

**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 AYSÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO

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	10
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	11
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	13
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	13
2.1.1	Dimensión física	13
2.1.2	Clima	17
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	18
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	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	27
2.2.5	Minero	28
2.2.6	Industrial	29
2.2.7	Forestal	30
2.2.8	Pecuario	31
2.2.9	Acuícola	32
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	33
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	34
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	38
2.3.1	Oferta hídrica actual	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	68
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	72
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	72
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	77
4.2.1	Brechas de Información	78
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	80
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	83
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	86
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	89
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	91
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	93
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	93
4.3.2	Identificación de brechas de Infraestructura	103
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	105
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	105
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	107
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	108
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	114
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	118
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	119
5.6.1	Beneficios de Inversiones	119
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	123
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	127
6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	127
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	131
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	136

7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	136
7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	137
7.1.2	Factores críticos regionales	138
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	140
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	140
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	143
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	145
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	148
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	151
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	151
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	154
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	155
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	155
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	155
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	156
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	156
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	160
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	161

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	15
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	16
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.....	18
Figura 2.2-1	Cientes 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	26
Figura 2.2-4	Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023	35
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada.....	36
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada.....	37
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo según clasificación BNA.....	39
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología	41
Figura 2.3-3	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.....	42
Figura 2.3-4	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología	47
Figura 2.3-5	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología	48
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de Aysén 2017	58
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	59
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Aysén.....	60

Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2020	61
Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	61
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	64
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	67
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 115	74
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Aysén	75
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Aysén	77
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Aysén	92
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 Aysén	99
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas	106
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	107
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones	109
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión	110
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión.....	132
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	133
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	134
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	135
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	153
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas.....	158

TABLAS

Tabla 2.2-1	Demanda APU actual y futura – cuencas BNA región de Aysén	20
Tabla 2.2-2	Demanda hídrica APR actual, por subcuenca BNA, región de Aysén.....	23
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región de Aysén	24
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región de Aysén.....	24
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural en áreas sin APR – Cuencas BNA región de Aysén	25
Tabla 2.2-6	Demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén	26
Tabla 2.2-7	Demanda hídrica no consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén.....	28
Tabla 2.2-8	Demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén	29
Tabla 2.2.9	Demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén ..	30
Tabla 2.2.10	Demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén	31
Tabla 2.2.11	Demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén	32
Tabla 2.2-12	Demanda Acuícola actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén	33
Tabla 2.2.13	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA Región Aysén	34
Tabla 2.2-14	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región de Aysén	35
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	44
Tabla 2.3-2	Esorrentía total y glaciación en periodo histórico 1985-2015.	45
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región.....	49
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región.....	50
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	51
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de Aysén periodo 1912-2017	52
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Aysén, periodo 2017-2023	52
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	56
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Aysén	57
Tabla 3.1-3	Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.....	65

Tabla 3.1-4	Estaciones de monitoreo de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	66
Tabla 3.1-5	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	68
Tabla 3.1-6	Iniciativas según tipologías y características básicas	69
Tabla 3.1-7	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.....	70
Tabla 3.1-8	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	71
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de Aysén	76
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Aysén ..	82
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Aysén	84
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Aysén (continuación)	85
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Aysén	87
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Aysén (continuación).....	88
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Aysén	90
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Aysén	96
Tabla 4.3-2	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Aysén (continuación).....	97
Tabla 4.3-3	Incertidumbres detectadas por tipo de obra de infraestructura en la región de Aysén	101
Tabla 4.3-4	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Arica y Parinacota	104
Tabla 5.1-1	: Iniciativas Estratégicas	107
Tabla 5.2-1	: Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	108
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYS-INI-EST-01....	111
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYS-INI-EST-02....	111
Tabla 5.3-3	: Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYS-INI-EST-03	112
Tabla 5.3-4	: Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYS-INI-EST-04	113
Tabla 5.3-5	: Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYS-INI-EST-05	113
Tabla 5.4-1	: Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	114

Tabla 5.5-1	: Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	118
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General).....	120
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	124
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	129
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Aysén	154

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una breve introducción al estudio y el marco estratégico desarrollado para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo 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 Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

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

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

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

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

1.2 MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL

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

1.2.1 Visión objetivo

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

En este contexto, se define una imagen objetivo donde la región de Aysén “[...] reconocida por su extenso territorio y diversos paisajes naturales, al 2055 busca ser una región libre de contaminación, con la mayor red de SNASPE [...]”. Para ello, “la actual y nueva infraestructura será diseñada y construida con criterios de sostenibilidad, gestión de riesgos socio-naturales, de adaptación al cambio climático y resiliencia, reconocimiento a los pueblos originarios, perspectiva de género y con participación de expertos y ciudadanía [...]”.

Esta imagen objetivo, define además a la región de Aysén como una capaz de “[...] Diseñar y aplicar la gobernanza y autonomía de los territorios con una visión integradora, en materia de gestión del recurso hídrico.”

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos estratégicos regionales los cuales se han definido a partir de la revisión y análisis del Estudio de Análisis Integral Desarrollado para el Plan Director 2025-2055 (DIRPLAN, 2024), los Planes de Riego (CNR, 2017), Planes de Estrategias Regionales del Gobierno Regional de Aysén (GORE Aysén, 2010), y por último el inventario de planes del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2023) El detalle del análisis realizado se presenta en el Anexo 15.05.02.

1.2.2 Objetivo estratégico general

Promover el desarrollo sostenible y equitativo de la región de Aysén mediante la implementación de un plan integral de gestión del agua, que aborde las necesidades de acceso a agua potable y saneamiento en comunidades rurales y urbanas, garantice la

protección y restauración de ecosistemas hídricos, fomento prácticas productivas sostenibles y resilientes al clima, e impulse la investigación y tecnologías innovadoras para la gestión eficiente y equitativa de los recursos hídricos, contribuyendo al bienestar socioeconómico y ambiental de la región.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Incrementar la cobertura de agua potable y saneamiento en comunidades rurales y asentamientos aislados de la región de Aysén, mediante la implementación de sistemas de captación y tratamiento de agua adaptados a las condiciones geográficas extremas, garantizando que la población objetivo tenga acceso a servicios de agua segura y asequible, y promoviendo la participación activa de los habitantes en la planificación y gestión de estos recursos.
2. Desarrollar y aplicar un plan regional de gestión de aguas residuales en la región de Aysén que permita reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a riesgos socionaturales, mediante la implementación de tecnologías de reutilización y tratamiento de aguas residuales. Este plan priorizará la reducción de brechas sociales en la prestación de servicios, garantizará el acceso equitativo a agua segura y sostenible, y promoverá la investigación de nuevos recursos hídricos para asegurar la disponibilidad y calidad del agua en áreas con escasez, contribuyendo al bienestar comunitario y a la economía circular del agua.
3. Promover el desarrollo de infraestructura de riego y gestión del agua diseñada con criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, para favorecer la diversificación económica en la región. Se priorizará la inversión en sistemas de riego intrapredial, control de aguas lluvias y drenaje, asegurando la conservación ambiental y el equilibrio entre el bienestar social y el desarrollo productivo. Además, se fomentará la capacitación y transferencia tecnológica en la gestión eficiente de los recursos hídricos, involucrando a productores y comunidades en un enfoque de género, y fortaleciendo la resiliencia frente a riesgos socio-naturales en las cuencas.
4. Fortalecer la gestión institucional del recurso hídrico mediante un modelo de gobernanza público-privado descentralizado, que promueva la tecnificación y modernización de los sistemas de riego. Impulsar la creación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs), facilitando la regularización y constitución de derechos de agua, y fomentando la asociatividad entre productores. Promover la capacitación y apoyo institucional para la elaboración y ejecución de proyectos de riego y drenaje, con un enfoque en la adaptación al cambio climático y la incorporación de tecnologías sostenibles. Asegurar la participación efectiva y el desarrollo del capital humano y social necesario para una gestión integrada y eficiente del agua.

5. Implementar una gestión innovadora y eficiente del agua en todo el territorio, asegurando su acceso y conservación en todas sus manifestaciones; y fomentar la conciencia y el valor del patrimonio ambiental entre la población, mediante mecanismos que promuevan su protección y uso sostenible, equilibrando el desarrollo humano con la preservación de los recursos naturales.
6. Realizar un diagnóstico de los sistemas naturales en la región de Aysén, evaluando su capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales, incluyendo un inventario detallado y la caracterización de los cauces, humedales costeros, lacustres y fluviales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales que determinan los servicios ecosistémicos.
7. Establecer estándares de infraestructura resiliente al clima en la región de Aysén, que reduzcan la vulnerabilidad de las zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos. Incluyendo la implementación de infraestructuras de riego, control aluvional, y sistemas de aguas lluvias y saneamiento, diseñadas con criterios de sostenibilidad, respeto al medio ambiente y perspectiva de género.

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 15.01 del presente estudio.

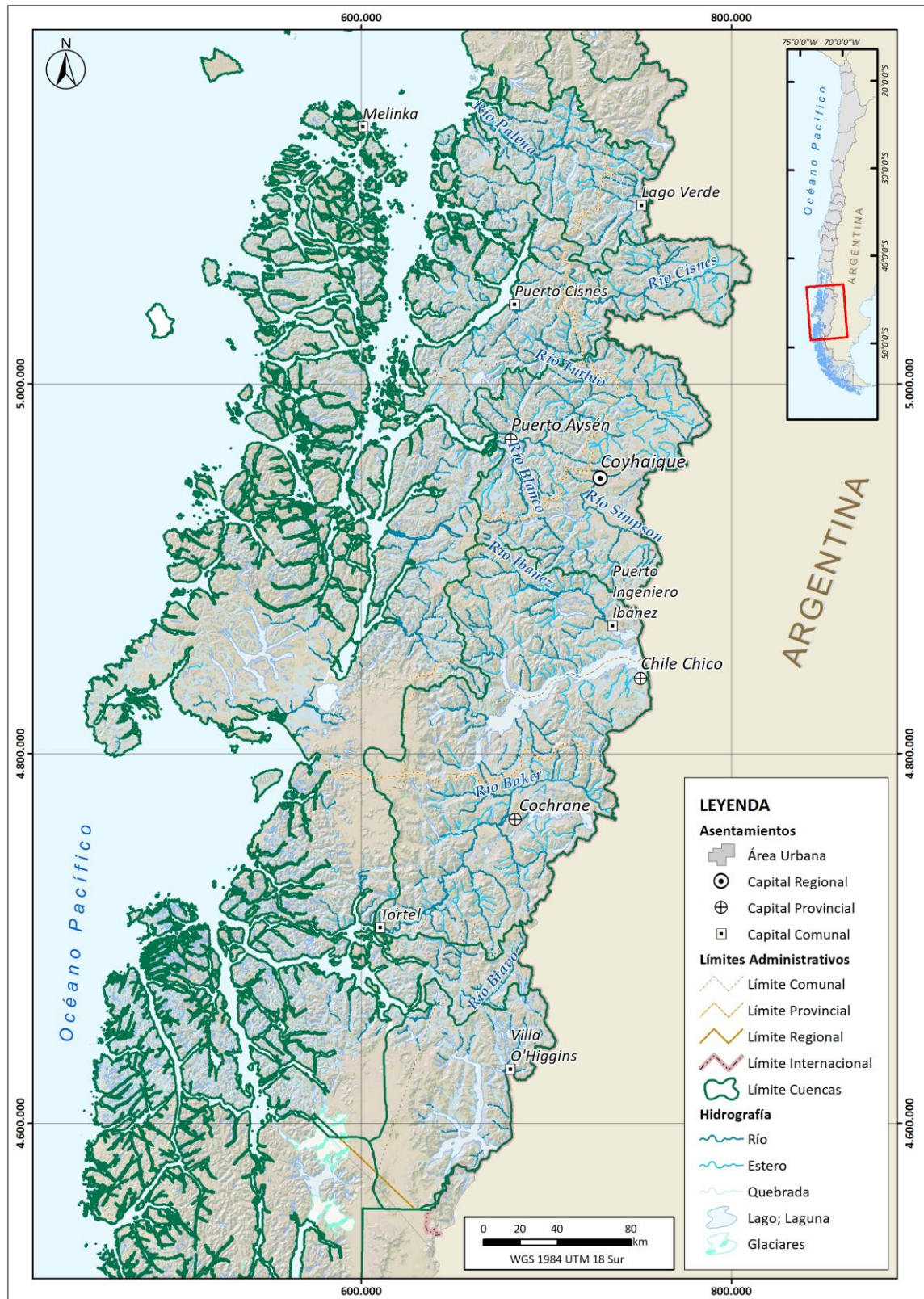
2.1.1 Dimensión física

La región se caracteriza geológicamente por cinco fajas en sentido Norte-Sur: el área Archipelágica, la Depresión Central, la Cordillera Andina, el Cordón Subandino Oriental y los Relieves Planiformes Orientales, cada una con rasgos topográficos y geológicos particulares, como montañas sumergidas, depresiones submarinas, y planicies aptas para la ganadería. La Región de Aysén se destaca geológicamente por su posición en la zona de conjunción de las placas tectónicas “Antártica - Pacífico Sur”, “Nazca” y “Continente Sudamericano” en el fondo oceánico frente a la Península Taitao. La colisión de estas tres placas es responsable del levantamiento de la Cordillera de los Andes y de la fragmentación de la corteza continental, visible en los angostos valles, fiordos y canales, escarpados por la profunda erosión glacial a lo largo de las fallas tectónicas (MOP, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Aysén, 2012).

La característica de los ríos de la región es su gran caudal, debido a la permanente alimentación de ellos por el deshielo y a las precipitaciones. Los principales sistemas los forman los ríos Palena, Cisnes y Aysén con sus cuencas transandinas a las que se les suman el Bravo y Pascua. La hidrografía de la región se presenta en la Figura 2.1-1

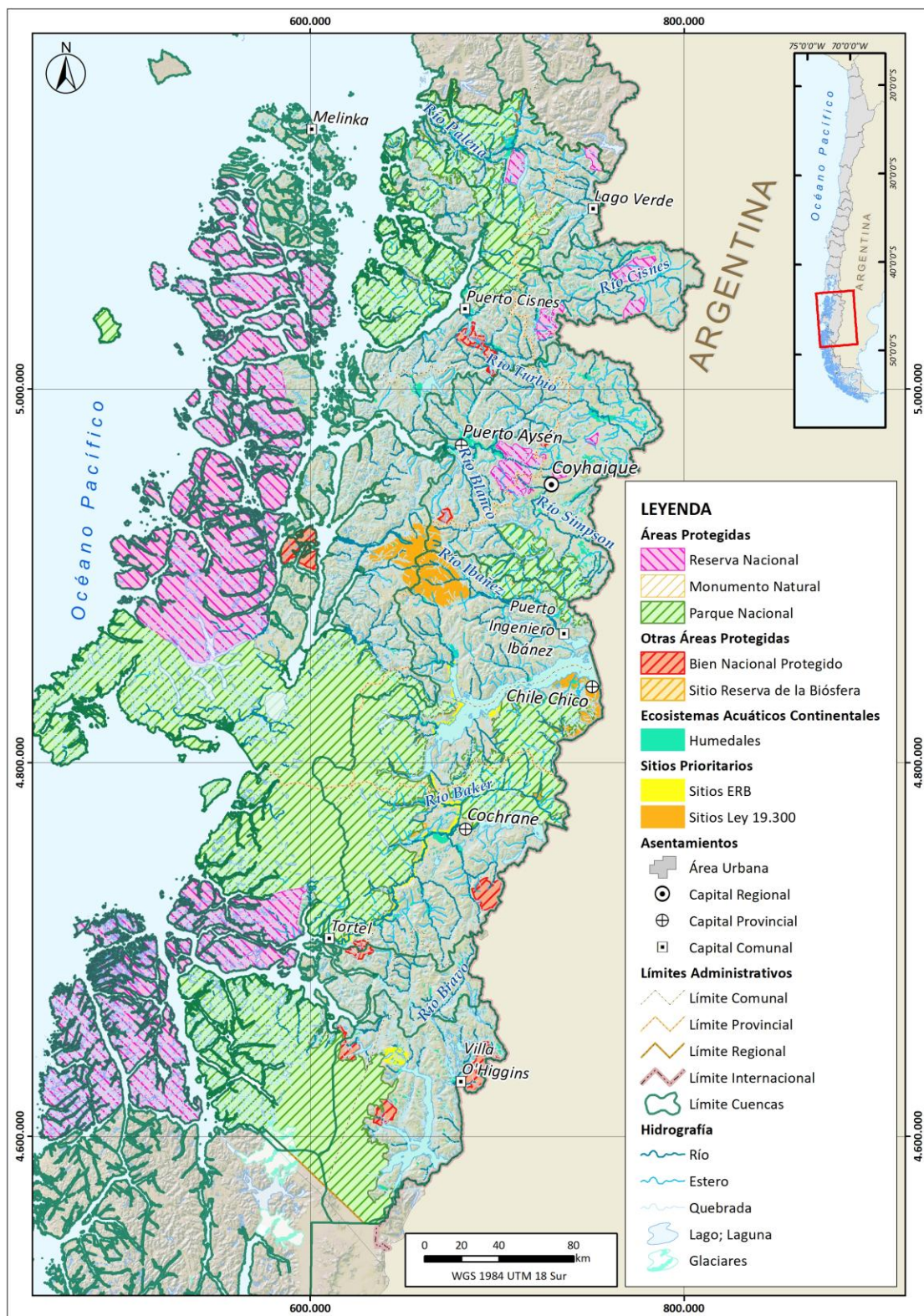
En el ámbito ambiental, en la región de Aysén, se encuentran destacadas áreas protegidas bajo la administración de CONAF, como el Parque Nacional Laguna San Rafael y el Parque Nacional Queulat, según se muestra en la Figura 2.1-2. Estos parques

desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad de la región, además de ser destinos importantes para el turismo ecológico y la investigación científica. Con respecto a la protección de humedales la región se encuentra en una situación crítica. Las cuencas Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos, Río Aysén, Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez, Río Baker, Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua, Río Pascua y Costeras entre R. Pascua Limite Región Archipiélago muestran una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales menores al 2%. Por otra parte, la cuenca Río Palena y Costeras Límite Décima Región presenta una criticidad media, con un porcentaje de protección de 5%. Por último, la cuenca Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén tiene una baja criticidad, con un 29% de protección de humedales. Esta situación pone en evidencia la necesidad de mejorar la gestión y la protección de los humedales para resguardar los recursos hídricos y la provisión de servicios ecosistémicos dentro de la región (ver acápite 4.2.4)



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

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo



Fuente: Elaboración propia en base a Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (2023).

Figura 2.1-2 Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

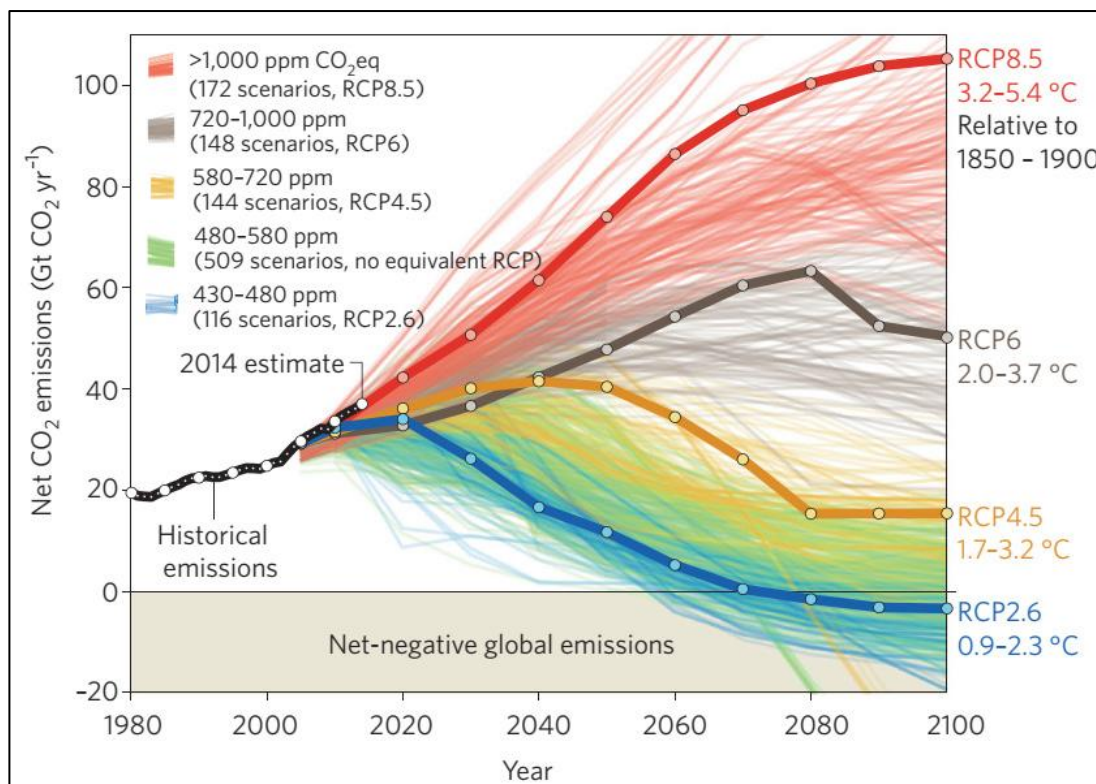
2.1.2 Clima

La Región de Aysén presenta un clima frío oceánico en su sector de archipiélagos e islas y en la vertiente occidental de los Andes Patagónicos, caracterizado por abundantes precipitaciones, fuertes vientos del Oeste y alta humedad, con promedios anuales de precipitación entre 3.000 y 4.000 mm. En contraste, el clima de estepa fría en la vertiente oriental de la Cordillera Patagónica experimenta una disminución notable de las precipitaciones, protegido por el cordón montañoso, con valores anuales que descienden hasta 621 mm en algunas zonas. Las temperaturas son generalmente bajas, siendo enero el mes más cálido y julio el más frío (BCN, 2023).

En el Anexo 15.01 se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger; además de los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, calculados dentro del periodo histórico considerado 1985-2015, con información extraída del producto meteorológico CR2Met v2.5, asociado al estudio Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile (DGA, 2022).

Estos datos climáticos fueron obtenidos a partir de los resultados de las simulaciones 4 modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de la iniciativa CMIP-5¹ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), siendo ajustados a una escala espacial de 0,05° x 0,05° para Chile. Estos modelos poseen información histórica hasta el año 2005, por lo que, a partir de ese año, los resultados reportados corresponden a proyecciones. Los GCM utilizados corresponden a aquellos del escenario de emisiones RCP8.5, que supone la mayor tasa de emisiones hacia el futuro, siendo la más pesimista, pero que mejor predijeron lo ocurrido desde el año 2005 hasta el año 2014, como se puede ver en la Figura 2.1-3. El GCM representativo de la región corresponde al CCSM4. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 15.01.

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 Aysén se encuentra ubicada en la macrozona Austral y tiene un área de 108.494,40 km². Según las proyecciones al año 2035, la región de Aysén contaría con un total de 109.055 habitantes, lo que presentaría un crecimiento de 5,72%, respecto de la población registrada en el Censo 2017. Por lo tanto, esta sería la región que presentaría una menor variación en comparación con las anteriores regiones pertenecientes a la macrozona austral (INE, 2017). Las mujeres abarcarían el 50,24% del total de habitantes, mientras que los hombres alcanzarían el 49,76% (INE, Resultados Censo 2017, 2017). Su estructura poblacional se proyecta para el 2035 más cercana a una pirámide invertida, puesto que la cantidad de habitantes que se encuentran en rangos etarios desde 15 años (INE, 2017). Del total de la población de Aysén, un 79,6% corresponde al área urbana y un 20,4% al área rural (INE, 2017). Con respecto a los pueblos originarios, se destaca la presencia del pueblo Mapuche con un 95,2% (INE, 2017).

El Producto Interno Bruto (PIB) de la Región de Aysén consignado por el Banco Central de Chile (referencia) al año 2022, corresponde a \$1.197 mil millones de pesos, representando el 0,61% a nivel nacional. En términos sectoriales, el porcentaje del PIB regional se destaca en la pesca (37%), seguida por administración pública (14,6%) y

servicios personales (12,3%). Respecto al sector agropecuario-silvícola, este alcanza un 1,6% del PIB regional, el sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos el 0,8% y por último el sector minero con 2,4% de participación del PIB regional (BC, 2022).

