESVAL, FEDEFruta, SEREMI Minería, OUAs, CONAF, INIA¹², empresas y asociaciones mineras, agrícolas y ganaderas, y organizaciones civiles territoriales, 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.

¹²SEREMI MINAGRI: Secretaría Ministerial Regional del Ministerio de Agricultura; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; CNR: Comisión Nacional de Riego; CORFO: Corporación Nacional de Fomento a la Producción; ESVAL: Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral; MINAGRI: Ministerio de Agricultura; FEDEFruta: Federación Gremial Nacional de Productores de Fruta; SEREMI Minería: Secretaría Ministerial Regional del Ministerio de Minería; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Aguas; CONAF: Corporación Nacional Forestal; INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

8.4 FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA

La visión estratégica del Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 prioriza la resiliencia hídrica como un componente central de la gobernanza nacional frente a la crisis hídrica. Este enfoque reconoce el agua como un recurso estratégico para la población, la economía y la biodiversidad, promoviendo su gestión integrada y sostenible en respuesta a los desafíos climáticos y socioeconómicos. Se busca garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, fomentando un desarrollo equitativo y resiliente. En la región de Valparaíso, la estrategia se centra en desarrollar un sistema integral de infraestructura de recursos hídricos, que aborde la escasez hídrica, la contaminación y la vulnerabilidad socioambiental, a través de infraestructura sanitaria, diversificación de fuente de agua, monitoreo e innovación tecnológica. Busca desarrollar medidas de conservación y restauración de ecosistemas, e infraestructura resiliente para reducir la vulnerabilidad a frente a eventos climáticos extremos.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario *Estancamiento Crítico*, el crecimiento demográfico (+19%) ha aumentado sustancialmente la demanda hídrica urbana, exacerbando las brechas de acceso a servicios de agua potable y saneamiento, principalmente en las cuencas Río Ligua (BNA 052), Río Petorca (BNA 051) y Río Aconcagua (BNA 054). La sobreexplotación por parte del sector productivo deriva en un deterioro constante de los recursos hídricos, donde los ríos de las cuencas antes mencionadas, presentan una reducción de sus caudales en más de un 20%. La competencia intersectorial por el recurso hídrico agrava conflictos socioeconómicos entre la industria manufacturera, minera, agrícola y comunidades rurales, que derivan en restricciones en el acceso al agua, pérdida de empleos y reducción en la productividad regional. La baja eficiencia de la infraestructura hídrica de la región compromete la regulación y disponibilidad del recurso. La dependencia de camiones aljibe aumenta, lo que exacerba las desigualdades en el acceso al agua, generando altos costos en el suministro e insostenibilidad del sistema. La reducción de los caudales ecológicos, la contaminación de fuentes hídricas y la baja fiscalización afectan la conservación de ecosistemas hídricos claves para la región, comprometiendo su capacidad para prestar servicios ecosistémicos. En un escenario de *Desafío Gestionable*, los desafíos de SH se incrementan como resultado de la sobreexplotación de los recursos hídricos, la expansión de los sectores productivos altamente demandantes de agua y los efectos del cambio climático. En este escenario la región desarrolla una respuesta institucional con énfasis en medidas correctivas, como la modernización de infraestructuras y la diversificación de fuentes de abastecimiento. Sin embargo, se requiere de una gobernanza integrada que permita abordar los incrementos en los desafíos hídricos de la región de forma sostenible. En un escenario de *Capacidad Limitada*, si bien los desafíos de SH regionales no se intensifican significativamente, las limitaciones institucionales y la infraestructura existente, resultan insuficientes para

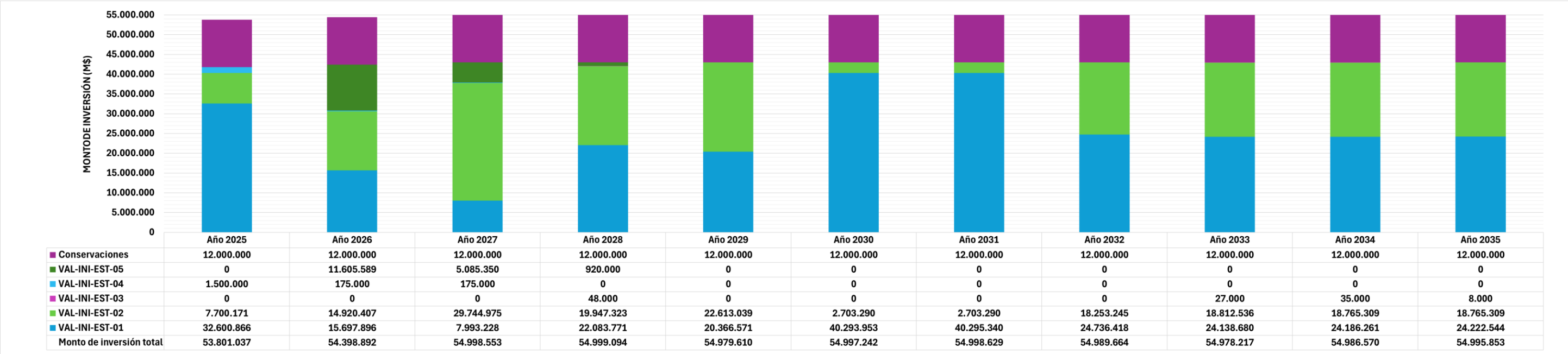
garantizar la sostenibilidad del suministro a largo plazo, acentuando la presión sobre los recursos hídricos. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, se logra estabilidad mediante una gestión hídrica sostenible y resiliente, que sitúa como prioridad el acceso al recurso hídrico y la protección de las fuentes de agua. Por medio de programas de inversión sostenidos en el tiempo, la región desarrolla proyectos de modernización y expansión de la infraestructura hídrica, sistemas de reúso de aguas residuales, sistemas efectivos de monitoreo y restauración de ecosistemas, que le permiten mejorar sustancialmente la calidad de vida, reducir las pérdidas, optimizar la asignación del recurso y garantizar la conservación de los servicios ecosistémicos a largo plazo.