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS

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

2.2.1 Agua Potable Urbana

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

Los cálculos de demanda hídrica actual consideran el consumo facturado en el año 2022 según el Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) (SISS, 2023). La demanda proyectada para Clientes Residenciales considera el consumo facturado histórico y la proyección de clientes de acuerdo a la tasa de crecimiento poblacional, mientras que para los demás clientes perteneciente a la categoría “Otros”², se utiliza la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) (BC, 2022). El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2-1 Demanda APU actual y futura – cuencas BNA región de Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica ($Mm^3/año$)				
		2022	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e islas entre Río Palena y Río Aysén	180	181	186	185	180
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	4.322	4.315	4.442	4.417	4.248
114	Costeras e islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal Gral. Martínez	773	767	843	918	989
115	Río Baker	659	638	661	665	651
116	Costeras e Islas entre Río Baker y Río Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre Río Pascua Límite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		5.934	5.901	6.132	6.185	6.068

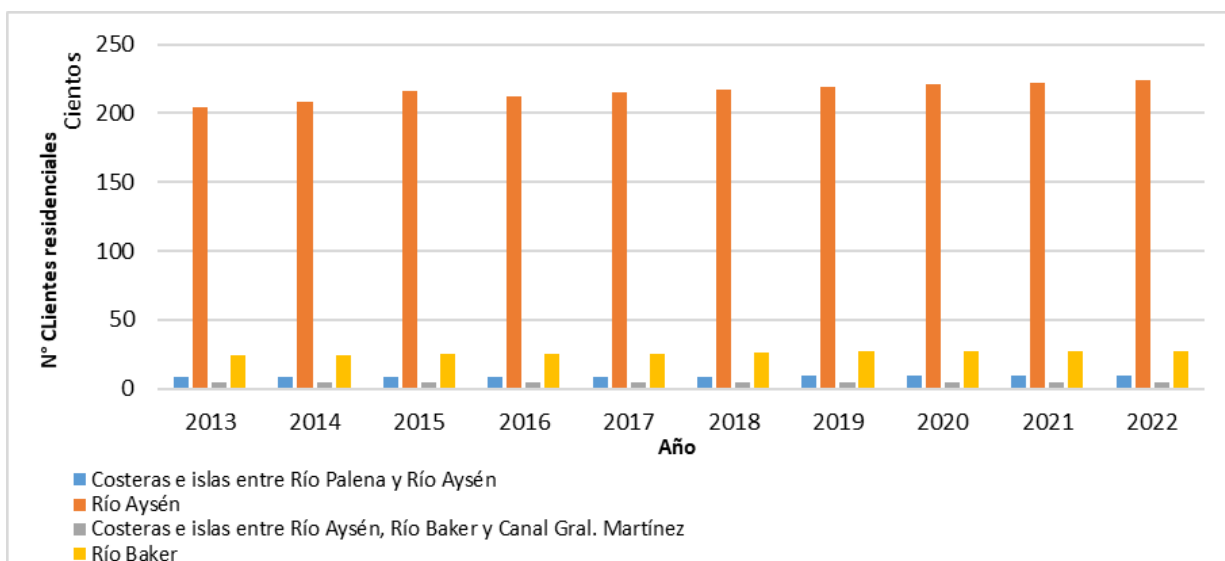
Fuente: Elaboración propia en base a SISS (2023).

Según se desprende de la Tabla 2.2-1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en las cuencas Costeras e islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal General Martínez (código BNA 114). Mientras que para las cuencas Costeras e islas entre Río Palena y Río Aysén

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

(código BNA 111), Río Aysén (código BNA 113) y Río Baker (código BNA 115) se observa una tendencia al alza, sin embargo, esta presenta una disminución a partir del año 2045, respondiendo a las proyecciones de población del Censo (INE, 2017) utilizadas para el análisis³. Asimismo, se observa que la mayor demanda se concentra en la cuenca del Río Aysén (código BNA 113) en donde operan los sistemas Coyhaique y Puerto Aysén, los cuales 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 92,1% 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 0,2%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales por cuenca entre los años 2013 y 2022.

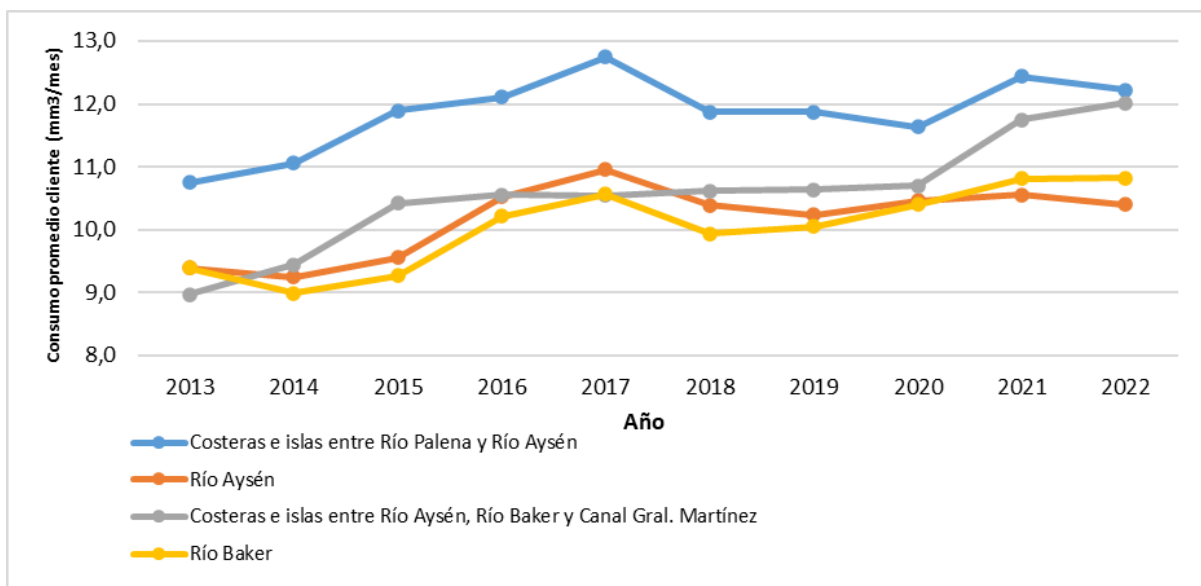


Fuente: SISS (2023)

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

Junto con el aumento del número de clientes, también se ha observado un incremento en el consumo mensual promedio por cliente residencial de aproximadamente 6m³/mes (Figura 2.2-2). Cabe destacar, las cuencas que más consumo promedian son las cuencas Costeras e islas entre Río Palena y Río Aysén (código BNA 122).

³ Mayor detalle ver anexo 14.02 de Demanda APU.



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 provenientes en un 100% de fuentes superficiales, conducida por gravedad mediante tuberías de aducción o por bombeo con tuberías de impulsión hacia las instalaciones de producción de agua potable (Aguas Patagonia, 2022).

2.2.2 Agua Potable Rural

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

Los cálculos de la demanda hídrica consideran la información proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2021) que contiene la identificación de los SSR que actualmente operan en la cuenca. La demanda proyectada considera las tasas de crecimiento poblacional provenientes del Censo de Población y Vivienda (INE, 2017), así como también la demanda asociada a futuros proyectos en la región. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2-2 Demanda hídrica APR actual, por subcuenca BNA, región de Aysén

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	174	175	175	169	158
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	222	223	224	217	202
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	107	107	108	104	97
113	Río Aysén	728	733	781	755	703
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	36	36	36	35	33
115	Río Baker	277	278	294	285	265
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	56	56	56	54	51
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		1.600	1.608	1.674	1.619	1.509

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

Según se desprende de la Tabla 2.2-2 la proyección futura muestra una tendencia a la baja en todas las cuencas de la región, asociada a una disminución de la población rural (INE, 2017) que demanda el recurso hídrico en las cuencas.

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural de áreas con APR en las cuencas de la región de Aysén desarrollada en base a las proyecciones de población del Censo (INE, 2017). En la tabla se observa que las cuencas Río Palena y Costeras Limite Décima Región (código BNA 110), Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén (código BNA 111), Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos (código BNA 112), Costeras e Islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal General Martínez (código BNA 114), Río Baker (Código BNA 115) y Río Pascua (código BNA 118) presentan una disminución de un 10% para la población rural al 2055 respecto de la población actual, mientras que la cuenca de Río Aysén (código BNA 113) presenta una disminución del 2% al 2055 respecto a la población actual.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	3.319	3.332	3.342	3.232	3.008
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	3.514	3.529	3.539	3.422	3.185
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	1.961	1.969	1.974	1.909	1.777
113	Río Aysén	11.774	11.822	12.765	12.344	11.489
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	457	459	460	445	414
115	Río Baker	5.887	5.911	5.928	5.732	5.336
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	1.031	1.036	1.039	1.004	935
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		27.944	28.057	29.046	28.089	26.145

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

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 10% de disminución en el consumo para el año 2055 la cuenca del Río Baker (código BNA 115).

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Hídrica áreas sin APR (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	0	0	0	0	0
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	0	0	0	0	0
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	0	0	0	0	0
115	Río Baker	15	15	15	15	14
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		15	15	15	15	14

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

En este sentido, se presenta por último la Tabla 2.2-5 donde se observa la proyección de población en áreas sin APR, con una disminución del 10% 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 Aysén

Cód. Cuenca	Cuencas	Proyección población rural áreas sin APR				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	0	0	0	0	0
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	0	0	0	0	0
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	0	0	0	0	0
115	Río Baker	831	835	837	809	753
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		831	835	837	809	753

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017)

En el acápite 3.1.1.4ii se detalla información asociada a la infraestructura de agua potable y saneamiento.

2.2.3 Agrícola

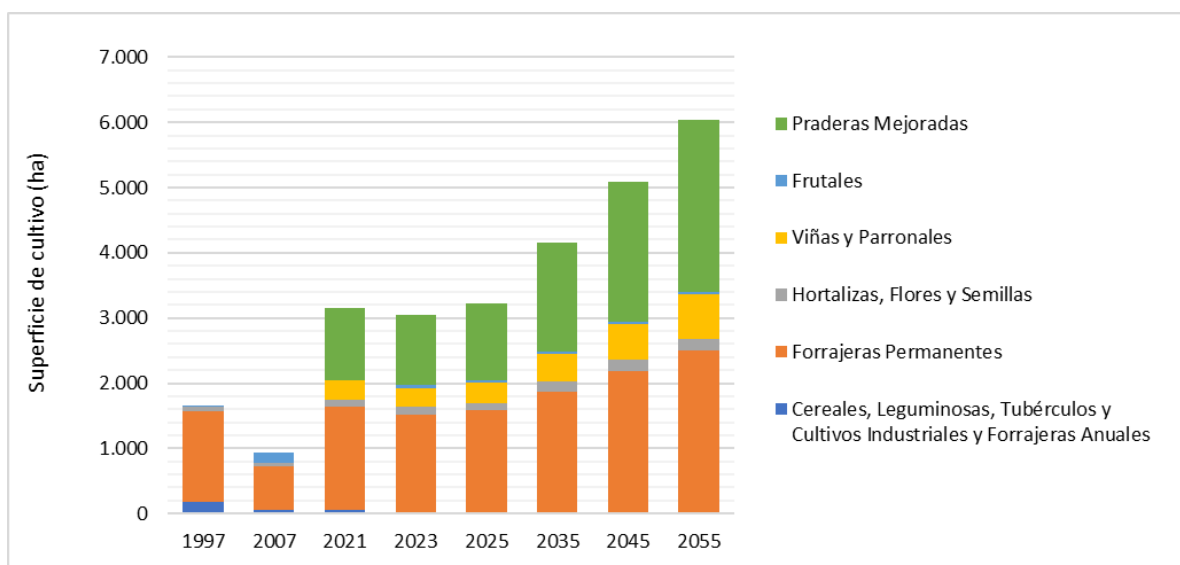
Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de Aysén se emplearon diversos datos y metodologías. Se consideraron los requerimientos de riego de los cultivos, teniendo en cuenta la demanda evapotranspirativa, el aporte de la precipitación y las eficiencias de los sistemas de riego. La estimación de la superficie de cultivo actual y futura se basó en los resultados de los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021; INE, 1997), a los cuales se les aplicó tendencia. Además, se estableció un coeficiente de cultivo representativo para cada grupo de cultivo (Cereales, Hortalizas, Vides y Frutas) utilizando los catastros de ODEPA (ODEPA, 2022); mientras que los datos de evapotranspiración y precipitación se obtuvieron a partir de la homologación del Balance Hídrico Nacional del 2022. Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	135	202	205	226	543
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	171	257	234	228	701
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	31	43	39	29	85
113	Río Aysén	11.865	13.698	15.911	19.066	29.974
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	97	135	76	61	280
115	Río Baker	27.205	31.462	35.838	40.604	57.596
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	3	4	4	5	9
117	Río Pascua	16	20	24	30	43
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	2	4	2	2	7
Total		39.525	45.825	52.333	60.251	89.238

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 2.2-6, se espera un incremento del 126% en la demanda de agua en la región entre 2023 y 2055. Este aumento se atribuye principalmente a la expansión de la superficie cultivada con praderas mejoradas, viñas, parronales y forrajeras permanentes. Los Censos Agropecuarios de 2007 y 2021 muestran una disminución en la superficie dedicada a frutales y un notable aumento en las áreas destinadas a los cultivos mencionados. Se prevé que esta tendencia se mantenga constante hasta 2055, posiblemente debido a una mejor adaptación de estos cultivos a las condiciones de estrés hídrico en comparación con los frutales (Figura 2.2-3).



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 forrajeras permanentes 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 22.690 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 42.596 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 88% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Respecto a los cultivos praderas mejoradas se estima una demanda de 10.614 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 32.614 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 103% en la demanda hídrica, situándose como el cultivo con el mayor incremento en la necesidad de agua.

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

2.2.4 Generación eléctrica

Para estimar la demanda hídrica asociada a la generación eléctrica, se identificaron las centrales generadoras en la región utilizando los datos proporcionados por la Comisión Nacional de Energía (CEN, 2023). Según esta información, en la región operan tres plantas hidroeléctricas y doce plantas termoeléctricas. Es relevante señalar que la demanda hídrica del sector de generación eléctrica se clasifica en dos componentes: la demanda no consuntiva, relacionada con las centrales hidroeléctricas, y la demanda consuntiva, correspondiente a las centrales termoeléctricas que utilizan agua para sus sistemas de enfriamiento.

Posteriormente, se revisaron los registros históricos de generación eléctrica del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). No obstante, dichos registros no incluyen información sobre la generación eléctrica en la región. En consecuencia, la estimación de demanda que se presenta en la Tabla 2.2-7 se basa en proyecciones del (DGA, 2017), el cual proporciona datos únicamente para el sector hidroeléctrico. En cuanto al sector termoeléctrico, no se dispone de información suficiente para realizar una estimación precisa, lo que se reconoce como una brecha de información.

Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-7 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2-7 Demanda hídrica no consuntiva Generación Eléctrica actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	0	0	0	0	0
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	301.782	286.772	147.618	54.108	12.672
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	0	0	0	0	0
115	Río Baker	0	0	0	0	0
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		301.782	286.772	147.618	54.108	12.672

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2.2-7 muestra una disminución en la demanda hídrica no consuntiva, asociada a las hidroeléctricas Lago Atravesado, Monreal y Aysén, ubicadas en la cuenca Río Aysén. Según los datos históricos, estas centrales han experimentado una reducción en la generación eléctrica en los últimos años.

Estas proyecciones están alineadas con lo señalado en el documento "Política Energética para la Región de Aysén al 2050" (Ministerio de Energía, 2018) que indica que el incremento de la sequía en la región ha provocado un aumento en la generación con unidades diésel para garantizar el abastecimiento del sistema y asegurar la continuidad del suministro.

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 metálica, representada por las producciones de oro y zinc.

Para actualizar los datos de producción, se utilizó el último el "Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales" (SERNAGEOMIN, 2022a). 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 15.02.

Tabla 2.2-8 Demanda hídrica minera actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	0	0	0	0	0
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	741	720	684	287	273
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	0	0	0	0	0
115	Río Baker	83	440	0	0	0
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		824	1.160	684	287	273

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda de agua en la región, como se evidencia en la Tabla 2.2-8, no muestra una tendencia clara al alza o a la baja. Lo anterior se debe a que la estimación de demanda futura se fundamenta en las tendencias productivas de la serie histórica utilizando proyecciones a través del uso de Series de Tiempo (SdT). Esta herramienta permite considerar el comportamiento histórico de la variable basal en la estimación del comportamiento futuro. Dado que, la tendencia productivas historias no presentan una tendencia al alza o a la baja definida se presentan fluctuaciones en la proyección de demanda.

2.2.6 Industrial

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

Respecto al SIFAC II, no fueron consideradas aquellas industrias con servicio de agua potable, esto dado que dicha demanda forma parte de la demanda de agua potable urbana (acápite 2.2.1). En consecuencia, han sido consideradas desde el SIFAC II solo aquellas industrias que utilizan la red de alcantarillado de aguas servidas y extraen agua desde unas fuentes distintas a la red de agua potable. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.9 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2.9 Demanda hídrica industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0	0	0
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	12.440	12.838	21.813	30.752	40.307
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	17.000	17.544	29.809	42.023	55.081
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	0	0	0	0	0
115	Río Baker	0	0	0	0	0
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		29.440	30.382	51.622	72.775	95.388

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 2.2.9, se observa una tendencia al alza en las proyecciones futuras, la cual está vinculada al desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Este crecimiento se refleja en el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero. Según los resultados obtenidos, se estima un aumento en la demanda de agua del orden del 224% 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 7,2% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 613% entre los años 2013 y 2022 (BC, 2022).

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

2.2.7 Forestal

Para estimar la demanda de agua de uso forestal (uso productivo), se tomaron como dato de partida las Cubiertas del Catastro de Usos del Suelo y Vegetación de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2009). Las superficies plantadas consideradas corresponden a especies forestales exóticas. Estas superficies fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.10, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2.10 Demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	3.362	3.392	3.456	3.513	3.576
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	6.960	7.021	7.154	7.273	7.404
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	258.942	261.215	266.142	270.584	275.448
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	127	129	131	133	136
115	Río Baker	85.103	85.850	87.469	88.929	90.528
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		354.494	357.607	364.352	370.432	377.092

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de la demanda forestal, como se indica en Tabla 2.2.10, tiene una leve tendencia al alza. Este incremento se explica por factores como la expansión de la superficie destinada a plantaciones forestales, con un enfoque en el aumento de especies de Pino (P. contorta, P. ponderosa y P. menziesii), así como las tendencias históricas de 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 y 2007 (INE, 1997; INE, 2007) y encuestas ODEPA (ODEPA, 2022). A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2.11, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2.11 Demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	107	106	105	107	102
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	242	240	230	226	239
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	1	1	1	1	0
113	Río Aysén	1.438	1.431	1.430	1.448	1.596
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	36	36	39	42	50
115	Río Baker	634	624	590	582	587
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	21	22	26	29	37
117	Río Pascua	57	58	66	70	86
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	11	11	10	10	11
Total		2.547	2.529	2.497	2.515	2.708

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2.11, se observa en general una tendencia al alza de la demanda durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Este incremento se asocia, de acuerdo a la información censal, al aumento de las cabezas de ganado en la región.

2.2.9 Acuícola

Para la estimación de la demanda acuícola no consuntiva en la región fueron localizados los centros acuícolas “en tierra” del RNA, de los cuales fueron seleccionados exclusivamente aquellos en que la fuente hídrica utilizada no proviene de agua de mar, siendo considerados los que utilizan agua proveniente de río, estero, arroyo, pozo, vertiente, lago, laguna o canal. Para la estimación de la demanda de agua dulce actual y futura, se determinó la producción de cada explotación por grupo de cultivo, luego las producciones, expresadas en toneladas anuales, se multiplicaron por una tasa de consumo de agua, característica de cada especie. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-12, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 15.02.

Tabla 2.2-12 Demanda Acuicola actual y futura – Cuencas BNA Región Aysén

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	19.007	16.702	12.360	8.059	8.059
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	1.482.274	768.651	423.442	143.808	143.808
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0	0	0
113	Río Aysén	962.668	1.019.211	553.675	113.118	113.118
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	8.637	37.860	15.676	15.676	15.676
115	Río Baker	0	0	0	0	0
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	0	0	0	0	0
117	Río Pascua	0	0	0	0	0
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	0	0	0	0	0
Total		2.472.586	1.842.424	1.005.153	280.661	280.661

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-12, la proyección de la demanda acuicola muestra una tendencia a la baja. La demanda proyectada, basada en datos históricos de producción, se concentra mayoritariamente en las cuencas “Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén” y “Río Aysén”.

2.2.10 Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental

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

La metodología se enfoca en determinar caudales ecológicos mínimos con el fin de preservar la calidad de los recursos naturales en ecosistemas específicos. Este proceso incluye el análisis de caudales históricos de estaciones fluviométricas y la consideración de áreas protegidas como SNASPE, Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica y Sitios Ramsar. La estimación del caudal de conservación combina el caudal ecológico y la probabilidad de excedencia del 20%, garantizando la preservación de la distribución natural de caudales y el equilibrio entre el uso humano y la conservación. Además, se aplican criterios normativos como el Decreto N° 71 para definir el caudal ecológico mínimo, teniendo en cuenta variaciones mensuales del caudal medio anual y probabilidad de excedencia. 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 15.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación:

Reserva Forestal Lago Rosselot (WDPA-102), en la cuenca Río Palena y Costeras Décima Región, Parque Nacional Queulat (WDPA-053) en la cuenca Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén, Reserva Nacional Río Simpson (WDPA-103) y Reserva Forestal Coyhaique (WDPA-106) en la cuenca Río Aysén, y Sitio Prioritario Subcuenca Río Baker (SP2-088) en la cuenca Río Baker.

Tabla 2.2.13 Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA Región Aysén

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm ³)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Palena y Costeras Décima Región	2.178	1.409	1.727	2.421	2.443	2.852	2.900	2.709	1.791	2.730	2.555	2.719	28.434
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	150	116	139	104	102	71	59	60	51	63	87	129	1.131
Río Aysén	86	44	57	85	134	197	239	262	247	304	237	155	2.047
Río Baker	2.263	2.095	2.322	2.049	2.004	1.751	1.609	1.328	1.171	1.268	1.466	1.819	21.145
Total	4.677	3.664	4.245	4.659	4.683	4.871	4.807	4.359	3.260	4.365	4.345	4.822	52.757

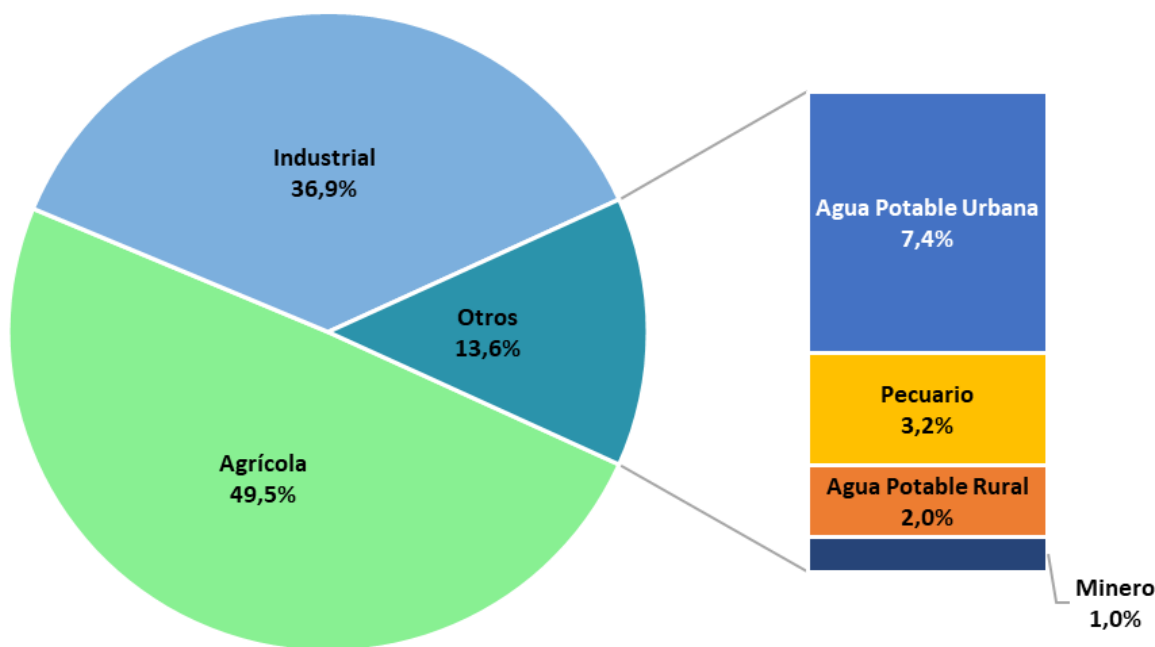
Fuente: Elaboración propia.

2.2.11 Análisis de demanda total en la región

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

i. Análisis de demanda extractiva total en la región

A continuación, en la Figura 2.2-4, se presenta la distribución del total de demanda hídrica consuntiva en la región de Aysén en el año 2023, destacando el sector agrícola e industrial como principales demandantes consuntivos de agua para usos productivos. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 15.02.



Fuente: Elaboración propia.

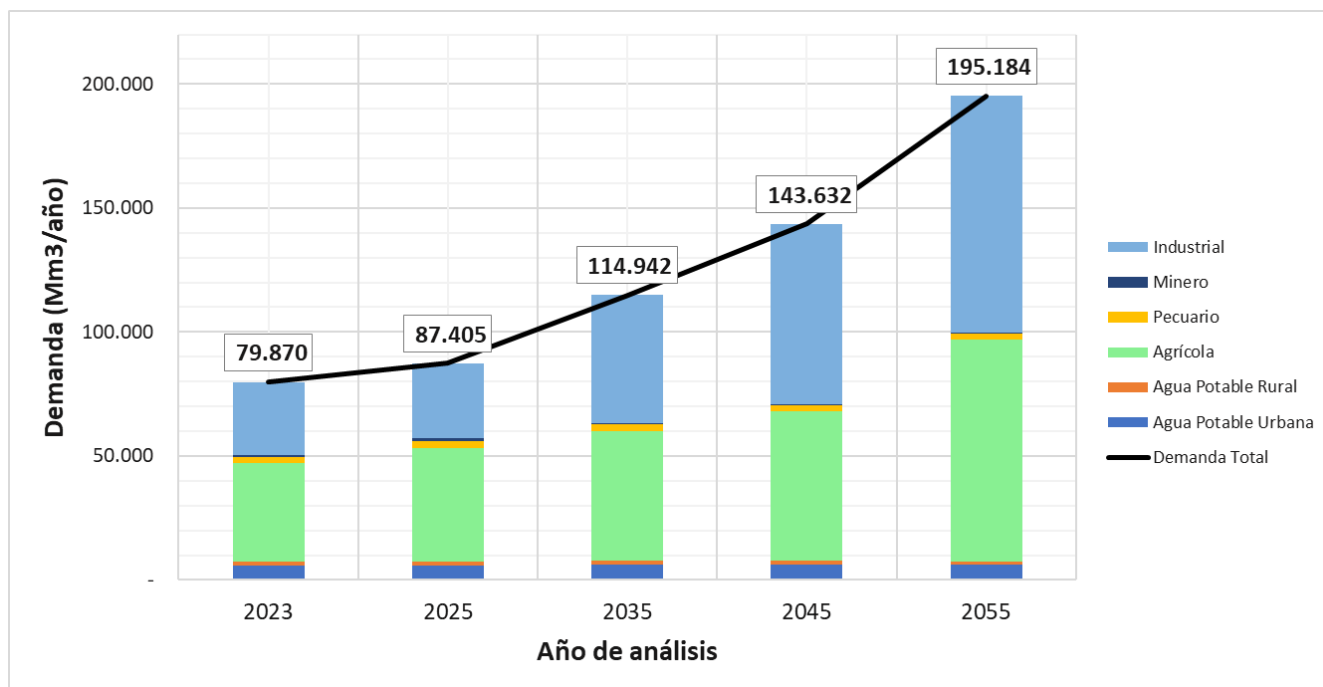
Figura 2.2-4 Distribución de demanda consuntiva total regional (%), por uso – año 2023

En la Tabla 2.2-14 y Figura 2.2-5 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápite anteriores, se espera un aumento de aproximadamente un 144% de las demandas consuntivas totales en el periodo 2023-2055; este incremento se encuentra asociado al sector agrícola que corresponde aproximadamente un 57% del aumento de la demanda consuntiva total, seguido por el sector industrial que corresponde aproximadamente al 43% del aumento de la demanda consuntiva total.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm³/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	416	483	485	502	803
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	13.255	13.739	22.687	31.608	41.629
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	139	151	148	134	182
113	Río Aysén	36.094	38.441	53.057	67.996	91.875
114	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	942	974	994	1.056	1.352
115	Río Baker	28.858	33.442	37.383	42.136	59.099
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	24	26	30	34	46
117	Río Pascua	129	134	146	154	180
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago	13	15	12	12	18
Total		79.870	87.405	114.942	143.632	195.184

Fuente: Elaboración propia.

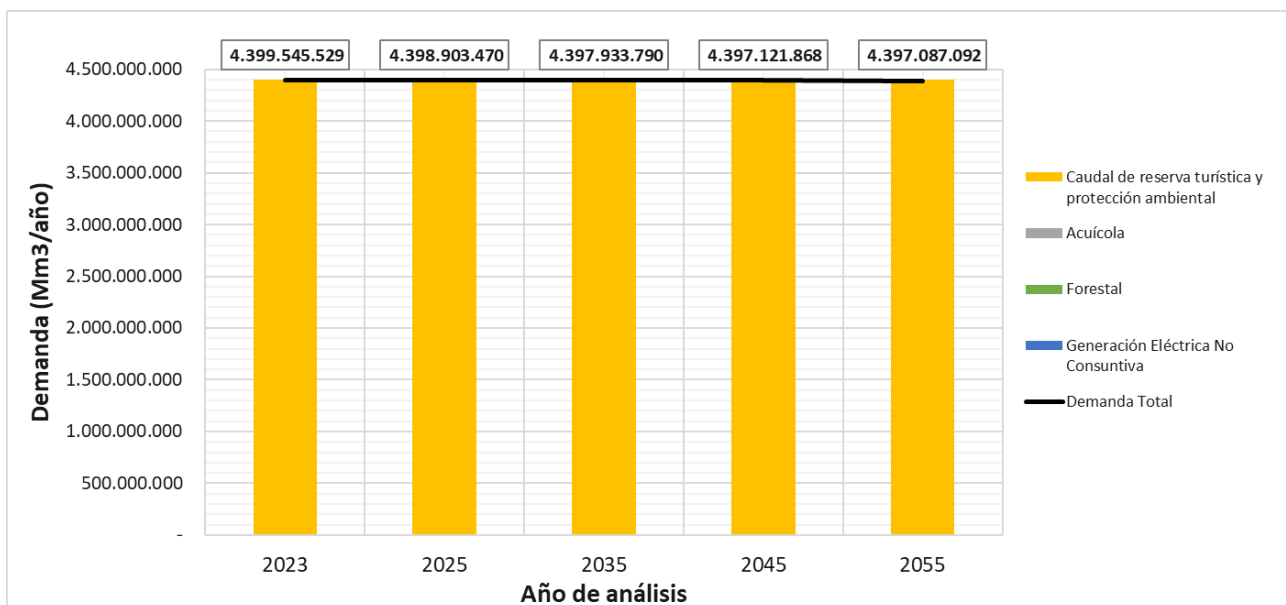


Fuente: Elaboración propia.

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

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

Finalmente, en la Figura 2.2-6 se presenta la proyección de las demandas consuntivas no extractivas y no consuntivas para la región. El caudal de reserva para uso turístico y protección ambiental destaca por su mayor demanda frente a los otros sectores. El sector forestal, acuícola y generación eléctrica poseen demandas muy bajas en comparación con el caudal de reserva por lo que no se alcanzan a ver reflejadas en la figura antes mencionada.



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

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

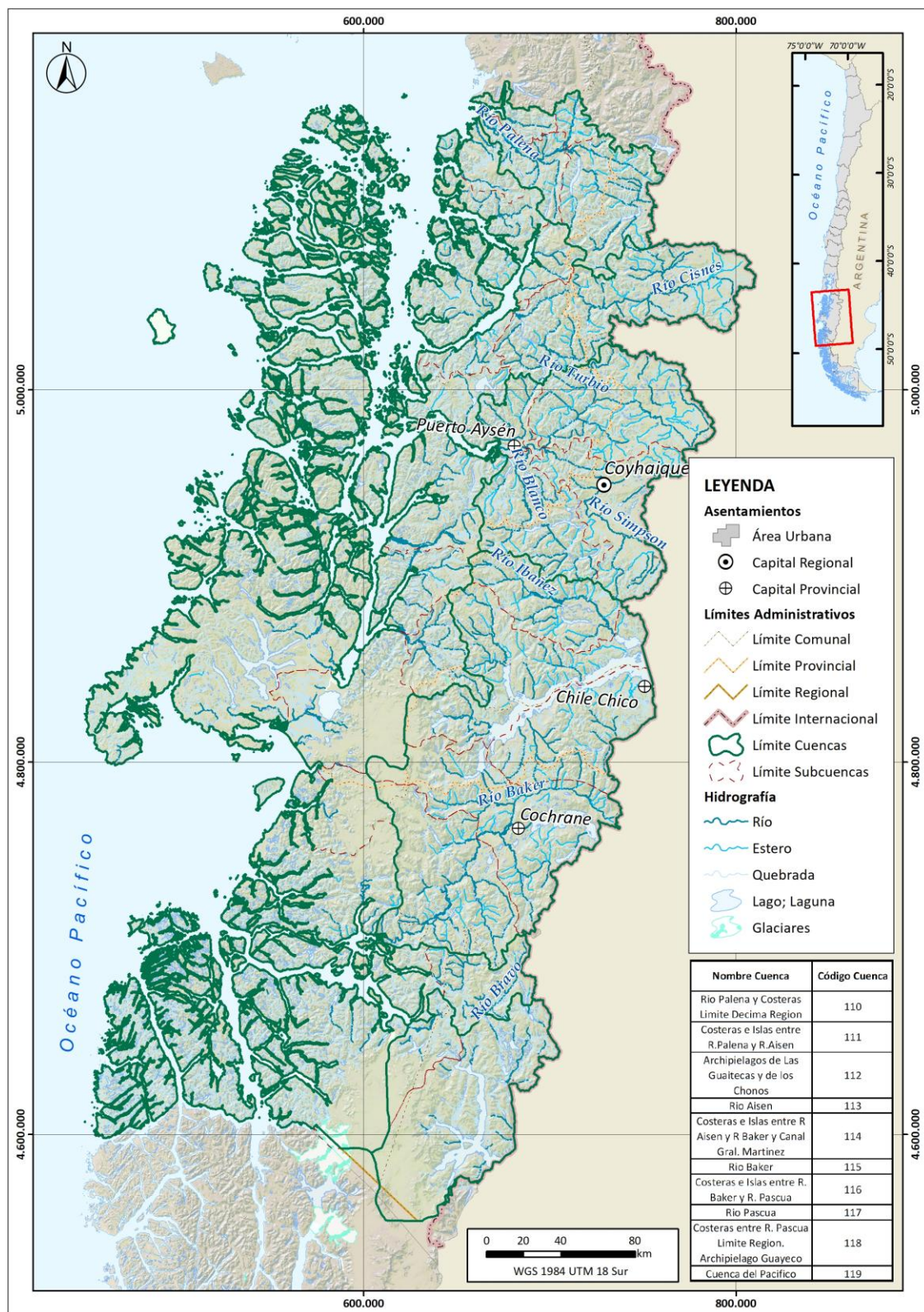
Fuente: Elaboración propia.

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

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

2.3.1 Oferta hídrica actual

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



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

Figura 2.3-1 Cuencas y subcuencas de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo según clasificación BNA

2.3.1.1 Agua superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

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

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Aysén existen 6.156 DAA superficiales registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 440.525,8 litros por segundo constituidos⁴. 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 15.03.

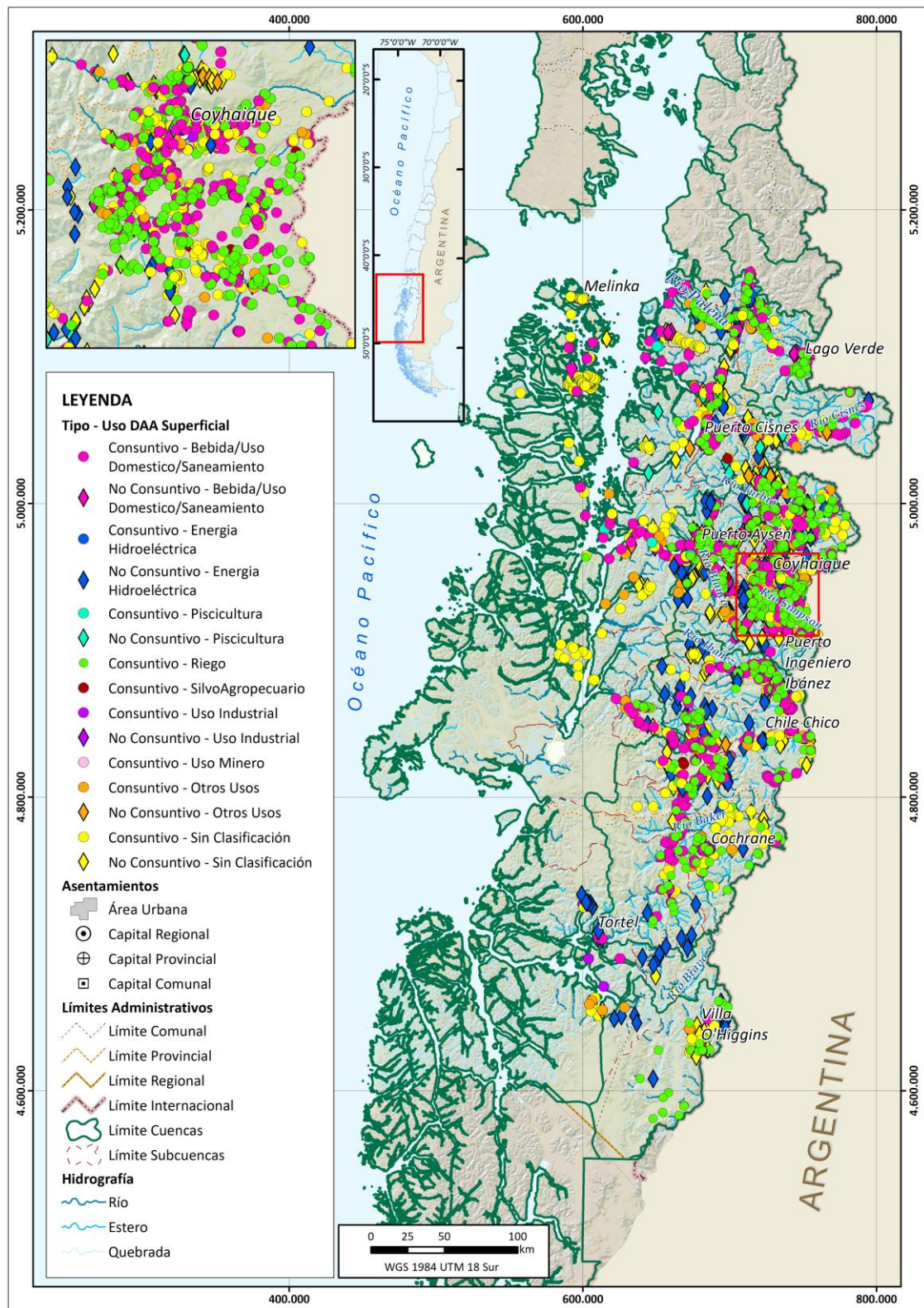
ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

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

En la región, no hay restricciones de uso de aguas superficiales. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 15.03.

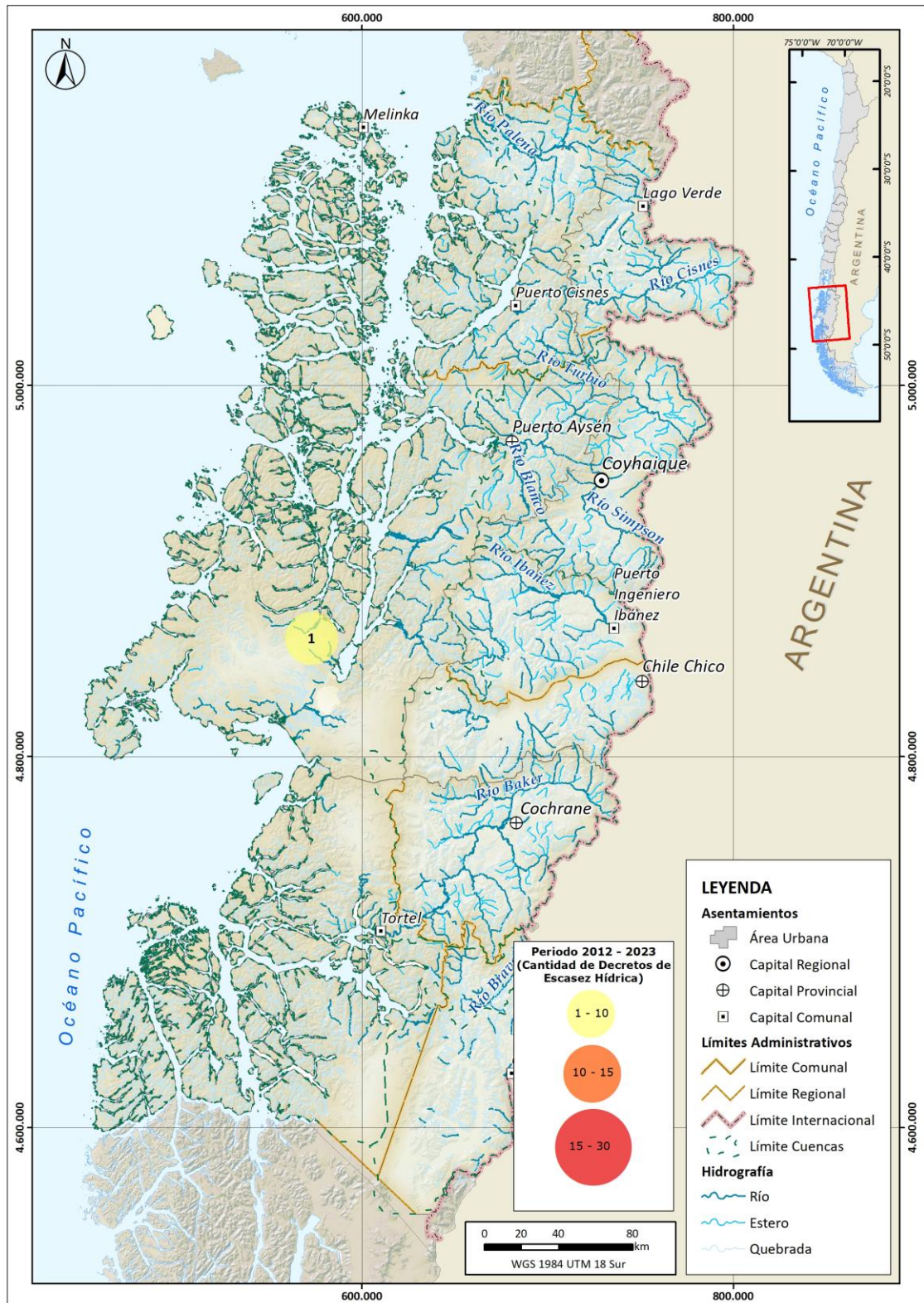
En dicho análisis se observa que, en términos generales, la escasez hídrica comenzó a ser notoria en la mayor parte del territorio desde 2014. Desde el año 2019, toda la región se ha declarado con escasez hídrica hasta la actualidad.

⁴ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarían dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua.



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

Figura 2.3-2 Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología



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

Figura 2.3-3 Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

2.3.1.2 Oferta en la fuente

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

Las curvas de oferta hídrica actual (periodo 1985-2015), obtenidas del Balance Hídrico Nacional, fueron calculadas a partir del análisis de frecuencia realizado a las series anuales de caudal. Asimismo, a partir de la selección del GCM representativo de la región se obtuvieron las curvas de excedencia para el periodo futuro, definido como la ventana 2025-2055. Tanto el análisis para la selección de GCM, como las curvas de oferta hídrica actual y proyectada para cada una de las cuencas que componen la región se presentan en el Anexo 15.03.01.

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

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

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

Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
Río Palena y Costeras Limite Décima Región	13.772.979	12.371.234
Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén	27.616.047	23.914.550
Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos	21.276.918	19.193.196
Río Aisén	9.580.813	8.331.929
Costeras e Islas entre R Aisén y R Baker y Canal Gral. Martínez	58.335.683	53.408.391
Río Baker	12.317.190	11.747.159
Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	6.062.799	5.601.996
Río Pascua	4.763.848	5.335.325
Costeras entre R. Pascua Limite Región Archipiélago Guayeco	29.608.979	28.601.133

Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas de la región proyectan una disminución porcentual entre 3,4% y 13,4%, salvo la cuenca de río Pascua que proyecta un aumento de 12% según el GCM seleccionado.

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

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

Código BNA	Cuenca	Q total (m³/s)	Q glaciar (m³/s)
110	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	387,85	25,23
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén	1.128,05	51,48
112	Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos	1.092,33	0,00
113	Río Aisén	345,93	14,28
114	Costeras e Islas entre R Aisén y R Baker y Canal Gral. Martínez	3.156,96	772,60
115	Río Baker	463,19	143,72
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	231,39	28,78
117	Río Pascua	175,83	89,19
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región Archipiélago Guayeco	1.523,16	345,68

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM CCSM4 proyecta una disminución de aproximadamente 584,02 m³/s del caudal glaciar, en promedio para las cuencas de la región, obtenido del mismo informe final. Esta variación tiene un impacto en la estacionalidad de la disponibilidad hídrica, el impacto de su disminución debe ser analizada con mayor detalle en estudios específicos para cada zona. Dado que esta situación se considera una brecha de información, se propondrá incluir dichos estudios como iniciativas habilitantes para la implementación de servicios de infraestructura.