8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

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

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

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



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en obras multipropósito
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 “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas”, tiene por objetivo garantizar el saneamiento de los servicios sanitarios.

Estas iniciativas estratégicas se traducen a inversiones como:

- M\$ 90.071.800 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 28.000 personas distribuidas principalmente en las cuencas Río Aconcagua (BNA 054), Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo (BNA 055) y Costeras R. Ligua – R. Aconcagua (BJNA 053), con el 53%, 21% y 12% de la inversión para este ítem, respectivamente. Esta inversión permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable.
- M\$ 7.840.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 16 estudios de recursos hídricos y 7 estudios de riego. El 22% de la inversión está destinado a estudios regionales. Dentro de las cuencas, destaca el 24% de la inversión destinado a la cuenca Río Aconcagua (BNA 054), un 11% asignado a la cuenca Río Ligua (BNA 052) y un 11% a la cuenca Río Petorca (BNA 051).
- M\$ 170.759.300 de inversión para el Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras, con un beneficio para 400 personas principalmente en las cuencas Río Petorca (BNA 051).
- M\$ 223.071.700 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 37.000 ha a nivel regional; y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 225.000 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.
- M\$ 23.951.100 de inversión para el Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos, equivalente a más de 300.000.000 m³ de volumen de recarga de agua, aumentando la oferta en la matriz hídrica.
- M\$ 198.996.600 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 1500 hectáreas de riego en la región.
- M\$ 310.000 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\$ 1.076.724.000 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 366 hm³/año y; M\$ 38.765.000 de inversión

para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 450 hectáreas.

- M\$ 281.693.200 de inversión para el Diseño y Construcción de Sistemas de Saneamiento Rural, con un beneficio para más de 179.000 personas, lo que permitirá reducir la brecha de acceso al tratamiento de aguas servidas y riesgos de contaminación biológica del agua. Destaca el 56% de la inversión destinada a la cuenca Río Aconcagua (BNA 054), un 13% para la cuenca Costeras R. Ligua – R. Aconcagua (BNA 053) y un 10% a la cuenca Costeras entre R. Aconcagua – R. Maipo (BNA 055).

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 del Valle. (2018). Obtenido de Aguas del Valle: <https://www.aguasdelvalle.cl/empresas/nosotros/plan-de-desarrollo-vigente/>
- Aguas La Serena. (2021). *Aguas La Serena*. Obtenido de <https://www.alser.cl/plan.php>
- Aguas Santiago Norte. (2023). *Aguas Santiago Norte*. Obtenido de <https://www.asnsa.cl/listado-planes-de-desarrollo>
- ASSSI. (2023). *Aguas San Isidro*. Obtenido de <https://www.sanisidrosa.cl/planes-de-desarrollo/>
- BC. (2022). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BC. (2022). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BC. (2022). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_CCNN/MN_CCNN76/CCNN2018_PIB_REGIONAL_N/637899740344107786
- BCN. (2023). *Clima y vegetación Región de Valparaíso*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Valparaíso*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5/hidrografia.htm>
- Bolados A., M., Roa A., S., & Aedo A., M.-V. (2023). Análisis de las brechas e iniciativas hídricas propuestas en los planes estratégicos de gestión hídrica (PEGH): un acercamiento a la gobernanza para su implementación. *Sequía y escasez hídrica: mejoras institucionales y regulatorias en materia de aguas: IV Jornadas del régimen jurídico de las aguas*, 520.
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Conseciones sanitarias: cómo se 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. (2016). *Diagnóstico para desarrollar Plan de Riego en Cuenca Aconcagua*.
- CNR. (2016). *Diagnóstico para desarrollar Plan de Riego en las cunecas de los ríos La Ligua y Petorca*.
- CNR. (2016). *Estudio básico para desarrollar Plan de Riego en Región de Arica y Parinacota*.
- CNR. (2016). Planes de Riego, Elqui, Límari y Choapa-Quilimarí.
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- COCHILCO. (2018). Anuario de la Minería de Chile 2018. https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2019/06/Libro_Anuario_2018_.pdf.
- COCHILCO. (2022). *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales*.
- COCHILCO. (2022). *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales*.
- CONAF. (s.f.). *Uso de Suelo, IDE MINAGRI*. 2019.
- COOPAGUA. (2023). *Coopagua*. Obtenido de <https://www.copagua.cl/plandedesarrollo2035>
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/>
- DGA. (2016). *Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas de la Región de Valparaíso*. Obtenido de https://snia.mop.gob.cl/sad/CQA-5582_informe_final.pdf
- 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. (2020). *Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/asuperficiales/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2020). *Embalses - Inventarios*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>
- DGA. (2020). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA*.
- DGA. (2020). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Aconcagua*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/125414>
- DGA. (2020). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS LIGUA, PETORCA Y QUILIMARÍ*.
- DGA. (2020). *Plan Estratégicos de Gestión Hidrica*.
- DGA. (2021). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2021). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL MAIPO*.
- DGA. (2021). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca Estero Casablanca*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126121>
- DGA. (2021a). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL*.

- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*.
- DGA. (2022). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en Cuencas Costeras entre los Ríos Ligua y Aconcagua*. Santiago.
- DGA. (2023). *Áreas de restricción*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/areasderestriccion.aspx>
- DGA. (Noviembre de 2023). *Catastro público 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>
- DGA, E. (2020). <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>.
- 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. (2021a). *Análisis de inversión en Infraestructura y Gestión Hídrica*.
- DOH. (2023). *Listado de Servicios Sanitarios Rurales*. Santiago, Chile.
- EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Obtenido de <https://www.emdat.be/>
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.

- Especiales, I. d. (s.f.). *Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CONAF)*. Santiago: <https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/>.
- ESVAL. (2023). *ESVAL*. Obtenido de <https://www.esval.cl/personas/nosotros/planes-de-desarrollo-vigentes/>
- Frey, H. S. (2017). Conflictos socio-ambientales en el área metropolitana de Valparaíso. *Revista austral de ciencias sociales*, v. 35: p+aginas 261-281, 2018.
- Fuss, S., Canadell, J., Peters, G., Tavoni, M., Andrew, R., Ciais, P., & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nature climate change*, 850-853.
- GEF. (2022). Diagnóstico ambiental actual y fuentes emisoras del Humedal Costero del Río Elqui, Región de Coquimbo.
- GORE Coquimbo. (2020). Estrategias Regional del Desarrollo. <https://www.gorecoquimbo.cl/estrategia-regional-de-desarrollo/gorecoquimbo/2015-05-08/164205.html>.
- GORE Valparaíso. (2012). *Estrategia Regional de Desarrollo, Región de Valparaíso 2020*.
- IDE, & MINAGRI. (2019). *CATASTRO DE USO DE SUELO Y VEGATACIÓN*. Obtenido de <https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/>
- 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). *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: Entre los derechos humanos y las reglas del Mercado*.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Mardones y Garreaud. (2020). *Future Changes in the Free Tropospheric Freezing*.
- Minería, S. N. (2022). *Anuario de la Minería de Chile, SERNAGEOMIN*. Santiago: <https://www.sernageomin.cl/anuario-de-la-mineria-de-chile/>.
- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Valparaíso*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=7
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2023). *Inventario de Planes 2023*. Obtenido de <https://planeamiento.mop.gob.cl/planes-y-estudios/inventario-de-planes/>
- MOP. (2023). *Inventario de Planes MOP 2023*. Obtenido de Plan de Infraestructura para Caletas Rurales Región de Coquimbo:

- https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/inventarioplanes/Documents/Inventario_de_Planes_MOP_2023.pdf
- MOP. (2023). *Inversión Histórica* .
- Nacional, C. E. (2022). *Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente*, CEN. Santiago: <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>.
- ODEPA. (2022). *Catastros Frutícolas*. Santiago, Chile.
- PIIH. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*. DGA.
- 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>
- 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). Obtenido de *Anuario de la Minería de Chile* : <https://www.sernageomin.cl/anuario-de-la-mineria-de-chile/>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNATUR. (Febrero de 2024). *Big data para el turismo interno*. Obtenido de Principales destinos turísticos: <https://www.sernatur.cl/dataturismo/big-data-turismo-interno/>
- SICVIR. (2020). *INE*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- Siddiqi, A., Eriqat, F., & Diaz Anadon, L. (2016). *Formulating Expectations for Future Water Availability through Infrastructure Development Decisions in Arid Regions*. *Systems Engineering*. doi:10.1002/sys.21337
- SIFAC II. (2022). *SISS*.
- SiSS. (2019). *PTAS en operación*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6409.html>
- SISS. (2022). *Informe de coberturas sanitarias* . Santiago. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22927_recurso_1.pdf
- SiSS. (2022). *Servicios Sanitarios Rurales*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-7244.html>
- SiSS. (2023). *Información SIFAC II*, *SISS*. Santiago.
- 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/>
- SISS. (2024). *Planes de desarrollo vigentes*. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6399.html>.
- 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.