2.3.1.3 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneos concedidos

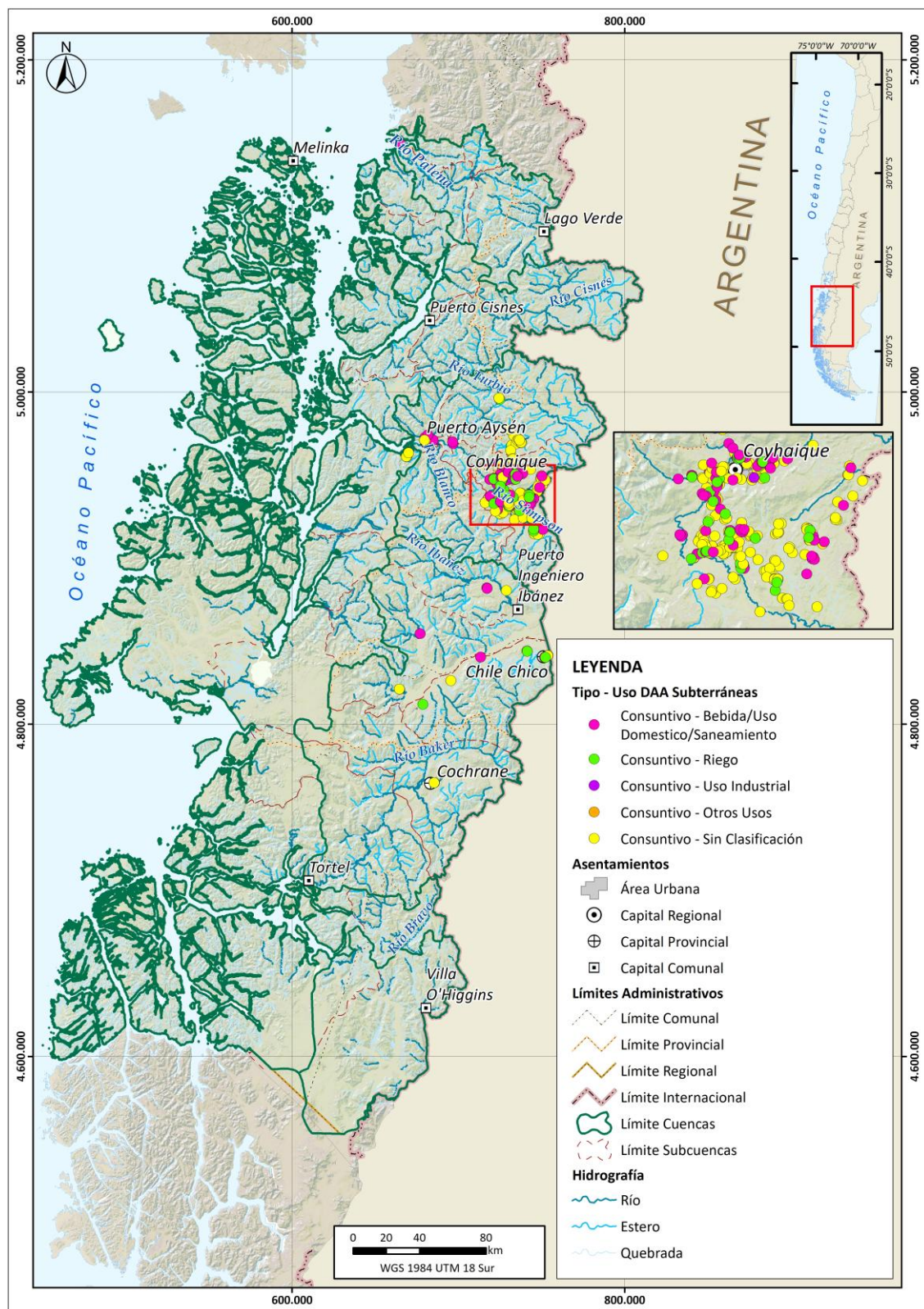
A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneos otorgados en la región de Aysén. Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_XV_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Aysén existen 350 DAA subterráneas registrados en CPA, equivalente a un caudal aproximado de 26.450 litros por segundo constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-4. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 15.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

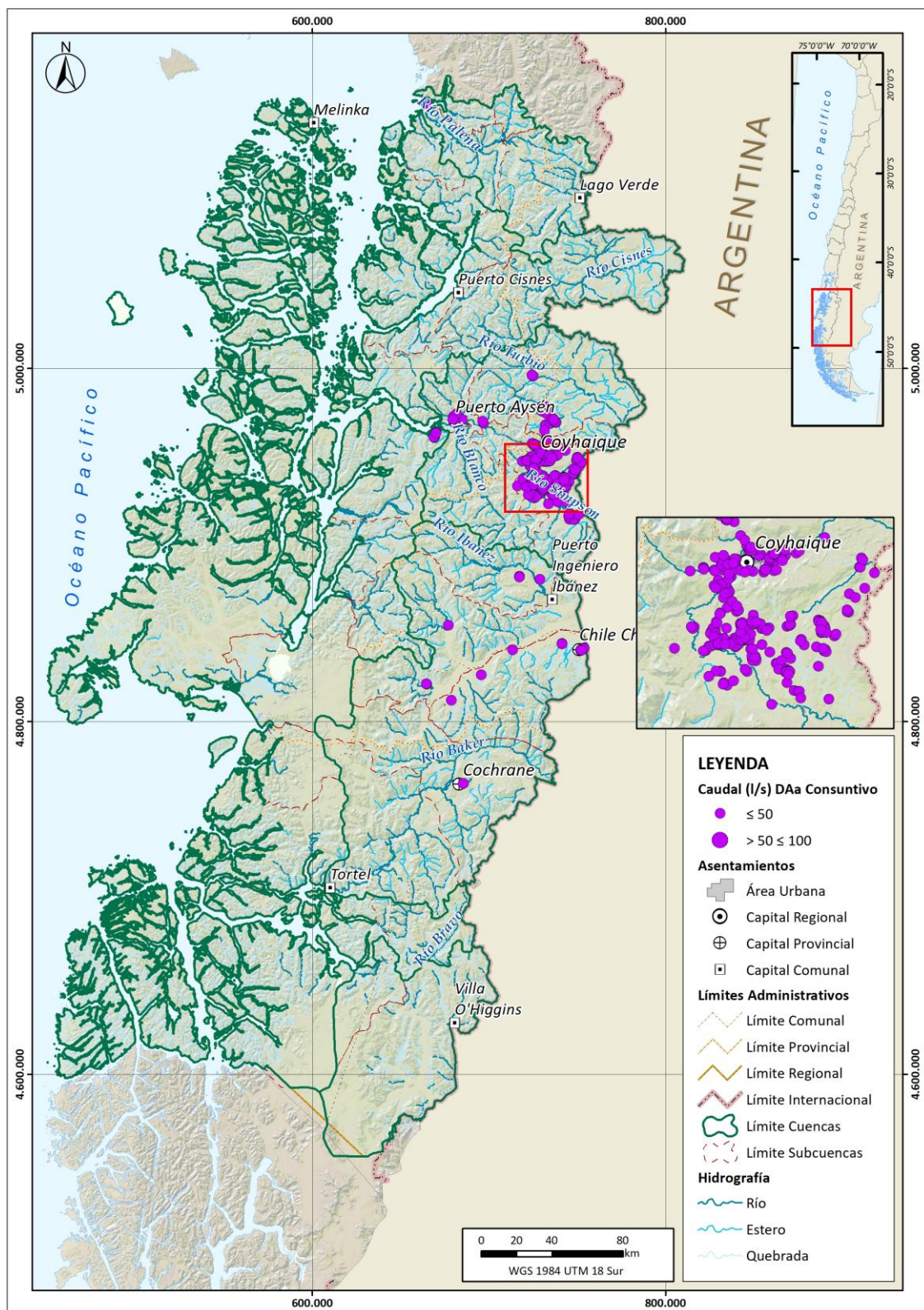
Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua subterráneas, en un periodo de análisis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

En la Figura 2.3-5 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 15.03.



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

Figura 2.3-4 Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología



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

Figura 2.3-5 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, por tipología

iii. Oferta en la fuente

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

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga (l/s)
110	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	5.392*
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén	895.405*
112	Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos	588.811*
113	Río Aisén	
114	Costeras e Islas entre R Aisén y R Baker y Canal Gral. Martínez	
115	Río Baker	
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	
117	Río Pascua	
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región Archipiélago Guayeco	

(*) Fuente de la tasa de recarga: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LA MACROZONA SUR Y PARTE NORTE DE LA MACROZONA AUSTRAL
Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de lo presentado anteriormente, para el caso de la oferta hídrica proyectada, el uso de las fuentes mencionadas ya no resulta válido debido a los supuestos particulares que se usaron en cada uno de esos estudios para estimar la recarga subterránea en el periodo futuro. En este sentido, se consideró que la recarga subterránea varía de manera proporcional a la variación de la precipitación. Por lo tanto, para estimar la recarga acuífera futura, se aplicó la variación de precipitación del GCM considerado (CCSM4) como referencia del clima futuro de la región a las recargas presentadas en la Tabla 2.3-3. De este modo, en la Tabla 2.3-4 se presentan las recargas proyectadas para cada una de las cuencas. El supuesto utilizado es parte de las brechas de información en el acápite 4.2.1.ii.

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

Código Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
110	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	5.392	-5,0	5.123
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén	895.405	-4,5	855.112
112	Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos	588.811	-3,1	570.558
113	Río Aisén	-	-3,3	-
114	Costeras e Islas entre R Aisén y R Baker y Canal Gral. Martínez	-	-2,7	-
115	Río Baker	-	-2,3	-
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	-	-1,7	-
117	Río Pascua	-	-1,0	-
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región Archipiélago Guayeco	-	-0,9	-

Fuente: Elaboración propia

Es posible observar que, ante la baja de precipitación proyectada por el GCM seleccionado como escenario desfavorable, se prevé un descenso de la recarga equivalente. Además, considerar que la recarga es una variable que se evalúa de manera constante para un periodo, por lo que se utiliza el valor promedio de los periodos histórico y futuro. Finalmente, es importante mencionar que no existen fuentes disponibles para todas las cuencas, de modo de estimar la recarga, lo que se menciona también en el acápite i. En el Anexo 15.03 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 27% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, en todas las cuencas se proyecta un pequeño aumento en los años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 15.03.02).

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 (%)
110	Rio Palena y Costeras Limite Decima Region	93,5	94,5	1,1
111	Costeras e Islas entre R.Palena y R.Aisen	80,0	99,2	23,9
112	Archipelagos de Las Guaitecas y de los Chonos	65,3	79,4	21,6
113	Rio Aisen	68,9	87,4	26,8
114	Costeras e Islas entre R Aisen y R Baker y Canal Gral. Martinez	72,0	72,9	1,2
115	Rio Baker	55,2	54,9	-0,5
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	64,0	68,0	6,2
117	Rio Pascua	68,7	69,7	1,5
118	Costeras entre R. Pascua Limite Region. Archipelago Guayeco	77,5	87,1	12,3

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en consideración que los eventos extremos no se deben únicamente al efecto de la intensidad de precipitación, sino que son producto de la sinergia de distintos fenómenos climáticos y geográficos. En este sentido, aspectos como la duración y distribución temporal de la tormenta, fisiografía, humedad del suelo y superficie pluvial pueden llegar a afectar la intensidad de un evento extremo. Al respecto, uno de los aspectos que pueden llegar a tener un mayor impacto es el área pluvial, correspondiente a la superficie que principalmente genera la escorrentía efectiva que deriva en la crecida. Esta superficie pluvial está determinada por el cruce entre la cuenca aporte total a un punto y la posición de la línea de nieve o isoterma 0°C. Por lo tanto, a partir de los eventos observados en el último tiempo, resulta importante tener en consideración que variaciones de la isoterma 0°C pueden provocar un efecto sinérgico que aumente la intensidad de la crecida antes eventos de precipitación, por lo que resulta necesario tomar este aspecto en cuenta. Este tipo de análisis debiera realizarse a escala de cuenca para lograr una correcta estimación, como lo fue el estudio realizado por Mardones y Garreaud (2019) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C.

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

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

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	28	11
Aluvión	2	1

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, dadas las condiciones climáticas de la región, se observan ocho (8) remociones en masa, nueve (9) deslizamientos y dos (2) nevadas.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan nueve (9) inundaciones afectando a las cuencas Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén (código BNA 111), Archipiélagos de las Guaitecas y de los Chonos (código BNA 112), Río Aysén (código BNA 113), Costeras e Islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal General Martínez (código BNA 114), Río Baker (código BNA 115), Costeras e Islas entre Río Baker y Río Pascua (código BNA 117) y Costeras entre Río Pascua y Límite Región Archipiélagos (código BNA 118). Además, se observa un (1) aluvión afectando la cuenca del Río Aysén (código BNA 113). 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 Aysén, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región		
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	X	
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	X	
113	Río Aysén	X	X
114	Costeras e Islas entre R Aysén, R Baker y Canal Gral. Martínez	X	
115	Río Baker	X	
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	X	
117	Río Pascua	X	
118	Costeras entre R. Pascua y Límite Región. Archipiélago	X	

Nota: Cuencas afectadas en rojo.

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

2.3.3 Calidad de aguas

En la región de Aysén, las facies hidroquímicas dominantes de las aguas subterráneas son de tipo bicarbonatadas cálcicas, seguidas por aguas sulfatadas. Es importante destacar que tres muestras provenientes de Puerto Chacabuco, Mañihuales y Raúl Marín Balmaceda

muestran una tendencia hacia facies cloruradas, mientras que una muestra de Coyhaique presenta características de agua bicarbonatada sódica.

La región se caracteriza por aguas dulces y moderadamente mineralizadas. De acuerdo con las clases definidas por Santibáñez (2003), las aguas de Raúl Marín Balmaceda presentaron la mayor carga salina. Cabe señalar que la mayoría de las aguas analizadas en la región cumplen con los límites establecidos en la Norma Chilena de agua potable (NCh.409). No obstante, se han registrado excepciones en el parámetro de hierro (Fe) en áreas como Puerto Cisnes, Villa Mañihuales, Puerto Aysén – Puerto Chacabuco, Coyhaique, Villa Cerro Castillo, Puerto Ingeniero Ibáñez y Chile Chico. Además, en Puerto Aysén – Puerto Chacabuco y Coyhaique, algunas muestras superaron el límite permitido para manganeso.

En general, las aguas subterráneas de la región cumplen en gran medida con los parámetros establecidos por la Norma Chilena NCh 409. Lo anterior sugiere que además son aptas para riego, conforme a los requisitos de la Norma NCh 1.333 (DGA, 2017).

- En la cuenca del río Aysén (Código BNA: 113), se ha llevado a cabo la clasificación de los cuerpos de agua superficiales de acuerdo con las categorías establecidas en el instructivo de la DGA (DGA, 2004), tomando como referencia los valores asociados a la clase 0. Históricamente, el pH de los ríos de la cuenca se ha mantenido en un rango de 7 a 7,5, mientras que el oxígeno disuelto (OD) ha mostrado valores consistentes en torno a los 11 mg/L. La conductividad eléctrica (CE) ha permanecido relativamente constante, aunque se ha observado una tendencia al alza en los ríos Ñirehuao y Emperador Guillermo.

En relación al cobre (Cu), el río Aysén exhibe una tendencia estable con concentraciones alrededor de 40 µg/L, mientras que los otros ríos presentan valores más bajos, que oscilan entre 10 y 15 µg/L. El cromo también muestra concentraciones similares al cobre, variando entre 10 y 15 µg/L. En cuanto al hierro (Fe), los ríos Ñirehuao y Coyhaique inicialmente presentan una tendencia creciente, que luego disminuye levemente hasta alcanzar 0,3 mg/L. Por su parte, los ríos Emperador Guillermo y Aysén muestran un comportamiento más homogéneo, con una tendencia decreciente que llega a 0,45 mg/L. El río Mañihuales, en una serie temporal de cinco años desde 1998 a 2002, ha mantenido un comportamiento constante con una tendencia decreciente, alcanzando 0,25 mg/L. Finalmente, las concentraciones de manganeso (Mn) en los ríos de la cuenca se encuentran en un rango de 0,019 a 0,04 mg/L.

En general, la calidad del agua en la cuenca del río Aysén se clasifica como "Buena", con la excepción de los ríos Emperador Guillermo y el tramo inferior del río Aysén. En este último, se exceden los límites de clase para varios parámetros, como aluminio, manganeso, cromo, boro y cobre. El aluminio (Al) está presente en toda la cuenca, principalmente asociado a la

presencia de arcillas que son arrastradas por las escorrentías. En el caso del río Emperador Guillermo, la calidad del agua se clasifica como "Regular", debido a la degradación de la capa vegetal arbórea causada por incendios.

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

No se identifican embalses ni obras de acumulación en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

En la Región de Aysén se identifican tres (3) centrales hidroeléctricas: Lago Atravesado (11 MW), Monreal (3 MW) y Aysén (6 MW), ubicadas en la cuenca Río Aysén.

3.1.1.3 Infraestructura de distribución

Se identificaron 8 bocatomas y 50 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Baker, donde se concentra aproximadamente el 99% de la red total. En otras cuencas de la región la presencia de canales es menor o nula. Mayor detalle con respecto a la infraestructura de distribución se encuentra en el Anexo 15.01.

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

i. Zonas urbanas

En la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo se identifica una (1) concesión de agua potable con la empresa Aguas Patagonia, la cual abarca ocho (8) territorios operacionales. Asimismo, cuenta con ocho plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), todas las cuales poseen puntos de descarga continental. La distribución territorial de los territorios operacionales se detalla en el anexo 15.04. Por otro lado, en el mismo anexo se presenta el detalle respecto del tipo de tratamiento de aguas servidas y cuerpos de agua receptores.

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

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

Cód. Cuenca	Cuenca	N° de Territorios Operacionales	Producción 2022 (m3/año)	Aumento al 2055 (%)
110	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	0	0	0%
111	Costeras e islas entre Río Palena y Río Aysén	1	269.563	3%
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	0	0	0%
113	Río Aysén	3	6.100.117	7%
114	Costeras e islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal Gral. Martínez	1	914.132	27%
115	Río Baker	3	1.026.968	11%
116	Costeras e Islas entre Río Baker y Río Pascua	0	0	0%
117	Río Pascua	0	0	0%
118	Costeras entre Río Pascua Límite Región. Archipiélago	0	0	0%

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 Aysén

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Aguas Patagonia	Balmaceda	Balmaceda
	Chile Chico	Chile Chico
	Cochrane	Cochrane
	Coyhaique	Coyhaique
	Puerto Aysén	Puerto Aysén
	Puerto Chacabuco	Puerto Chacabuco
	Puerto Cisnes	Puerto Cisnes
	Puerto Ibáñez	Puerto Ibáñez

Fuente: Elaboración propia en base a (Aguas Patagonia, 2022).

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

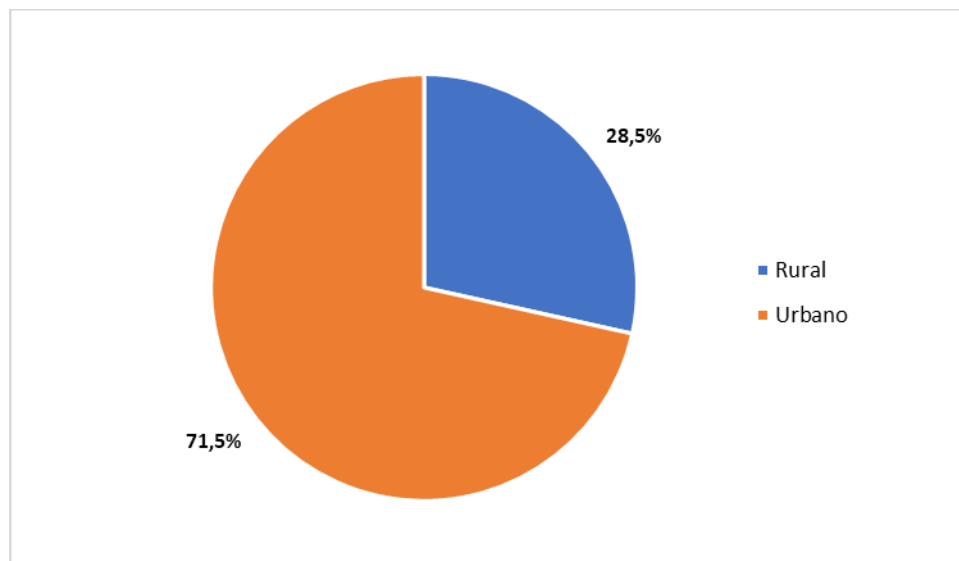
Bajo este contexto, y según los datos entregados en el Informe de Coberturas 2022 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023), las cifras de cobertura de agua potable y alcantarillado del sector sanitario en la región de Aysén, en las áreas concesionadas, alcanza un 87,6%.

En la última década se ha estipulado un decreto de escasez hídrica dentro de la región de Aysén (DGA, 2023), siendo preocupante en una región con las más grandes reservas de agua dulce. Sin embargo, producto del cambio climático y el retroceso acelerado de los glaciares se ha observado un aumento en los caudales para los cuales actualmente se buscan estrategias de cambio y adaptación para un mayor y mejor monitoreo y control de caudales, gestión de riesgos y garantizar la óptima calidad del recurso hídrico (Aguas Patagonia, 2022)

ii. Zonas Rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 28,5% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región de Aysén, corresponde a zonas rurales.

Esto resulta equivalente a 12.734 viviendas y aproximadamente 21.060 habitantes (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017)

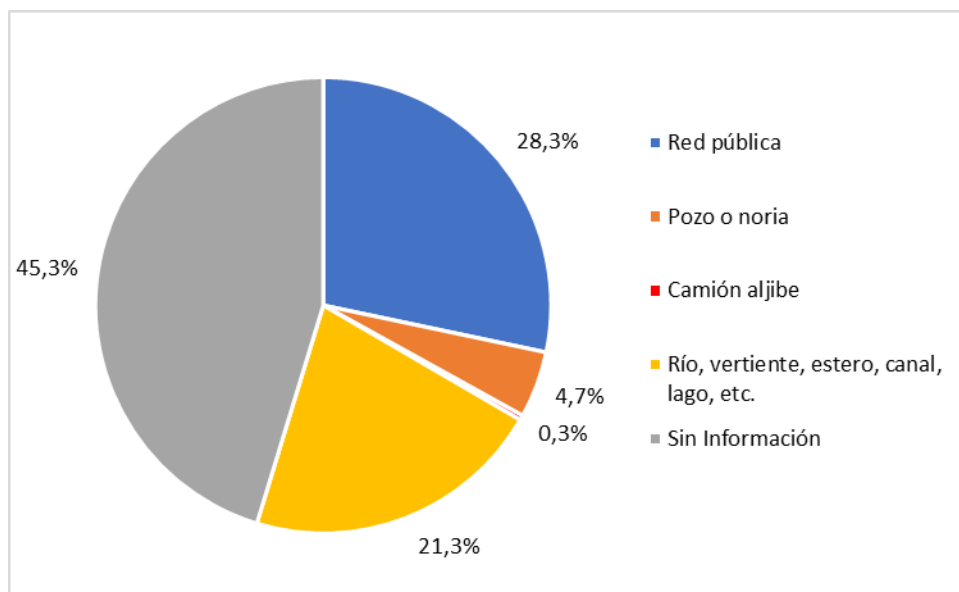
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de Aysén 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 45,3% 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 Aysén.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 54,7% de los hogares en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 28,3% (3.718) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁵, seguido de un porcentaje no menor de viviendas (21,3%) que su principal fuente de abastecimiento de agua son cursos de agua. (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).

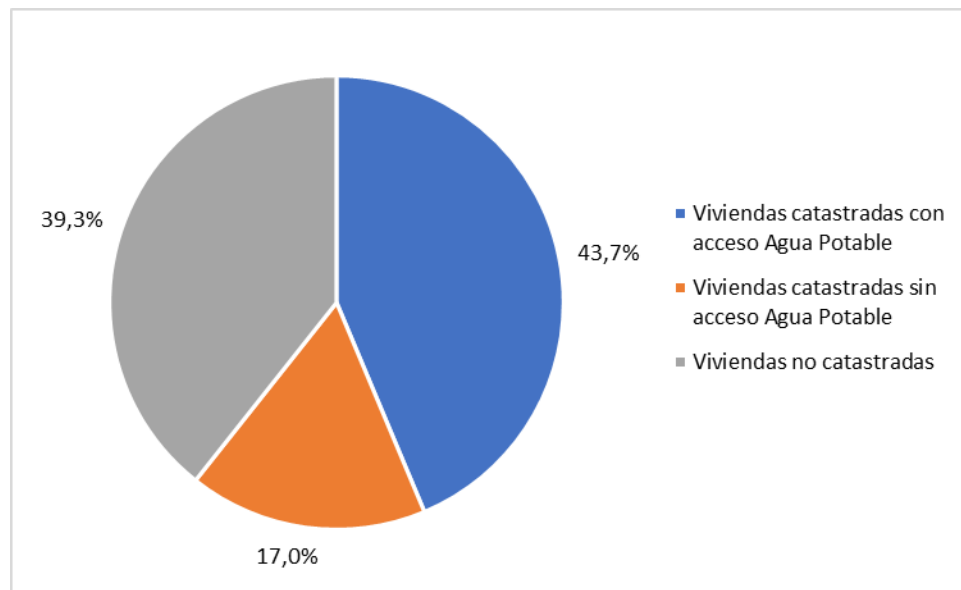
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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.

El indicador BS12 relacionado al porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable, considera diez (10) de las once (11) comunas de la región, concentrando el 60,7% (7.726 viviendas) del total de viviendas rurales de la región.

Bajo los datos otorgados por este indicador, un 43,7% (5.561) de las viviendas rurales de la región presenta conexión a la red de agua potable, mientras que un 17% (2.165 viviendas) no cuentan con acceso a la red pública de agua potable.

A modo de resumen, se identifica que un 60,7% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 17% de las viviendas informan que no presentan acceso a la red de agua potable. Por último, se concluye que el indicador BS12 presenta una brecha de información del 39,3% del total de viviendas rurales de la región de Aysén (ver Figura 3.1-3).



Fuente: Elaboración propia en base a Censo poblacional (INE, 2017) y SICVIR (2020).

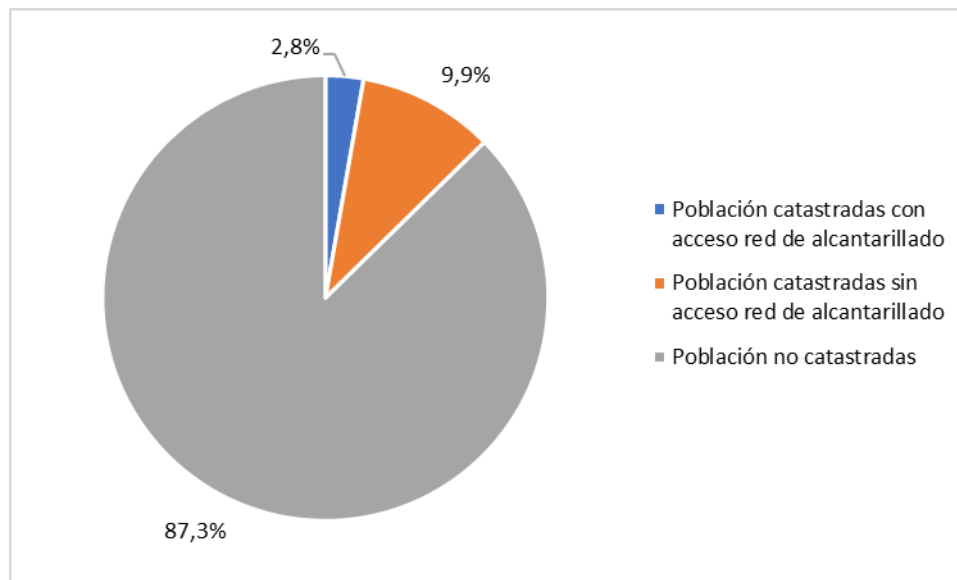
Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Aysén

Por otra parte, la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), en adelante DOH, presenta un listado con cuarenta y tres (43) Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para la región de Aysén, distribuidos en sistemas semiconcentrados (27,9%) y concentrados (72,1%). Estos sistemas abastecen a nueve (9) de las once (11) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población rural regional 21.060 habitantes), existe un número estimado de 24.354 beneficiarios, sobrepasando el total de la población rural informada por INE (2017) en 15,6%. 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, 2023) igualmente presenta un listado de SSR para la región, con un total de seis (6) sistemas distribuidos en cinco (5) comunas. Estos sistemas de agua potable rural abastecen aproximadamente al 43% de la población (9.055 beneficiarios) dejando una brecha de 57% (12.005 habitantes rurales).

b) Saneamiento

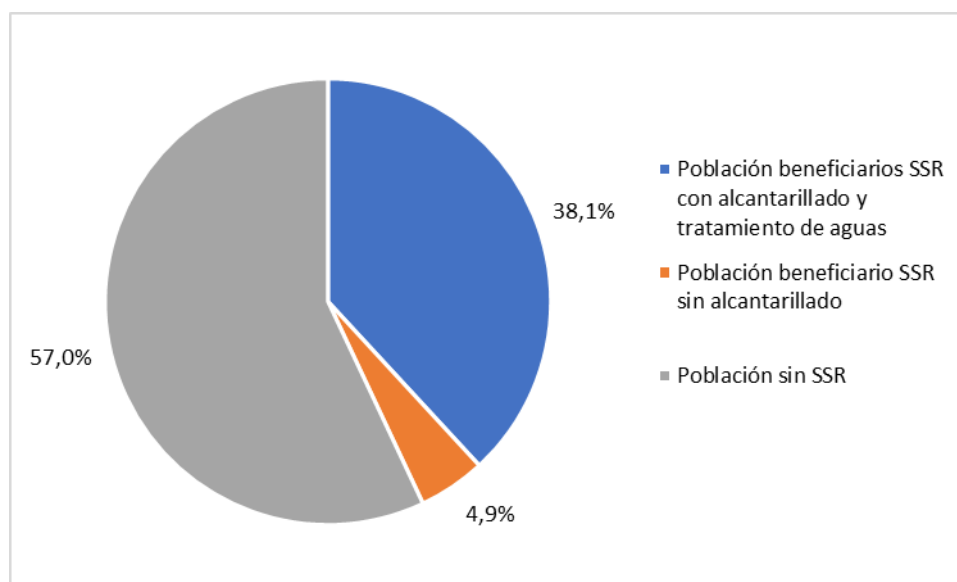
De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (SICVIR, 2020) el cual considera una (1) comuna de las once (11) existentes en la región de Aysén, concentrando el 12,7% del total de la población rural de la región, se observa que el 2,8% de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado (ver Figura 3.1-4).



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

Figura 3.1-4 Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2020

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la (SISS, 2023) se menciona que del total de beneficiarios SSR, un 38,1% (8.029 beneficiarios), presenta servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas, mientras que, un 4,9% (1.026 beneficiarios) no presenta acceso al alcantarillado. (ver Figura 3.1-5)



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

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

Los detalles del análisis se pueden observar en profundidad en el Anexo 15.02

3.1.1.5 Pozos

Se identificó un total de 346 pozos de extracción en la región de Aysén, de los cuales un 66,7% se registra como de uso sin clasificación, seguido de un 22,2% de uso de bebida y uso doméstico, de acuerdo a DGA (2023).

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

En el área de Puerto Aysén-Puerto Chacabuco, entre las cuencas Río Aysén y Costeras e Islas entre Río Aysén y Río Baker y Canal Gral. Martínez, existen diez (10) pozos profundos. Los dos pozos con caudales de 0,5 y 9 L/s respectivamente se encuentran en depósitos morrénicos del Pleistoceno que, localmente, pueden formar acuíferos confinados a semiconfinados de reducida potencia. El pozo con un caudal de 48 L/s se ubica en depósitos glaciofluviales del Pleistoceno que forma acuíferos libres a semiconfinados con un muy bueno potencial hidrogeológico. Estos pozos no cuentan con registros estratigráficos (Feuker & Paéz).

Estudios hidrogeológicos realizados en el área urbana de Puerto Ingeniero Ibáñez, en la cuenca Río Baker, identificaron un sector con un amplio rango de profundidad con alta probabilidad de construir un acuífero con un límite basal rocoso previsto a encontrarse entre 100 a 188 m bajo el nivel de terreno, el cual puede permitir captaciones de agua de tipo someras o profundas.

En general, el comportamiento hidrogeológico de la región ha sido poco estudiado.

ii. Recarga artificial de acuíferos

En el caso de la región de Aysén, no se considera la recarga artificial de acuíferos.

iii. Desalinización

En la región de Aysén, se destaca la presencia de una planta de ósmosis inversa ubicada en Islas Huichas, dentro de la cuenca "Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén". Esta planta tiene una capacidad de producción de 2,7 litros por segundo, lo que permite generar hasta 230 m³ de agua potable tratada al día. Su principal función es abastecer de agua potable a la población local (WES - Water & Energy Solutions, s.f.).

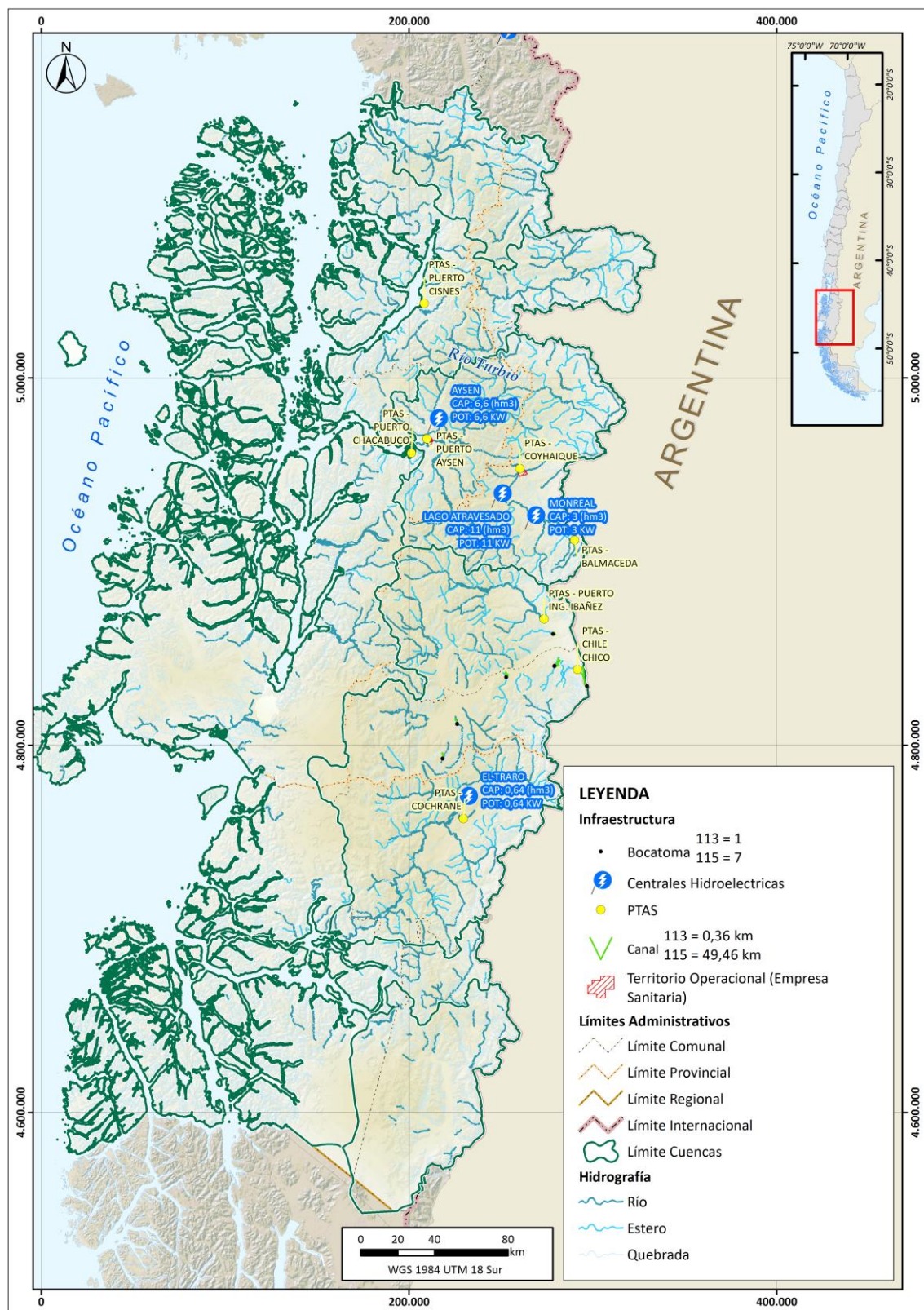
iv. Cosecha de aguas lluvia

INIA Tamel Aike, en el marco de ejecución del programa “Innovación en Prácticas Sustentables para la Adaptación al Cambio Climático” ha evaluado dos sistemas de cosecha y acumulación de aguas lluvia, uno de techo y el segundo de geomembrana dispuesta sobre suelo en pendiente. Ambos sistemas fueron implementados y evaluados en la zona Intermedia de Aysén, en la cuenca Río Aysén (INIA, 2022).

La empresa constructora LD cuenta con un sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias en su oficina central en Coyhaique y en la planta de industrialización de Puerto Aysén, ambas inmediaciones ubicadas en la cuenca Río Aysén. La captación de agua se realiza a través de cubiertas y tuberías, y tiene como destino su uso en servicios básicos de la planta y en la prefabricación de hormigones y piscinas de curado. Igualmente, la empresa replicó este sistema en el Proyecto 108 Viviendas de Puerto Aysén, en la cuenca Río Aysén

v. Uso de aguas servidas tratadas

Actualmente, en la región de Aysén, no hay uso de aguas servidas tratadas.



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

Figura 3.1-6 Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

3.1.1.7 Infraestructura de defensa fluvial y aluvional

Dado el contexto geográfico (hidrológico, volcánico, climático y topográfico), en que se encuentra situada la Región de Aysén, presenta una diversidad de riesgos naturales que involucran directa o indirectamente a la población. Entre los más gravitantes se encuentran inundaciones y crecidas fluviales (Puerto Aysén, Puerto Ibáñez, Murta, Chile Chico y el Sector de El Pedregal en Chile Chico) y riesgos morfodinámicos tales como los deslizamientos y los derrumbes, y en menor medida los flujos de barro y escombros. Un 27,38% de la región se encuentra en un alto riesgo de actividad morfodinámica (MOP, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Aysén, 2012).

Las iniciativas de inversión en cauces fluviales han tenido por finalidad prevenir las inundaciones o detener los procesos erosivos producto de las crecidas por el incremento de los caudales de ríos debido a precipitaciones abundantes o a deshielos. Las alternativas de acciones en cauces han sido medidas no estructurales, obras de defensa y protección de riberas, obras de control y regulación y plan maestro de manejo de cauces naturales (MOP, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Aysén, 2012).

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

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

Tabla 3.1-3 Planes maestros de aguas lluvias tramitados para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

Nombre	Localidad	Cuenca BNA	Decreto
Plan Maestro de Aguas Lluvias Puerto Aysén y Puerto Chacabuco	Puerto Aysén y Puerto Chacabuco	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén (111), Río Aysén (113) y Costeras e Islas entre R. Aysén y R. Baker y Canal Gral. Martínez (114)	D.S. N°133 del 05-11-2020

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

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

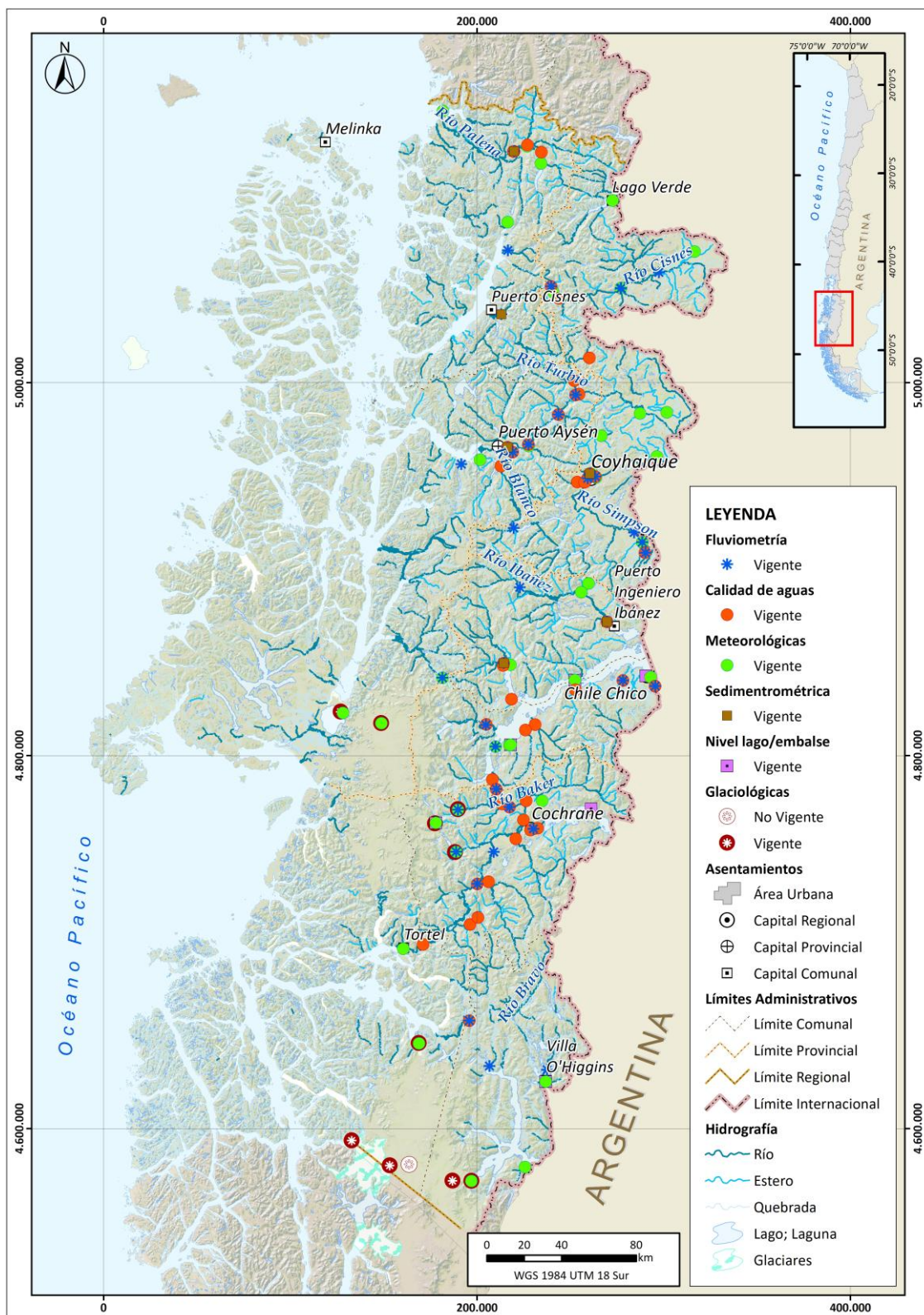
3.1.1.8 Red hidrométrica

En la Figura 3.1-7 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. Se observa que la infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas de Río Baker y Río Aysén.

Tabla 3.1-4 Estaciones de monitoreo de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	47	0
Fluviométrica	38	0
Meteorológica	43	0
Nivel de pozo	0	0
Sedimentométrica	6	0
Nivel de lago y embalses	6	0
Glaciológica	10	1
Rutas de nieve	0	0
Total	150	1

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



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

Figura 3.1-7 Red hidrométrica de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

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 Aysén entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 15.04.

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

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

Las iniciativas catastradas se clasificaron según tres tipologías definidas y cada una de las tipologías tiene una estrategia de acción. Las iniciativas catastradas según la clasificación planteada se presentan en la Tabla 3.1-5.

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

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	0
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	1
	Defensa fluvial y aluvional	0
	Desalinización	0
	Infraestructura de riego	17
	Infraestructura de distribución de agua	1
	Obras de acumulación de agua	4
	Reúso de aguas residuales	1
	Redes de aguas lluvias	1
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	0
	Drenaje de aguas	3
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	0
	Conservación de riberas	0
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	4
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	0
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	0
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	0
	Conservación y restauración de riberas y cauces	0

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	2
	Estudios obras de acumulación de agua	0
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	0
	Conservación obras de riego	0
	Estudio sistemas de riego	3
	Estudios contaminación de aguas	0
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	0
	Estudio obras de distribución de aguas	0
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	2
	Estudio de reúso de aguas	0
	Diagnóstico de OUA y DAA	0
	Estudios para abastecimiento de agua potable	0
Medidas de gestión	Creación de capital humano	5
	Análisis situación legal DAA	2
	Fortalecimiento y formalización de OUA	6
	Reservas de agua	0
	Manejo de quebradas	0
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	1
	Manejo de normas ambientales e hídricas	0
	Planes y políticas	4

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la revisión de los antecedentes, se definen las características básicas que debe incluir una iniciativa al ser propuesta como medida pública para aquellas no agrupadas. Las iniciativas según tipologías y las características básicas se presentan en la Tabla 3.1-6.

Tabla 3.1-6 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	23	0	0	0
Infraestructura hídrica no estructural	7	0	0	0
Medidas de gestión	12	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

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

En la Tabla 3.1-7 se presentan los planes de desarrollo de empresas sanitarias presentes en la región por implementar.

Tabla 3.1-7 Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Aguas Patagonia	2021	Balmaceda	Mejoramientos en la red de distribución de AP y aumento de capacidad PEAS
		Chile Chico	Mejoramientos en la red de distribución de AP y ampliación PTAS
		Cochrane	Mejoramientos en la red de distribución de AP, obras de almacenamiento y potabilización, obras de distribución o recolección y ampliación PTAS
		Coyhaique	Obras de distribución o recolección, mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevas obras de distribución de AP, refuerzo de colectores, inclusión de nuevos equipos AS y aumento de capacidad PTAS
		Puerto Aysén	Obras de distribución o recolección, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de colectores y ampliación PTAS
		Puerto Chacabuco	Obras de distribución o recolección, aumento de capacidad PEAS y obras de disposición de residuos
		Puerto Cisnes	Aumento de capacidad PEAP
		Puerto Ibáñez	Mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PTAS y aumento de capacidad PEAS

Fuente: Elaboración en base a SISS, (2023)

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

3.1.2.2 Iniciativas ejecutadas en el periodo 2015-2023

A partir de los antecedentes de la Inversión histórica del MOP entre los años 1986-2023 (MOP, 2023), en la Tabla 3.1-8 se presentan las iniciativas ejecutadas a partir de las estrategias de acción y montos asociados a cada proyecto. El listado completo de estas iniciativas se presenta en el Anexo 15.04.

Tabla 3.1-8 Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	APR concentrado	52	14.414.861	17.454.671
		APR semi concentrado	43	14.493.078	17.360.149
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	40	5.739.318	6.207.772
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	21	5.189.029	6.397.861
		Evacuación y drenaje de aguas lluvias	11	6.938.974	7.924.193
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	23	2.216.417	2.606.258
	Defensa fluvial y aluvional	Conservación aluvional	10	1.200.785	1.423.963
		Control aluvional	3	656.432	935.602
Infraestructura hídrica no estructural	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	32	10.829.688	13.436.210
		Manejo de cauces	11	2.435.877	3.114.134
	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Análisis	2	71.982	103.747

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

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

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 15.05 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). Este criterio se aplica solo a la situación actual.

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

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

Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-2 se observa que todas las cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles**. Además, se debe considerar que ninguna cuenca actualmente posee algún tipo de restricción, ya sea para el uso de aguas superficiales como para aguas subterráneas, con lo que finalmente se reclasificarían a **cuencas en estrés o críticas** (ver Tabla 4.1-1). En la Figura 4.1-1 se muestra el caso para la cuenca del río Baker (BNA 115), una de las más grandes de esta región.

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

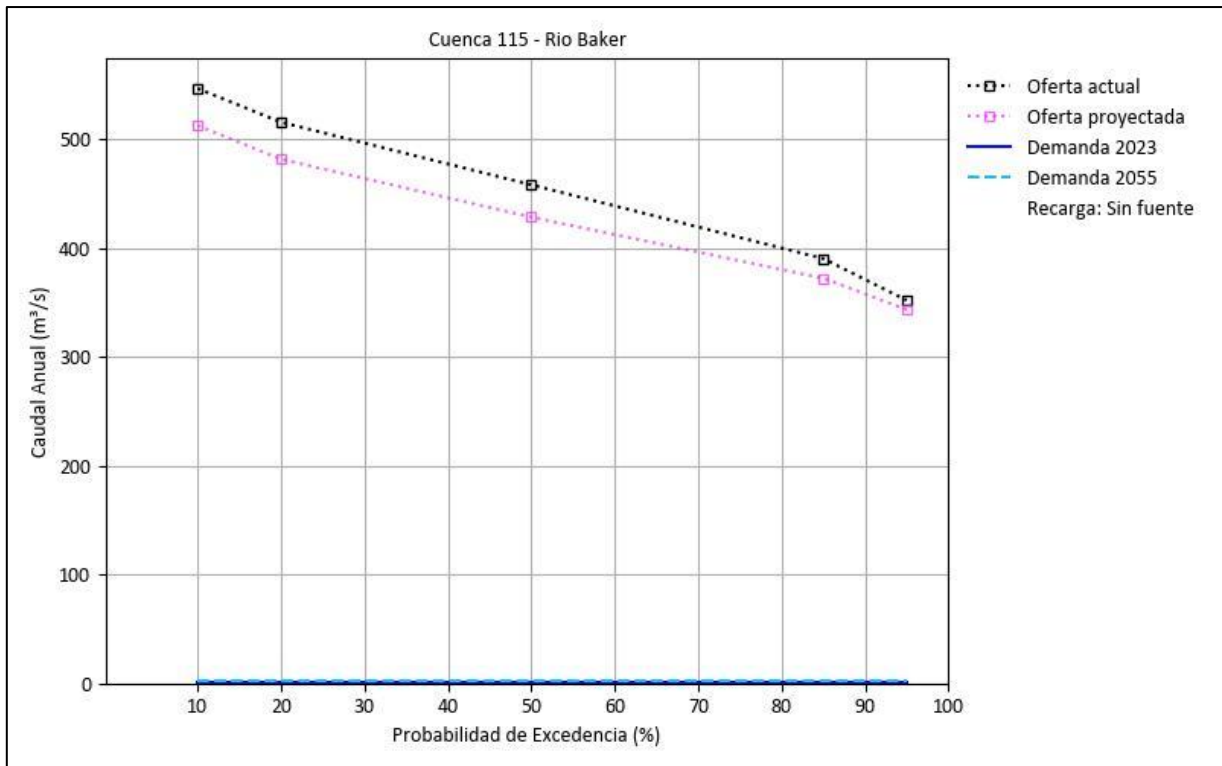
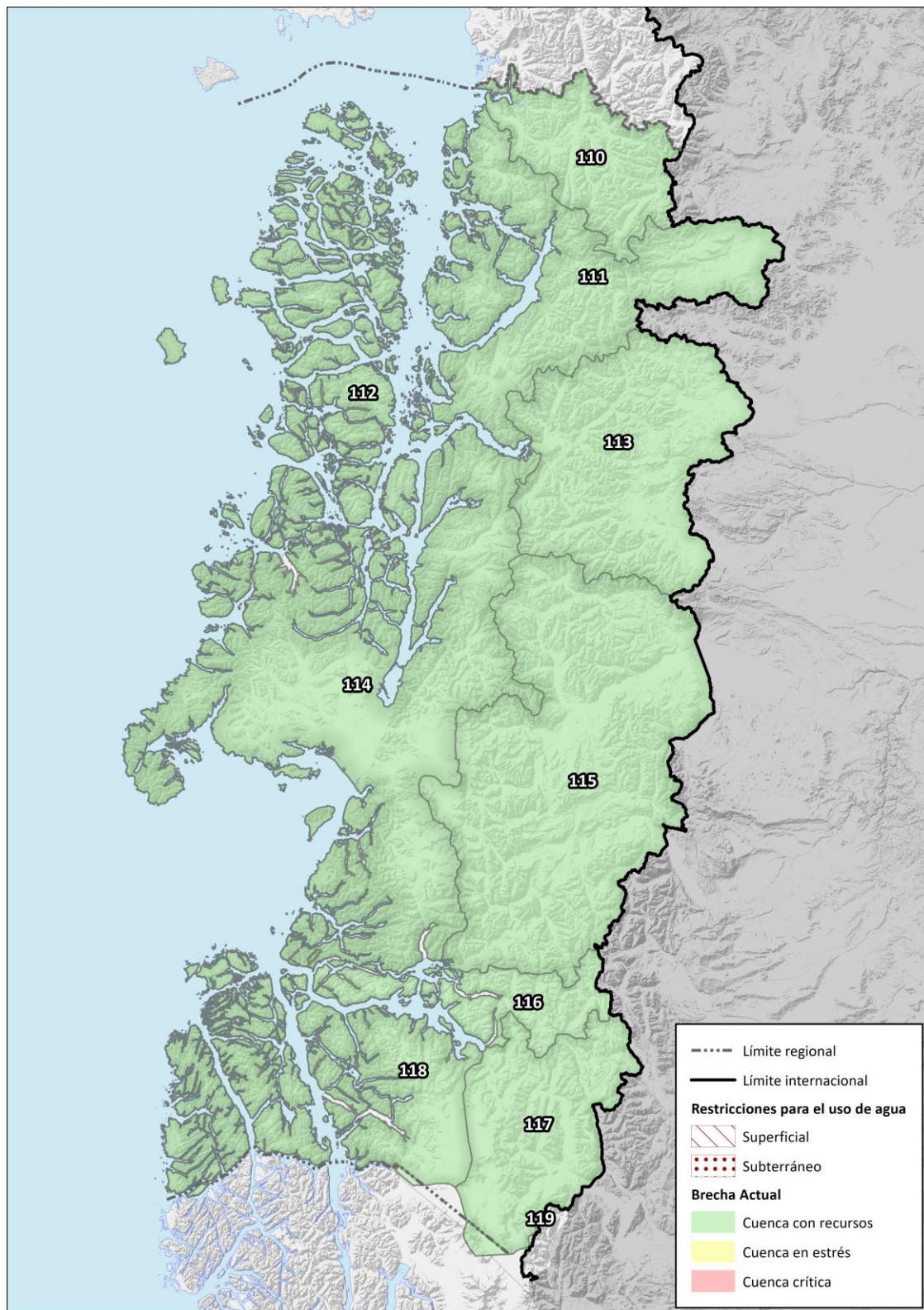


Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 115



Fuente: Elaboración propia

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

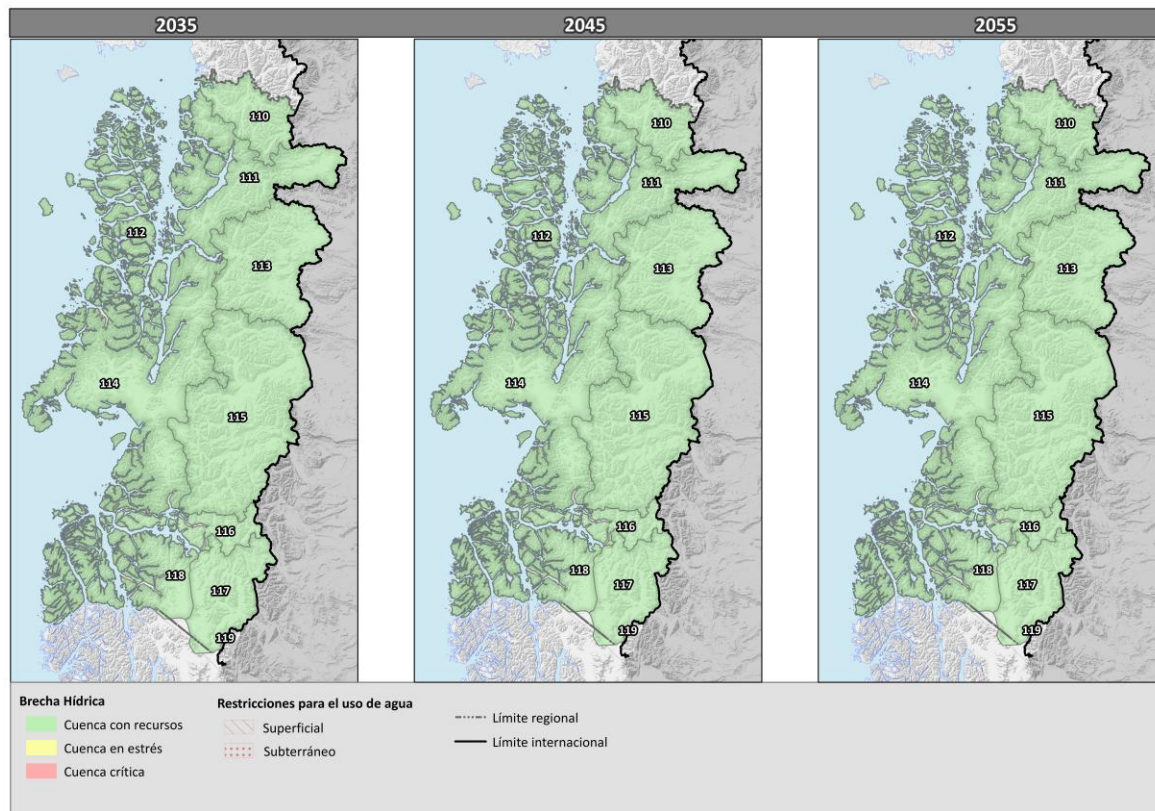
Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de Aysén

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
110	Rio Palena y Costeras Limite Décima Región	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
111	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
112	Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
113	Rio Aisén	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
114	Costeras e Islas entre R Aisén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
115	Rio Baker	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
116	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
117	Rio Pascua	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos
118	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago Guayeco	Con recursos	Con recursos	Con recursos	Con recursos

Fuente: Elaboración propia

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

Complementario a lo anterior es importante mencionar que una fuente de recursos hídricos utilizados en las cuencas corresponde a recursos subterráneos, los que permiten acortar la brecha hídrica de interpretar solo el cruce de oferta y demanda, algo que no resulta necesario en esta región. En este sentido, existe una brecha de información en varias de estas cuencas, donde no existe un estudio específico que defina la magnitud de las recargas en ellas. En vista de lo presentado anteriormente, es posible decir que hay cuencas que presentan brechas de información para el completo entendimiento de la situación hídrica, lo que resulta más importante en lo que es la gestión hídrica, pero dada la magnitud de oferta en comparación a la demanda, no resulta una limitante. Finalmente, en lo que respecta a esta región, pese a que no se dispone de una estimación de la recarga en todas las cuencas para un completo entendimiento de la brecha hídrica existente, es el estado de todas las cuencas es con recursos, por lo que no se evidencia una situación de preocupación en alguna cuenca.



Fuente: Elaboración propia

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

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: problemas 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.

En este contexto, la evaluación de la criticidad de las brechas hídricas estratégicas en las distintas cuencas hidrográficas de la región se realizó considerando esas mismas cuatro dimensiones clave de la seguridad hídrica: D1: Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia.

- D2: Producción sostenible y eficiencia hídrica.
- D3: Conservación y preservación de los ecosistemas.
- D4: Resiliencia frente a amenazas como sequías, crecidas y prevención de la contaminación.

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.

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 39% y 45% de las viviendas rurales regional.
- Según los catastros de SSR existe una mayor población beneficiaria de agua potable rural que el total de habitantes rurales a nivel regional.
- No se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre de un 57% y un 87% la población rural regional.

- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable y alcantarillado en las áreas rurales de la región, ya que los indicadores presentan sesgo de información al dejar a comunas fuera de análisis.
- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS presenta información de saneamiento, pero los catastros se encuentran restringidos a aquellos SSR que poseen tarificación.
- No existen catastros de SSR actualizados y generalizados para la región, que contengan la información necesaria para identificar concretamente el porcentaje de población rural con acceso a agua potable y alcantarillado
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos.
- Déficit de red hidrométrica operativa y consolidada
- Carencia de conocimientos y métodos de implementación de soluciones basadas en ecosistemas para adaptarse al cambio climático (Santis, 2016).
- Se identifica una serie de brechas de información entorno al funcionamiento y gestión de las obras de acumulación de aguas, lo que repercute en el mal funcionamiento y distribución del recurso hídrico.
- No se cuenta con información actualizada sobre el estado de los canales de riego, lo cual podría llevar a una subestimación de la demanda hídrica. También es necesario contar con una descripción general de sus características, para mejorar la precisión en la planificación y gestión del recurso.
- En las cuencas Río Palena y costeras Limite Región (Código BNA: 110), costeras e islas entre Río Palena y Río Aysén (Código BNA: 111), cuenca Archipiélago de las Guaitecas (Código BNA: 112), costeras e islas entre Río Aysén y Río Backer y canal General Martínez (Código BNA: 114), cuenca Río Backer (Código BNA: 115), cuencas costeras e islas entre Río Backer (Código BNA: 116) y Río Pascua (Código BNA: 117), cuenca del Río Pascua y cuenca costeras en Río Pascua y Limite regional (Código BNA: 118), no cuentan con información sobre calidad de aguas.

i. Para caracterización de oferta-demanda

- Desconocimiento de los titulares de DAA.
- Déficit de estaciones y metodologías de muestreo de calidad de aguas.
- Bajo nivel de integración de datos e información proveniente del sector público y privado.
- Carencia de protocolo de validación de información proveniente de distintas fuentes, ya sea público o privado
- Se identifica déficit de estudios hidrogeológicos actualizados y de modelación de las cuencas de la región lo que permite conocer la disponibilidad hídrica, mejorar su

distribución y uso considerando los niveles actuales de la cantidad del recurso en una situación de cambio climático y déficit hídrico.

- Falta de estudios con estimaciones de recarga
- GCM seleccionado como escenario desfavorable no permite realizar todos los análisis. Además, existen limitaciones en estos GCM, aclarados en el mismo estudio que los realizó.
- Se reconoce una carencia de datos sobre los consumos reales de agua por parte de los principales sectores productivos en la región. Esta falta de información no solo dificulta la estimación de la demanda actual de agua, sino también dificulta la capacidad de proyectar de manera adecuada las necesidades futuras.
- No se presentan catastros a nivel regional y comunal con la totalidad de eventos extremos ocurridos.
- En cuanto al sector termoeléctrico, no se dispone de información suficiente para realizar una estimación precisa de la demanda hídrica para generación eléctrica, lo que se reconoce como una brecha de información.
- No se cuenta con información suficiente sobre la producción eléctrica del sector termoeléctrico para realizar una estimación precisa de la demanda hídrica, lo que representa una brecha de información.

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 Aysén

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii entre un 17% y un 26% de las viviendas rurales no presentan acceso a la red de agua potable, mientras que no se cuenta con la información de alrededor de un 39% y un 45% de la totalidad de las viviendas rurales de la región.	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de sistemas de captación y tratamiento de agua adaptados a las condiciones geográficas extremas para garantizar el acceso a servicios de agua segura y asequible en comunidades rurales y asentamientos aislados de la región de Aysén.	Porcentaje de cobertura de la red de agua potable rural respecto del total de viviendas de la cuenca.	Cobertura menor a o igual a 70% Cobertura mayor a 70% y menor a 85% Cobertura mayor o igual a 85	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii entre un 5% y un 10% de la población rural declara no presentar acceso a la red de alcantarillado, mientras que no se cuenta con la información de entre un 57% y 81%.	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentradas y desconcentradas		Porcentaje de cobertura de la población saneada por alcantarillado rural respecto al total de la población de la comuna.	Cobertura menor a o igual a 30% Cobertura mayor a 30% y menor a 50% Cobertura mayor o igual a 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Las cuencas Río Palena y Costeras Limite Décima Región (código BNA 110), Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén (código BNA 111), Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos (código BNA 112), Costeras e Islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal General Martínez (código BNA 114), Río Baker (Código BNA115) y Río Pascua (código BNA 118) presentan una disminución de un 10% para la población rural al 2055 respecto de la población actual, mientras que la cuenca de Río Aysén (código BNA 113) presenta una disminución del 2%.	Aumento de la demanda de agua potable en áreas sin planificación y sin disponibilidad suficiente.		Tasa de migración en las comunas de la región (x1000)	Migración neta mayor o igual a 10 Migración neta menor a 10 y mayor a 0 Migración neta menor o igual a 0	Alta =4 Media =2 Baja =2	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Según las proyecciones de población urbana en el acápite 2.2.1 se estima un aumento de usuarios APU y del consumo de agua potable en un escenario de sequía crítico. se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 92,1% 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 0,2%.	Aumento de la demanda de agua potable urbana asociada a un incremento de la población		Tasa de crecimiento Demanda Urbana promedio por cuenca ((Dda35 - Dda25)/Dda25) (acápite 2.2.1)	Alta Criticidad = Tasa de crecimiento mayor a 8% Alta Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 8% y mayor a 4% Baja Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	1	N/A	1	4	1	N/A	N/A	N/A
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 30,1% a nivel regional; donde las localidades que se encuentran bajo un 20% de pérdidas son Puerto Ibáñez y Puerto Chacabuco. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)	Falta de sistemas de captación y tratamiento de agua adaptados a las condiciones geográficas extremas para garantizar el acceso a servicios de agua segura y asequible en comunidades rurales y asentamientos aislados de la región de Aysén.	Porcentaje de pérdidas por efecto de fugas	Perdidas mayor o igual a 40% Pérdidas menor a 40 y mayor a 20% Pérdidas menor o igual a 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	2	N/A	2	2	2	N/A	N/A	N/A
En el caso de la región de Aysén, se evidencia una (1) planta de osmosis inversa para desalinizar agua de mar en Islas Huinchas. Su capacidad de producción es de 2,7 l/s y permite obtener hasta 230 m3 de agua tratada potable por día (WES - Water & Energy Solutions, s.f.) INIA Tamel Aike, en el marco de ejecución del programa “Innovación en Prácticas Sustentables para la Adaptación al Cambio Climático” ha evaluado dos sistemas de cosecha y acumulación de aguas lluvia, uno de techo y el segundo de geomembrana dispuesta sobre suelo en pendiente. Ambos sistemas fueron implementados y evaluados en la zona Intermedia de Aysén (Cuesta Alvarado) (INIA, 2022). (ver acápite 3.1.1.6)	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Falta de un plan regional de gestión de aguas residuales que implemente tecnologías de reutilización y tratamiento para reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a riesgos socio naturales, y asegurar el acceso equitativo a agua segura y sostenible.	Uso de fuentes no convencionales de agua en consumo humano	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales para consumo humano Se planifica la implementación de proyectos públicos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	4	4	4	4	4	4	4

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

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 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 Aysén

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago
En la región de Aysén, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 61%. Esta eficiencia varía entre un 55% y un 67%, siendo la cuenca "Río Palena y Costeras Limite Décima Región" la que presenta el valor más bajo, y la cuenca "Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos" el valor más alto. Aunque las eficiencias de aplicación de riego son moderadas en general y no existe una notable disparidad entre ellas, 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 15.02)	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Falta de tecnificación y modernización de los sistemas de riego a través de un modelo de gobernanza público-privado descentralizado.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 40% 40% < Eficiencia de riego < 60% Eficiencia de riego ≥ 60%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
En la región de Aysén se identifican aproximadamente 50 km de canales, ubicados principalmente en la cuenca Río Baker, donde se concentra aproximadamente el 99% 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 15.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.	-	Longitud total de canales de riego	Concentra más del 80% de los canales de la región. Concentra entre el 10 y el 70% de los canales de la región. Concentra menos del 10% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	4	1	1	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de Aysén aumentará en un 126% para el año 2055. A pesar de que en los últimos 14 años se ha observado una disminución en la superficie dedicada a frutales y un notable aumento en las áreas destinadas a los cultivos de praderas mejoradas, viñas, parronales y forrajeras permanentes, 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)	Aumento de la demanda agrícola ≥ 70% 40% < Aumento de la demanda agrícola < 70% Aumento de la demanda agrícola ≤ 40%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	1	4	1	1	1
En la región de Aysén se identifican únicamente Comunidades de Aguas (CA). No se identifican otras Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs).	Descoordinación entre las instituciones con atribuciones en la gestión del agua de la cuenca (Juntas de vigilancia, organizaciones de usuarios, organismos del Estado, etc.).	Insuficiente creación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) y falta de regularización y constitución de derechos de agua. Falta de capacitación y apoyo institucional para la elaboración y ejecución de proyectos de riego y drenaje con enfoque en la adaptación al cambio climático y tecnologías sostenibles.	Presencia de OUAs	No hay presencia de OUAs o solo CA/AC Presencia de CAS o JV Presencia de JV y CAS	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Se proyecta que, en la región de Aysén, la demanda total de agua por parte de la industria manufacturera aumentará un 224% durante el periodo 2023-2055. Este incremento está directamente relacionado con el desarrollo y crecimiento del sector industrial en la región. Ante esta situación, es fundamental adoptar tecnologías innovadoras y eficientes para asegurar una gestión sostenible del recurso hídrico en el sector industrial. (mayor detalle en acápite 2.2.6 del estudio).	Déficit de modernización de tecnologías y optimización del uso a través de equipos y procesos para la eficiencia hídrica en la producción minera e industrial	-	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica industrial (Periodo 2023-2055)	Aumento de la demanda ≥ 100% 50% < Aumento de la demanda < 100% Aumento de la demanda ≤ 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	1	4	1	1	1	1	1

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

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

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago
En la región de Aysén no se identifican grandes obras de acumulación. Respecto a las proyecciones de la oferta hídrica superficial, se observa una tendencia a la baja hasta el año 2055, lo que podría resultar en una reducción de los volúmenes aportantes a posibles futuros proyectos de acumulación (ver acápite 2.3.1.1 del estudio para más detalle).	Disminución de aportes superficiales a obras de acumulación.	-	Disminución de la oferta hídrica superficial (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial ≥ 10% 5% < variación de la oferta hídrica superficial < 10% Disminución de la oferta hídrica superficial ≤ 5%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	2	4	2	1	2	4	1
En la región de la Aysén, se han llevado a cabo obras multipropósito para asegurar el suministro de agua utilizando fuentes no convencionales. Según la información disponible, estas obras se limitan únicamente a la cosecha de aguas lluvias y obras de desalinización. No se dispone de antecedentes sobre la implementación de otras obras ni sobre la existencia de proyectos futuros en esta área (mayor detalle en acápite 3.1.1.6 del estudio).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el desarrollo de actividades productivas a escalas relevantes.	Falta de infraestructura de riego y gestión del agua diseñada con criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, que asegure la conservación ambiental y favorezca la diversificación económica y el equilibrio entre bienestar social y desarrollo productivo	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	1	4	1	4	4	4	4	4

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

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

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago
Una práctica agrícola que no prioriza la eficiencia en el uso de agroquímicos, conduce a la contaminación del suelo, agua y aire, así como a la generación de pasivos ambientales. El uso responsable de agroquímicos es fundamental para mitigar los impactos ambientales de la agricultura. En la Región de Aysén, aunque la actividad agrícola es menos intensiva que en otras regiones, el uso de agroquímicos puede afectar a ecosistemas sensibles, como los lagos y ríos, que son fundamentales para la biodiversidad y el turismo 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	s/i	1	s/i	1	s/i	1	s/i	1	s/i
El deterioro de la calidad de agua debido a las descargas de aguas servidas en áreas rurales es una preocupación creciente en la Región de Aysén, donde muchas localidades carecen de servicios adecuados de saneamiento. Esta situación amenaza la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, que son cruciales para el abastecimiento de agua potable y la conservación de los ecosistemas acuáticos.	Deterioro de la calidad de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Falta de una gestión innovadora y eficiente del agua que asegure su "acceso y conservación" en todas sus formas (glaciares, ríos, lagos, agua potable y aguas servidas).	% 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
La Región de Aysén, con su paisaje montañoso y la presencia de actividades industriales como la minería y la acuicultura, enfrenta riesgos de contaminación de sus aguas debido a la posible liberación de contaminantes durante eventos hidroclimáticos extremos. Aunque la minería no es tan intensiva como en el norte de Chile, cualquier actividad extractiva en esta región presenta riesgos debido a la alta vulnerabilidad de los ecosistemas locales.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones		Ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Alta Criticidad (Valor 4): Ocurrencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones Baja Criticidad (Valor 1): Inexistencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	4	4	4	4	4	4
En la Región de Aysén, el cambio de uso de suelo para actividades productivas, como la ganadería extensiva y la incipiente agricultura, ha afectado los ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos. Un estudio de 2023 indicó que el 22% de los humedales y bosques nativos cercanos a ríos y lagos han sufrido alteraciones debido a la expansión ganadera, comprometiendo su capacidad de mantener la calidad del agua (Fuente: CONAF Aysén, 2023).	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Falta de una gestión innovadora y eficiente del agua que asegure su "acceso y conservación" en todas sus formas (glaciares, ríos, lagos, agua potable y aguas servidas).	Tasa de deforestación en la región de Aysén en los últimos 20 años. Datos de MAPBIOMAS Chile, abril de 2024. Se calcula como: Tasa de Deforestación Anual (%) = (bosque nativo al inicio-bosque nativo final/bosque nativo al inicio) × (T/100). Tes el periodo de 20 años.	Alta criticidad: Tasa de deforestación anual mayor al 2%. Media criticidad: Tasa de deforestación anual entre 1% y 2%. Baja criticidad: Tasa de deforestación anual menor al 1%.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La falta de normas secundarias de calidad ambiental para las aguas superficiales en la Región de Aysén impide una gestión adecuada de los cuerpos de agua, que son esenciales tanto para el suministro de agua potable como para la conservación de la biodiversidad. La implementación de normas más estrictas ayudaría a preservar la calidad de estos recursos hídricos vitales, especialmente en áreas como los ríos Baker y Aysén.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas superficiales		Existencia de Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	2	2	2	2	2
Aunque la Región de Aysén posee abundantes recursos hídricos, el monitoreo de parámetros de calidad del agua es limitado, especialmente en zonas remotas. La falta de datos precisos y actualizados dificulta la gestión sostenible del recurso hídrico, afectando la capacidad para responder ante posibles contaminaciones y cambios en la calidad del agua.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas		Existencia de Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

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

Tabla 4.2-5 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Aysén (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Limite Región. Archipiélago
La Región de Aysén depende en gran medida de sus acuíferos para el suministro de agua potable, especialmente en áreas rurales. La falta de normas secundarias para la calidad de estas aguas subterráneas representa un riesgo para la salud humana y la preservación del recurso, ya que la contaminación podría pasar desapercibida y no ser controlada adecuadamente.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Falta de un diagnóstico de los sistemas naturales que incluya un inventario detallado y caracterización de cauces y humedales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales para evaluar la capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales	Frecuencia de monitoreo, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas	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	4	2	4	2	4	2	4
La Región de Aysén, con su gran extensión de humedales y cuerpos de agua, depende de la capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad del agua y proporcionar servicios ecosistémicos. Sin embargo, la presión de actividades productivas y el cambio climático están reduciendo esta capacidad, lo que podría llevar a una degradación progresiva de los recursos hídricos.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos	Falta de un diagnóstico de los sistemas naturales que incluya un inventario detallado y caracterización de cauces y humedales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales para evaluar la capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales	Índice Compuesto de Criticidad d Ambiental= Valor de Calidad del Agua + Valor de Criticidad de Humedales	Alta Criticidad: Oferta hídrica menor al 40% del caudal ambiental necesario. Media Criticidad: Oferta hídrica entre 40% y 75% del caudal ambiental necesario. Baja Criticidad: Oferta hídrica mayor al 75% del caudal ambiental necesario.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Los humedales de la Región de Aysén son esenciales para la regulación hídrica, la biodiversidad y el turismo, pero están en riesgo de degradación debido a la expansión de la frontera agrícola y el cambio de uso de suelo. La conservación de estos ecosistemas acuáticos es crucial para mantener los servicios que proporcionan, como la filtración de agua y la protección contra inundaciones.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	Falta de un diagnóstico de los sistemas naturales que incluya un inventario detallado y caracterización de cauces y humedales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales para evaluar la capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales	Cobertura de Protección de humedales = Superficie de Humedales Protegidos / Superficie Total de Humedales en la Cuenca. Considera cualquier tipo de Humedal informado en shape oficial de Ministerio de Medio Ambiente.	Alta Criticidad (4): Porcentaje de Protección < 5% Media Criticidad (2): 5% ≤ Porcentaje de Protección < 25% Baja Criticidad (1): Porcentaje de Protección ≥ 25%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	1	4	4	4	4	4	4	4

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

En la Tabla 4.2-6 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 Aysén

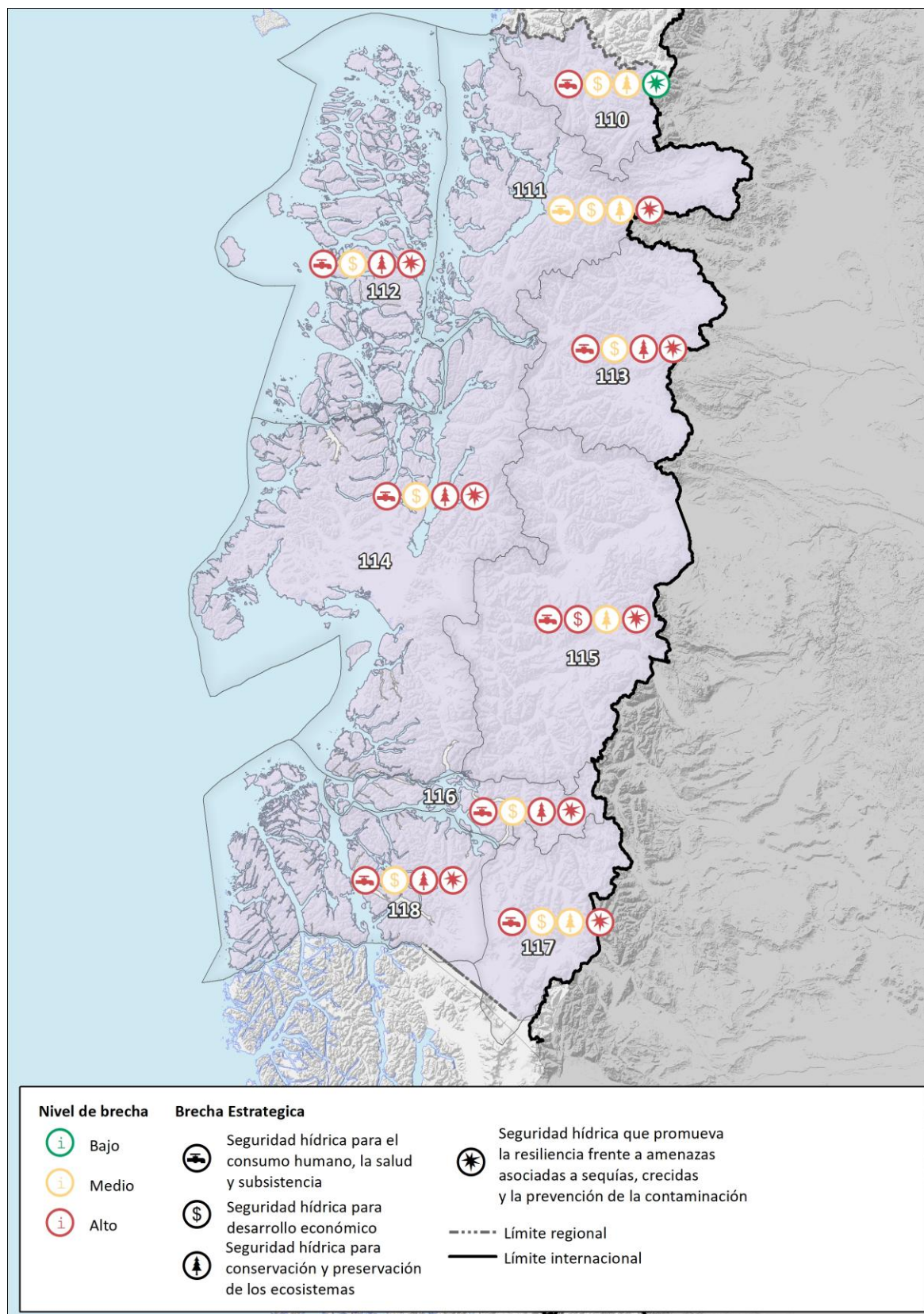
Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Río Palena y Costeras Límite Décima Región	Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Río Aysén	Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez	Río Baker	Costeras e Islas entre R. Baker y R. Pascua	Río Pascua	Costeras entre R. Pascua Límite Región. Archipiélago
. Se identifica un plan maestro de aguas lluvia para las comunas de Puerto Aysén y Puerto Chacabuco, por otra parte existen iniciativas de inversión en cauces fluviales han tenido por finalidad prevenir las inundaciones o detener los procesos erosivos producto de las crecidas por el incremento de los caudales de ríos debido a precipitaciones abundantes o a deshielos. Las alternativas de acciones en cauces han sido medidas no estructurales, obras de defensa y protección de riberas, obras de control y regulación y plan maestro de manejo de cauces naturales (MOP, 2012).	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Falta de estándares de infraestructura resiliente al clima que reduzcan la vulnerabilidad de zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos, con infraestructuras de riego, control aluvional y saneamiento diseñadas con criterios de sostenibilidad y perspectiva de género.	Ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Alta Criticidad (Valor 4): Ocurrencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones Baja Criticidad (Valor 1): Inexistencia de eventos históricos de inundaciones o aluviones	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	4	4	4	4	4	4
. Se identifica un plan maestro de aguas lluvia para las comunas de Puerto Aysén y Puerto Chacabuco, por otra parte existen iniciativas de inversión en cauces fluviales han tenido por finalidad prevenir las inundaciones o detener los procesos erosivos producto de las crecidas por el incremento de los caudales de ríos debido a precipitaciones abundantes o a deshielos. Las alternativas de acciones en cauces han sido medidas no estructurales, obras de defensa y protección de riberas, obras de control y regulación y plan maestro de manejo de cauces naturales (MOP, 2012).	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Falta de estándares de infraestructura resiliente al clima que reduzcan la vulnerabilidad de zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos, con infraestructuras de riego, control aluvional y saneamiento diseñadas con criterios de sostenibilidad y perspectiva de género.	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 u Ocurrencia Histórica de eventos de inundación o aluvión. Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	4	4	4	4	4	4
. Se identifica un plan maestro de aguas lluvia para las comunas de Puerto Aysén y Puerto Chacabuco, por otra parte existen iniciativas de inversión en cauces fluviales han tenido por finalidad prevenir las inundaciones o detener los procesos erosivos producto de las crecidas por el incremento de los caudales de ríos debido a precipitaciones abundantes o a deshielos. Las alternativas de acciones en cauces han sido medidas no estructurales, obras de defensa y protección de riberas, obras de control y regulación y plan maestro de manejo de cauces naturales (MOP, 2012).	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Falta de estándares de infraestructura resiliente al clima que reduzcan la vulnerabilidad de zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos, con infraestructuras de riego, control aluvional y saneamiento diseñadas con criterios de sostenibilidad y perspectiva de género.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	2	2	4	2	1	2	2	2

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

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Resumen de brechas estratégicas

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



Fuente: Elaboración propia.

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

4.3 BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA

4.3.1 Desarrollo matriz OAI

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

4.3.1.1 Objetivos

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

i. Dimensión para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia

- Incrementar la cobertura de agua potable y saneamiento en comunidades rurales y asentamientos aislados de la región de Aysén, mediante la implementación de sistemas de captación y tratamiento de agua adaptados a las condiciones geográficas extremas, garantizando que la población objetivo tenga acceso a servicios de agua segura y asequible, y promoviendo la participación activa de los habitantes en la planificación y gestión de estos recursos.
- Desarrollar y aplicar un plan regional de gestión de aguas residuales en la región de Aysén que permita reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a riesgos socionaturales, mediante la implementación de tecnologías de reutilización y tratamiento de aguas residuales. Este plan priorizará la reducción de brechas sociales en la prestación de servicios, garantizará el acceso equitativo a agua segura y sostenible, y promoverá la investigación de nuevos recursos hídricos para asegurar la disponibilidad y calidad del agua en áreas con escasez, contribuyendo al bienestar comunitario y a la economía circular del agua.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Fomentar la creación de programas de desarrollo productivo sostenible, que identifique y promueva áreas estratégicas para la agricultura, silvicultura y turismo científico, apoyado por infraestructura de riego y drenaje resiliente al clima y basada en soluciones naturales. La creación de estos programas busca, además, fomentar la colaboración entre los sectores público, privado y la sociedad civil, como también la investigación, incorporación de nuevas tecnologías, criterios de sostenibilidad y la transferencia con enfoque de género para fortalecer la competitividad y diversificación económica rural.
- Implementar medidas de desarrollo y modelos de gestión integrada de cuencas, que potencie las ventajas tecnológicas vinculadas a los recursos naturales y el capital humano, promoviendo la eficiencia hídrica en sectores clave como la minería,

silvicultura, acuicultura y agroindustria. Con el desarrollo de estos modelos se busca el fomento de infraestructuras especializadas para la gestión sostenible del agua y prácticas de producción que reduzcan el consumo de agua, como también, incentivar la investigación de nuevas fuentes hídricas asegurando un equilibrio hídrico sostenible y una transición socioecológica justa a nivel de cuenca.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Promover la infraestructura hídrica multipropósito y resiliente al clima en la región de Aysén, que incorpore soluciones basadas en la naturaleza para preservar y restaurar los ecosistemas acuáticos continentales fomentando la valoración y protección del patrimonio, por parte de las comunidades y actores productivos.
- Realizar un diagnóstico de los sistemas naturales en la región de Aysén, evaluando su capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales, incluyendo un inventario detallado y la caracterización de los cauces, humedales costeros, lacustres y fluviales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales que determinan los servicios ecosistémicos.

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

- Establecer estándares de infraestructura resiliente al clima en la región de Aysén, que reduzcan la vulnerabilidad de las zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos. Incluyendo la implementación de infraestructuras de riego, control aluvional, y sistemas de aguas lluvias y saneamiento, diseñadas con criterios de sostenibilidad, respeto al medio ambiente y perspectiva de género.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región de Aysén (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 57 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 producción y distribución de agua potable y tratamiento de aguas servidas, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, reúso de aguas residuales, redes de aguas lluvias y drenaje de aguas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

Las iniciativas de infraestructura hídrica estructural corresponden, principalmente, a redes hidrométricas, producción y distribución de agua potable y tratamiento de aguas servidas, desalinización, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua,

obras de acumulación de agua, reúso de aguas residuales, redes de aguas lluvias, captación de aguas, trasvase de aguas, recarga de acuíferos y conservación de riberas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

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

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

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica SH Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	Incrementar la cobertura de agua potable y saneamiento en comunidades rurales y asentamientos aislados de la región de Aysén, mediante la implementación de sistemas de captación y tratamiento de agua adaptados a las condiciones geográficas extremas, garantizando que la población objetivo tenga acceso a servicios de agua segura y asequible, y promoviendo la participación activa de los habitantes en la planificación y gestión de estos recursos.	Producción-distribución de agua potable	Estudio hidrogeológico disponibilidad hídrica	Creación de capital humano Planes y políticas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudios de saneamiento	Creación de capital humano Planes y políticas
		Captación de aguas	Estudios para abastecimiento de agua potable	Reservas de agua Planes y políticas Análisis situación legal DAA
		Captación de aguas	Reservas y áreas de protección de recursos hídricos Estudios para abastecimiento de agua potable	
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	
		Conservación y restauración de riberas y cauces Control de erosión	Conservación y restauración de riberas y cauces	Manejo de quebradas
	Desarrollar y aplicar un plan regional de gestión de aguas residuales en la región de Aysén que permita reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales y urbanas a riesgos socio naturales, mediante la implementación de tecnologías de reutilización y tratamiento de aguas residuales. Este plan priorizará la reducción de brechas sociales en la prestación de servicios, garantizará el acceso equitativo a agua segura y sostenible, y promoverá la investigación de nuevos recursos hídricos para asegurar la disponibilidad y calidad del agua en áreas con escasez, contribuyendo al bienestar comunitario y a la economía circular del agua.	Desalinización Reúso de aguas residuales (grises/servidas/lluvia) Recarga artificial de acuíferos	Estudios de desalación Estudio de reúso de aguas Estudios de aguas lluvias Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
D2. Producción sostenible y eficiencia hídrica	Promover el desarrollo de infraestructura de riego y gestión del agua diseñada con criterios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, para favorecer la diversificación económica en la región. Se priorizará la inversión en sistemas de riego intrapredial, control de aguas lluvias y drenaje, asegurando la conservación ambiental y el equilibrio entre el bienestar social y el desarrollo productivo. Además, se fomentará la capacitación y transferencia tecnológica en la gestión eficiente de los recursos hídricos, involucrando a productores y comunidades en un enfoque de género, y fortaleciendo la resiliencia frente a riesgos socio-naturales en las cuencas	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
	Fortalecer la gestión institucional del recurso hídrico mediante un modelo de gobernanza público-privado descentralizado, que promueva la tecnificación y modernización de los sistemas de riego. Impulsar la creación y fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Agua (Aguas), facilitando la regularización y constitución de derechos de agua, y fomentando la asociatividad entre productores. Promover la capacitación y apoyo institucional para la elaboración y ejecución de proyectos de riego y drenaje, con un enfoque en la adaptación al cambio climático y la incorporación de tecnologías sostenibles. Asegurar la participación efectiva y el desarrollo del capital humano y social necesario para una gestión integrada y eficiente del agua.	Infraestructura de riego	Estudios para la conservación obras de riego Estudio sistemas de riego	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Captación de aguas	Incentivos para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Campañas para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico
			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 inform	Creación de capital humano

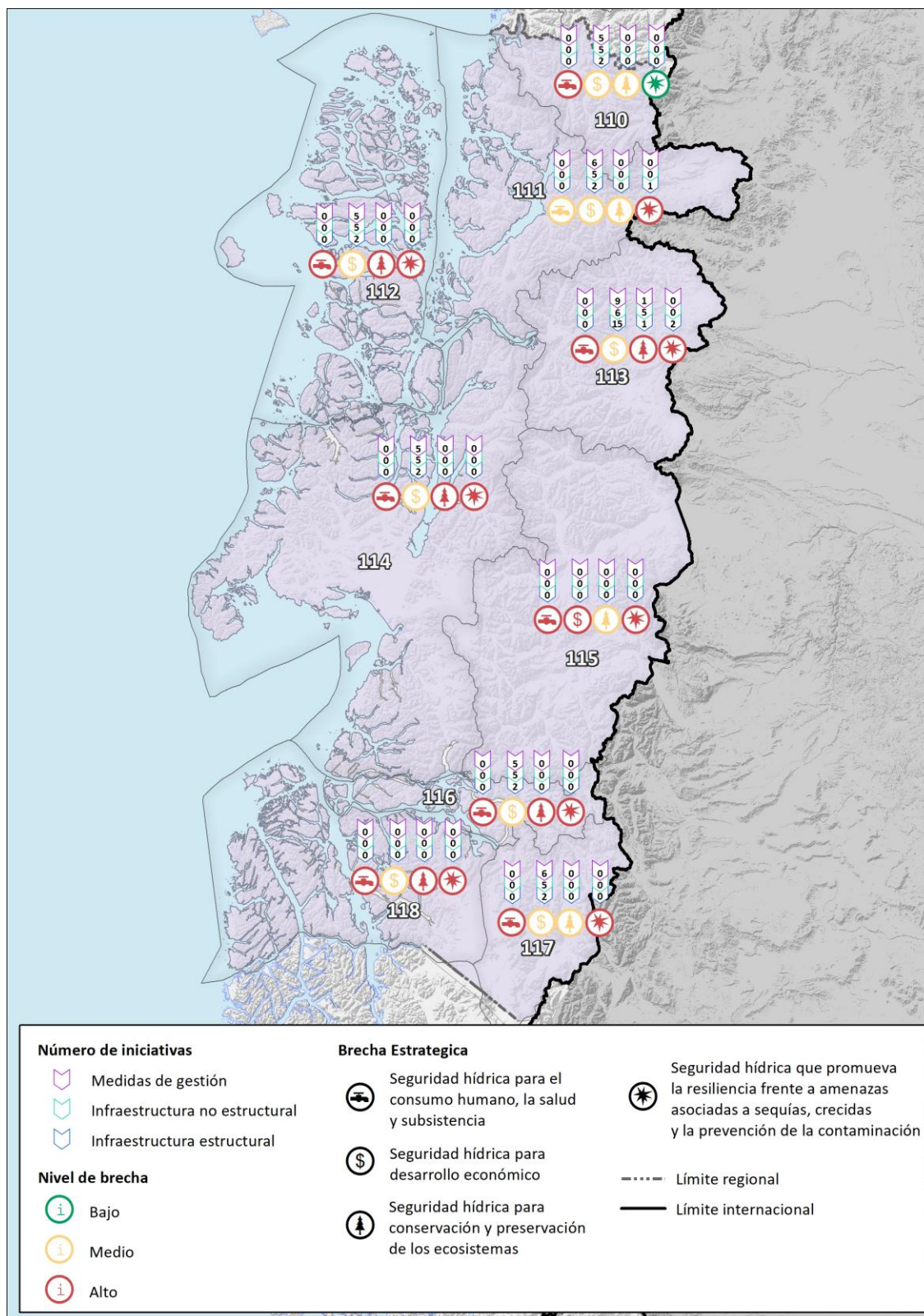
Fuente: Elaboración propia

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

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica Seguridad Hídrica Nacional	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
D3. Conservación y preservación de los ecosistemas	Implementar una gestión innovadora y eficiente del agua en todo el territorio, asegurando su acceso y conservación en todas sus manifestaciones; y fomentar la conciencia y el valor del patrimonio ambiental entre la población, mediante mecanismos que promuevan su protección y uso sostenible, equilibrando el desarrollo humano con la preservación de los recursos naturales.	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
	Realizar un diagnóstico de los sistemas naturales en la región de Aysén, evaluando su capacidad de soporte en la planificación y diseño de intervenciones territoriales, incluyendo un inventario detallado y la caracterización de los cauces, humedales costeros, lacustres y fluviales, así como un monitoreo continuo de las variables ambientales que determinan los servicios ecosistémicos.		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
		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 peri glaciares	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
D4. Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación	Establecer estándares de infraestructura resiliente al clima en la región de Aysén, que reduzcan la vulnerabilidad de las zonas rurales y urbanas a eventos climáticos extremos. Incluyendo la implementación de infraestructuras de riego, control aluvional, y sistemas de aguas lluvias y saneamiento, diseñadas con criterios de sostenibilidad, respeto al medio ambiente y perspectiva de género.	Redes de aguas lluvias Drenaje de aguas	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo anterior, en la Figura 4.3-1 se presenta un resumen del número de iniciativas catastradas, que por diferentes razones aún no se han ejecutado (ver acápite 3.1.2 y detalles en el Anexo 15.04), 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 Aysén

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre aspectos técnicos y disponibilidad de información

En la región de Aysén, la ejecución de obras de infraestructura hídrica enfrenta varios desafíos técnicos que complican su desarrollo. El monitoreo de la calidad del agua en la región es insuficiente, tanto en frecuencia como en cobertura, lo que limita la capacidad para evaluar y mitigar problemas de contaminación, especialmente en áreas afectadas por la actividad salmonera y minera en la región. La viabilidad técnica y económica de proyectos relacionados con el saneamiento de aguas también genera incertidumbre, ya que la adopción de nuevas tecnologías en este campo no ha avanzado significativamente a nivel nacional, dejando a la región sin soluciones modernas y efectivas. Las cuestiones normativas a nivel nacional, como las que impiden el reúso de aguas, también representan un obstáculo importante para el desarrollo de estas infraestructuras. Por otro lado, la falta de conformación de comunidades organizadas para asumir la responsabilidad de la distribución y mantenimiento de obras hidráulicas añade una capa adicional de complejidad. Sin estas estructuras comunitarias, es difícil garantizar la sostenibilidad y el correcto funcionamiento de las infraestructuras planificadas. En resumen, estos problemas técnicos y la falta de información adecuada en la región crean un entorno desafiante que dificulta la ejecución y el éxito de las obras hídricas necesarias para el bienestar de sus habitantes.

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

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

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

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

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

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

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

Servicios Sanitarios (APR)	• Operación y viabilidad del sistema: Se requiere asegurar la aceptación y viabilidad de las tarifas propuestas, además de clarificar los compromisos de los usuarios para mantener la sostenibilidad financiera a largo plazo. • Viabilidad técnica y legal: Se requiere completar los trámites de expropiación y permisos notariales, además de certificar los derechos de agua, para asegurar la disponibilidad y legalidad de los recursos necesarios para la infraestructura proyectada. Asimismo, es crucial corregir las inconsistencias en la documentación técnica, garantizar que las especificaciones y planos estén debidamente firmados por los responsables, y unificar la información sobre la población beneficiaria y los arranques domiciliarios para validar correctamente los diseños. • Planificación y viabilidad económica: Es necesario revisar la tasa social de descuento, ajustar los costos operativos y detallar los términos de referencia de las consultorías para asegurar una evaluación económica precisa. Además, se requiere especificar los gastos generales y corregir inconsistencias en los costos de las obras para garantizar la coherencia del presupuesto. También es fundamental justificar las diferencias en el costo por solución en comparación con proyectos similares, revisando exhaustivamente los costos presentados. • Congruencia e imprecisiones en los antecedentes del proyecto: Se requiere una identificación clara de los problemas específicos y diferenciación de necesidades entre grupos de beneficiarios, junto con el análisis de alternativas para sistemas dispersos y la consideración de viviendas temporales, ya que la falta de estos afecta la eficiencia del diseño y planificación del proyecto. • Discrepancias en la ficha IDI: Falta de justificación del valor promedio regional para soluciones individuales y de documentación sobre estudios de suelos, calidad del agua y servidumbres inscritas, necesarios para respaldar la viabilidad del proyecto.
Obras en Cauces (Defensa Fluvial)	• Viabilidad técnica y legal: Se requiere completar los estudios técnicos faltantes, asegurar la firma de los responsables en los documentos, y obtener las aprobaciones y certificaciones legales pertinentes para garantizar la disponibilidad de terrenos y derechos de agua. Además, se requiere corregir las inconsistencias en los datos de beneficiarios y conexiones.

	• Planificación y viabilidad económica: Se requiere revisar y corregir la evaluación económica, ajustando la tasa de descuento y los costos operativos, además de especificar adecuadamente los términos de referencia de las consultorías. Se debe justificar detalladamente los costos por solución y los gastos generales, así como asegurar la coherencia entre los presupuestos y la ficha IDI para garantizar una planificación y viabilidad económica sólida. • Congruencia e imprecisiones en los antecedentes del proyecto: Se requiere definir de manera clara el problema y los grupos afectados, justificar la información demográfica presentada y realizar un análisis detallado de las alternativas, considerando los diferentes impactos según el tipo de beneficiarios y las condiciones específicas del proyecto. • Discrepancias en la ficha IDI: se deben corregir las discrepancias entre la ficha y los documentos técnicos para asegurar una presentación clara y precisa del proyecto.
--	--

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

ii. Sobre factores socioambientales

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

En relación a los recursos hídricos, uno de los conflictos con mayor impacto a nivel nacional fue HidroAysén, que estuvo en tramitación por diez años hasta el 2017 cuando el tribunal ambiental ratificó el rechazo unánime del proyecto por parte del Comité de Ministros el año 2014, dejando sin efecto la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) (Ladera Sur, 2017).

HidroAysén constaba de la construcción de cinco hidroeléctricas en la Patagonia Chilena, provocando grandes manifestaciones a nivel local y nacional producto del impacto medioambiental que significaba su ejecución. No obstante, el año 2014 el Comité de ministros resuelve acoger los recursos de reclamación interpuestos en contra del proyecto, argumentando faltas importantes para su ejecución y cuidado de los aspectos relevantes para la población local. El año 2015 la DGA denegó los derechos de agua solicitados por el titular y días más tarde, la empresa anuncia que desistía del proyecto (INDH, 2020).

Otro de los conflictos ocurridos dentro de la región de Aysén tiene que ver con la contaminación de las aguas provocada por la Mina El Toqui, en Alto Mañiguales donde a

través de un estudio el año 2015 se identificó plomo y arsénico, además de metales pesados en el ganado del sector, provocando la muerte de algunos de los animales (INDH, 2020).

Actualmente, se observan cargos en contra de la empresa titular de la minera El Toqui por parte de la SMA producto de incumplimientos en materia ambiental entre los años 2021 y 2023. Los cargos son asociados a la falta de limpieza de piscina de sedimentación de relave, presentar servicio de transporte deficiente en el traslado y disposición de desechos mineros, no enviar las aguas del sistema de drenaje de la mina hacia la piscina de sedimentación y por disposición de aguas contaminadas en un área no autorizada (Radio Santa María, 2023).

4.3.2 Identificación de brechas de Infraestructura

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

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

Con estos objetivos como base, se identificaron brechas estratégicas para cada dimensión de seguridad hídrica. Para evaluar y priorizar las cuencas, se desarrollaron indicadores específicos que reflejan las necesidades de cada una en función de los objetivos establecidos. A cada indicador se le asignó un nivel de criticidad según su urgencia de intervención, utilizando una escala de alta (valor 4), media (valor 2) y baja (valor 1) criticidad. Esta clasificación facilitó la evaluación de la vulnerabilidad de cada cuenca y 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 15.05.

En la Tabla 4.3-4 se presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas.

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

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	N° inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	18	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	11	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	7	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	9	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	15	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	0	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	18	Normalización de elementos eficientes para APR según N° de arranques existentes y proyectados	-
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	0	De acuerdo a disminución de recarga y características favorables para la recarga	Máximo 30 ha por cuenca
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego	8	Aguas recolectadas y tratadas en Sistemas APR y APU de emisarios submarinos	-
2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones; Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios; Plan de Seguimiento a Planes de Riego	3	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	12	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	18	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	13	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	7	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	3	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	6	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	8	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	14	-	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año); OCAS: Rendimiento de avance 16 km-año
4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	2	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	15	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	16	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	9	Planes de Aguas Lluvia según Vigencia y N° de habitantes sector Urbano	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año)

Fuente: Elaboración propia

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

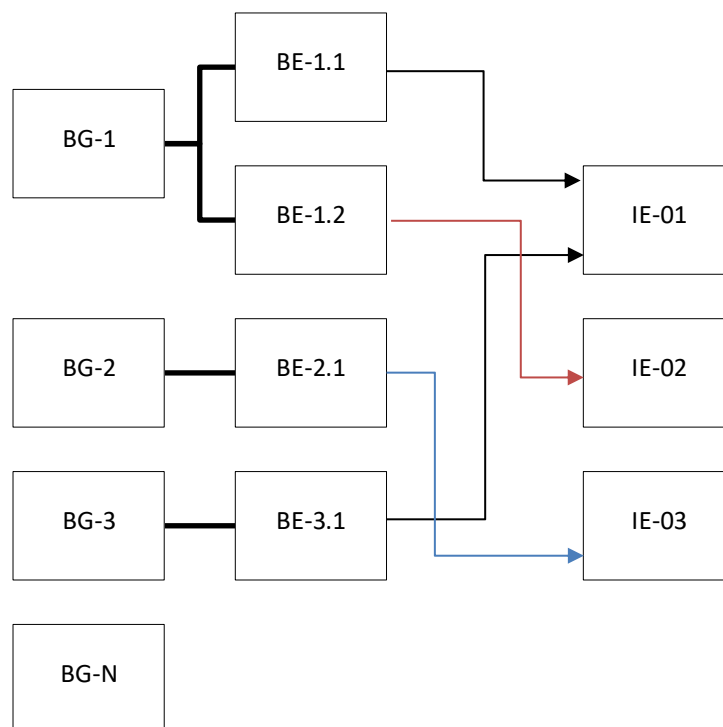
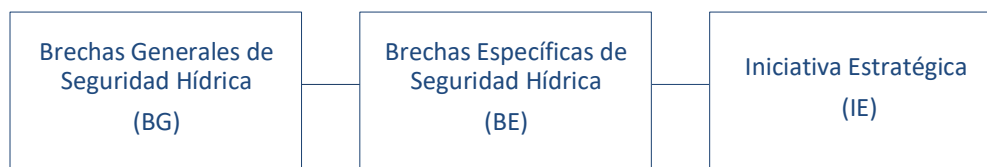
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 15.07 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 (AYS), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

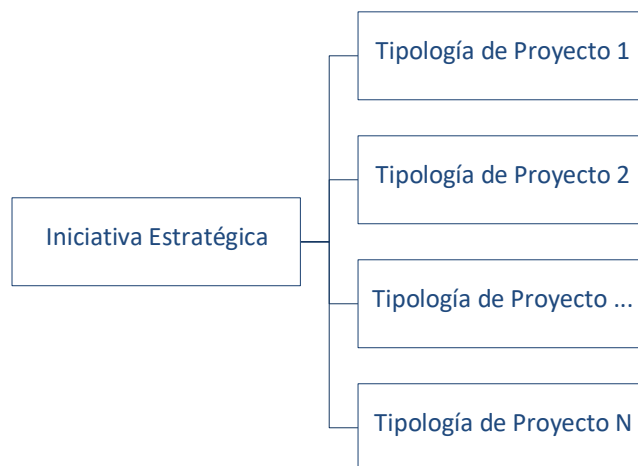
Tabla 5.1-1 : Iniciativas Estratégicas

Iniciativas Estratégicas	Código Iniciativa Estratégica
Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en asentamientos aislados	AYS-INI-EST-01
Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego, con énfasis en fortalecimiento agrícola	AYS-INI-EST-02
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas con énfasis en medio ambiente y sostenibilidad	AYS-INI-EST-03
Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza	AYS-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	AYS-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 Aysén las Tipologías de proyectos son los presentados en la Tabla 5.2-1.

Tabla 5.2-1 : Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

AYS-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
AYS-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
AYS-INI-EST-03	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales
	3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas
	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas
	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves
	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación
	3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas
AYS-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
AYS-INI-EST-05	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas
	5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas
	5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES

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

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

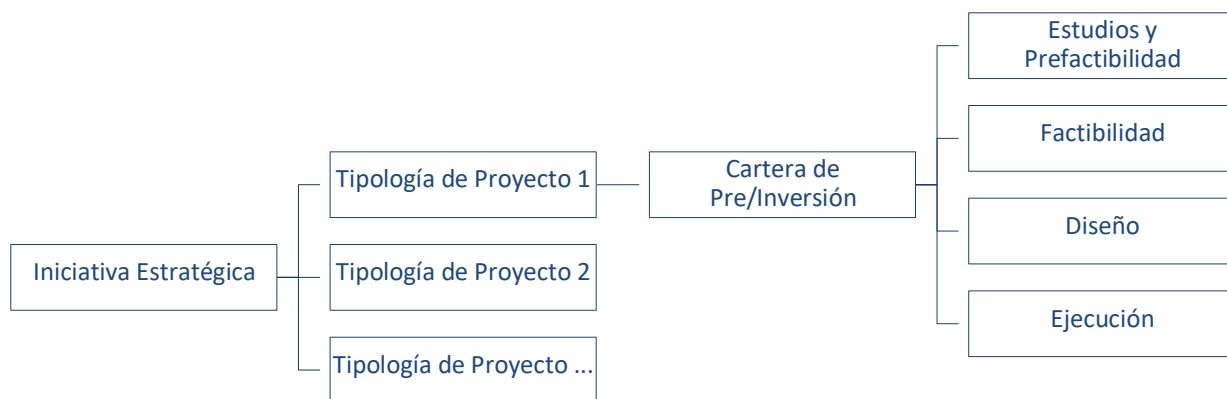


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

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

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

Con esta información se consideraron los siguientes pasos:

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

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

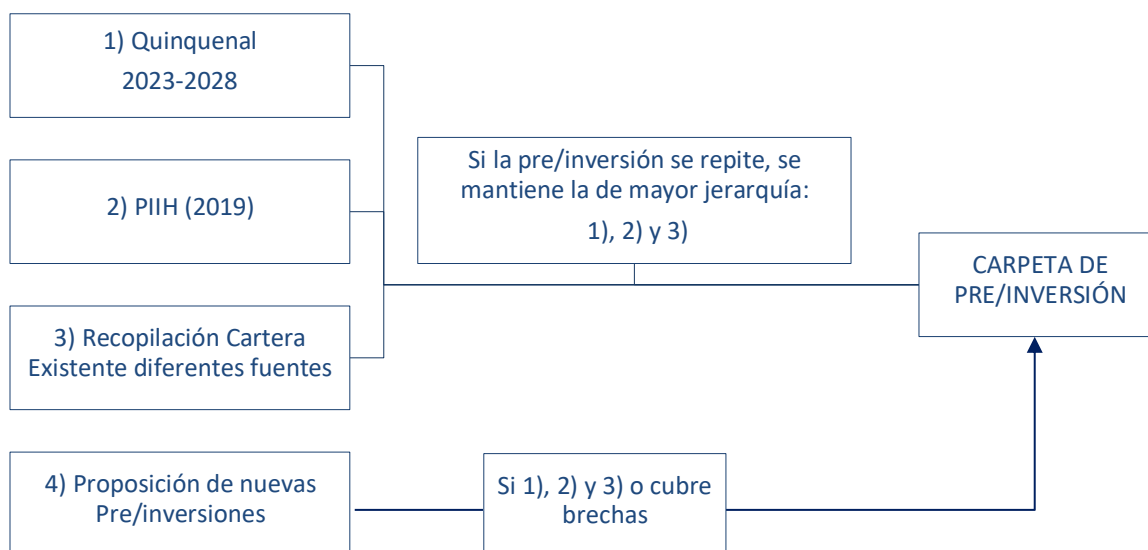


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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 AYS-INI-EST-01

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	A partir de proyección de Demanda APR sin abastecimiento, informada en el numeral 2.2.2, se define el número total de arranques promedio de los sistemas de APR y cantidad por cuenca y comuna.
1-2	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	No se proyectan ampliaciones al sistema, ya que el aumento se considera en 1.1.
1-3	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	Se propone proyectar al menos un sistema de telemetría y Control por Cuenca
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	A partir de Minuta "Estimación Brecha de SSR. RRP/18.08.2024" y proyección de nuevas APR en 1.1, se estima el total de proyectos a desarrollar para cubrir la brecha existente. Ver Anexo 15.07.

Fuente: Elaboración propia

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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	Se propone la ejecución de un Plan Estratégico de Gestión Hídrica o similar, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (se observan cuencas no estudiadas con sistemas hidrológicos).
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	Se recomienda realizar un estudio de viabilidad para la instalación de plantas de desalinización en cuencas donde existan localidades con más de 25 viviendas a una distancia de hasta 2 km de la costa. También se evalúa la proyección de sistemas de Agua Potable Rural (APR) en estas localidades, ofreciendo una alternativa a la proyección actual de APR. Este tipo de obras no se contempla en la zona austral de Chile
2-3	Eficiencia en el Uso del Agua. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Se proponen proyectos de nuevas tecnologías para el consumo eficiente a nivel regional y su aplicación en Sistemas APR y Riego
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Se proponen obras para la recuperación y recarga de acuíferos en cuencas donde existen antecedentes de Áreas de Restricción y Zonas de Prohibición para extracción de aguas subterráneas y además el Balance Hídrico Nacional indique si la cuenca posea una condición de estrés hídrico o cuenca crítica.
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego	Se propone estudios y proyectos de reutilización de aguas servidas para el uso en riego donde exista presencia de APR y, de presencia, zonas con riego.

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

Fuente: Elaboración propia

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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales	Se proponen en puntos estratégicos antes o después de confluencias, zonas altas y desembocaduras, cubriendo los principales cauces y considerando cercanía de estaciones existentes (ver Anexo 15.07). Idealmente, que cada cuenca BNA tenga al menos una estación. Existen excepciones en las que no se justifica por tratarse de quebradas secas, cuencas muy pequeñas o bien ubicaciones muy poco accesibles (Campo de Hielo Sur, por ejemplo)
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Superficial: en cada estación Fluviométrica. Subterránea, al menos una en cada pozo de medición proyectado y en SHAC sin medición con igual condición de superficie que en 3.5
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Se proponen ubicaciones en áreas con poca cobertura de estaciones y que sea sean representativas de diversas zonas climáticas de Köppen para cada cuenca, considerando también la accesibilidad. Detalles en Anexo 15.07
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Inicialmente se considera cobertura nacional. En base a esto, se prioriza para rutas de nieve zonas norte, sur y austral, escogiendo sectores planos, accesibles y lo suficientemente elevados según la latitud. Se proponen ubicaciones cercanas a pasos fronterizos, centros de montaña o puntos elevados de la Carretera Austral (cuesta Queulat, por ejemplo). Respecto a glaciares, estos son escasos en la zona norte, además de encontrarse a grandes elevaciones y ser en su mayoría rocosos, por lo que se proponen estaciones a partir del norte chico en glaciares de montaña, de valle o efluentes, de dimensiones importantes y relativamente accesibles, en base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones

		propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 15.07
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 AYS-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 AYS-INI-EST-05

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

Fuente: Elaboración propia

5.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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

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

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

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

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
1	NE-4-01	1	1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en la Cuenca	Ejecución-Prefactibilidad	280.000	no
2	ES-2-01				Construcción Sistema APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
3	ES-2-05				Construcción Sistema APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
4	ES-2-08				Construcción Sistema APR, Cuenca	Ejecución	2.800.000	no
5	ES-2-13				Conservación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	50.000	no
6	ES-2-01	1	1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	Ampliación Sistema APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
7	ES-2-05				Ampliación Sistema APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
8	ES-2-08				Ampliación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	2.800.000	no
9	ES-2-13				Conservación Sistema APR, Cuenca	Ejecución	50.000	no
10	ES-1-02	1	1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Factibilidad	1.000.000	no
11	ES-1-02.1				Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Diseño	80.000	no
12	ES-1-02.2				Construcción Sistema de Telemetría, Cuenca	Ejecución	150.000	no
13	ES-2-02	1	1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Factibilidad	90.000	no
14	ES-2-06				Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Diseño	280.000	no
15	ES-2-07				Construcción Alcantarillado, Cuenca	Diseño	280.000	no
16	ES-2-09				Construcción Sistema Saneamiento APR, Cuenca	Ejecución	1.000.000	no
17	ES-2-10				Construcción Alcantarillado, Cuenca	Ejecución	3.200.000	no
18	ES-2-15				Construcción Planta de Tratamiento, Cuenca	Ejecución	400.000	no

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

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
19	NE-4-03	2	2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	Estudio de Disponibilidad de Alternativas de Recursos Hídricos	Ejecución-Prefactibilidad	280.000	no
20	ES-2-14.1	2	2-2	Diseño, Construcción de Sistemas de plantas desaladoras	Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Factibilidad	180.000	si
21	ES-2-14.2				Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Diseño	250.000	si
22	ES-2-14				Construcción Planta Desaladora, Cuenca	Ejecución	9.000.000	si
23	NE-4-04	2	2-3	Eficiencia en el Uso del Agua - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Nuevas tecnologías para el consumo eficiente	Ejecución-Prefactibilidad	150.000	no
24	ES-2-04.1				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Factibilidad	150.000	no
25	ES-2-04				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Diseño	150.000	no
26	ES-2-12				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Ejecución	2.500.000	no
27	ES-7-01	2	2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Factibilidad	150.000	no
28	ES-7-02				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Diseño	200.000	no
29	ES-7-03				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Ejecución	1.500.000	no
30	ES-2-03	2	2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas Urbanas para Riego	Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Factibilidad	150.000	si
31	ES-2-11				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Diseño	280.000	si
32	ES-2-11.1				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Ejecución	2.500.000	si
33	NE-2-03	2	2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios Plan de Seguimiento a Planes de Riego	Medida de gestión: Programa de reforzamiento de OUA	Medida de Gestión	250.000	no
34	ES-3-05.1				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Factibilidad	200.000	no
35	ES-3-05				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Diseño	250.000	no
36	ES-3-08				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Ejecución	4.000.000	no
37	NE-4-02	2	2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego. Diseño, Construcción	Diagnóstico de Recursos Hídricos y Demanda de Riego	Ejecución-Prefactibilidad	380.000	no
38	ES-3-01				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Factibilidad	210.000	no

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

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
39	ES-3-03			de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Diseño	350.000	no
40	ES-3-06				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Ejecución	2.600.000	no
41	ES-3-09				Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Ejecución	3.000.000	no
42	ES-3-02				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Factibilidad	650.000	no
43	ES-3-04				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Diseño	2.000.000	no
44	ES-3-07				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Ejecución	35.000.000	no
45	ES-3-10				Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Ejecución	4.500.000	no
46	ES-1-04	3	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Ejecución	100.000	no
47	ES-1-01.1				Construcción Estación Fluvimétrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
48	ES-1-01.2				Construcción Estación Fluvimétrica, Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación Fluvimétrica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación de Calidad de Aguas, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
53	ES-1-01.1	3	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
54	ES-1-01.2				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Diseño	40.000	no
55	ES-1-01				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Ejecución	198.000	no
56	ES-1-03.1	3	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
57	ES-1-03.2				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Diseño	10.000	no
58	ES-1-03				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Ejecución	50.000	no
59	NE-2-01	3	3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	Medida de gestión: Seminarios y talleres	Medida de Gestión	20.000	no
60	NE-2-02				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	60.000	no
61	NE-4-06				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	200.000	no
62	NE-4-05				Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral	Ejecución-Prefactibilidad	250.000	no
63	NE-3-02	4	4-1	Conservación y restauración de	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos	Ejecución	150.000	si

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

5.5 VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad y costos totales de inversión propuesta por Iniciativa Estratégica para dar respuesta a las brechas identificadas en la región. Es importante destacar que no es viable realizar el total de inversiones de manera simultánea, tanto por la magnitud de recursos económicos, mano de obra y control. Es por ello que en el siguiente Capítulo se realiza la priorización de los proyectos en función de las necesidades más inmediatas. La planilla con el detalle de la cartera de inversiones de cada Iniciativa Estratégica se presenta en el Anexo 15.07.

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\$)
AYS-INI-EST-01	45	66.492.200
AYS-INI-EST-02	54	47.822.693
AYS-INI-EST-03	55	57.220.281
AYS-INI-EST-04	16	41.426.200
AYS-INI-EST-05	40	61.314.366
TOTAL	212	274.275.740

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 15.07.

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

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

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Incidencia en Matriz Hídrica

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

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

En la Tabla 5.6-2, se indican los metros cúbicos anuales por unidad según la variable determinada para valorizar la inversión e incidencia en la Matriz Hídrica el detalle se presenta en el Anexo 15.07.

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA

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

Se basa en los siguientes principios generales:

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

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

6.1 EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Para la priorización de medidas se utiliza una aproximación de la metodología de Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones (MCDM, por sus siglas en inglés). Este método ha sido estudiado para la priorización de infraestructura hidráulica, específicamente cuando se toman decisiones de inversión de un conjunto de iniciativas que contemplan el mismo producto

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

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

Ámbito	Ambiental	Tipologías de Obras		Social	Socioeconómico	Político Normativo	Estratégico nivel cuenca y regional
Indicador	Protección y recuperación de las fuentes de agua	Requiere ingreso a SEIA	Categoría Sustentabilidad de Obras	Obras vinculadas a Dimensiones de Seguridad Hídrica ⁽²⁾	Categoría de Multipropósito	Alineamiento político / normativo	PRIORIZACIÓN DE CUENCAS EN LA REGIÓN (viene del listado de cuencas priorizadas, depende del código de cuenca)
Escala	Alta [4]: Iniciativas destinadas a la protección y recuperación de los recursos hídricos Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: No requiere ingreso a SEIA Media [2]: Requiere análisis de pertinencia a SEIA Baja [1]: Requiere ingreso a SEIA	Alta [4]: Iniciativas innovadoras MOP (SbN, protección y recuperación de las fuentes de agua, recarga acuíferos, las habilitadas para el MOP por las leyes 21.639 y 20.998, otras) basadas en la Naturaleza u otras iniciativas no cubiertas por el MOP Media Alta [3]: Inversiones vinculadas a optimizar el uso del recurso hídrico Media Baja [2]: Embalses fuera del río o piscinas de acumulación Baja [1]: Iniciativas Tradicionales (Embalses en el río, Trasvase de agua entre distintas cuencas, otras obras grises no mencionadas anteriormente)	Alta [15]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [10]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Media [9]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media Baja [8]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Baja [4]: Iniciativas vinculadas a Saneamiento [D1 - AS]	Alta [4]: Iniciativas multipropósito Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos	Alta [4]: Mayor o igual al percentil del 75% Media [2]: Entre los percentiles del 75% y 25% Baja [1]: Menor o igual al percentil del 25%
Justificación	Alta [4]: Permite la protección y recuperación de los recursos hídricos de acuerdo a la definición de la iniciativa en el informe regional, acápite 5.3 Conformación de la cartera de pre/inversión Baja [1]: No se vincula a proyectos destinados a la protección y recuperación de los recursos hídricos	Alta [4]: Conforme a lo dispuesto ¹ , NO es necesario que la inversión deba ejecutarse o modificarse previa la evaluación de su impacto ambiental Media [2]: Conforme a lo dispuesto ¹ , la inversión requiere análisis de pertinencia para evaluación ambiental Baja [1]: Conforme a lo dispuesto ¹ , SI es necesario que la inversión deba ejecutarse o modificarse previa la evaluación de su impacto ambiental	Alta [4]: Se considera iniciativa innovadora de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3.1 del Anexo B Enfoque metodológico Media Alta [3]: Se considera iniciativa vinculada a optimizar el uso del recurso hídrico de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3 del Anexo B Enfoque metodológico Media Baja [2]: Se considera iniciativa vinculada a embalses fuera del río o piscinas de acumulación, de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO innovadora de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.3.1 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [15]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media Baja [10]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4] Media Alta [9]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2] Media Baja [8]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Baja [4]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Saneamiento Y Reúso [D1-AS]	Alta [4]: Se considera iniciativa multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico Baja [1]: Se considera iniciativa NO multipropósito de acuerdo a la definición presentada en el acápite 5.2 del Anexo B Enfoque metodológico	Alta [4]: Cuenta con factibilidad política y cuenta con normativa adecuada de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Media [2]: Cuenta con factibilidad política, pero requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional Baja [1]: No cuenta con factibilidad política y/o requiere cambios normativos de acuerdo a la normativa e instrumentos planteados en el acápite 3 del Informe Nacional	
Ponderación	10%	9%	13%	20%	12%	12%	12%
max	4	4	4	4	4	4	4
min	1	1	1	1	1	1	1

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

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

Fuente: Elaboración propia

6.2 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

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

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

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

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

Donde:

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

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

y_{ij} = Variable normalizada

x_{ij} = Variable original

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

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

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

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

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

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

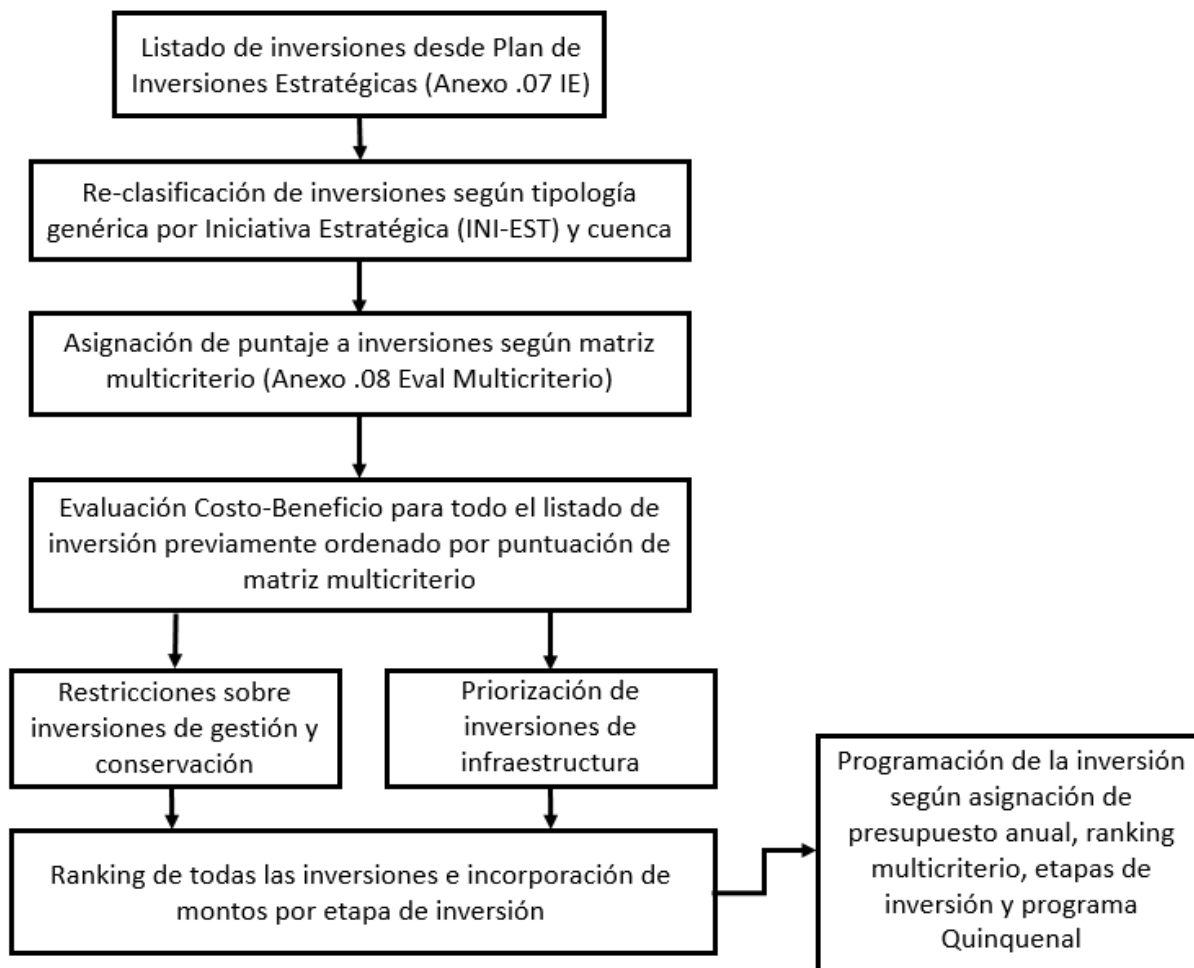
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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

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

- Se dejan fuera del ranking para la programación de la inversión todas las iniciativas vinculadas a conservación, las que quedan con un monto fijo anual asignado que equivale al promedio de la inversión histórica del MOP para este tipo de iniciativas entre los años 2019-2023. Para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, este equivale a \$6.000.000 (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 \$22.000.000 (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.

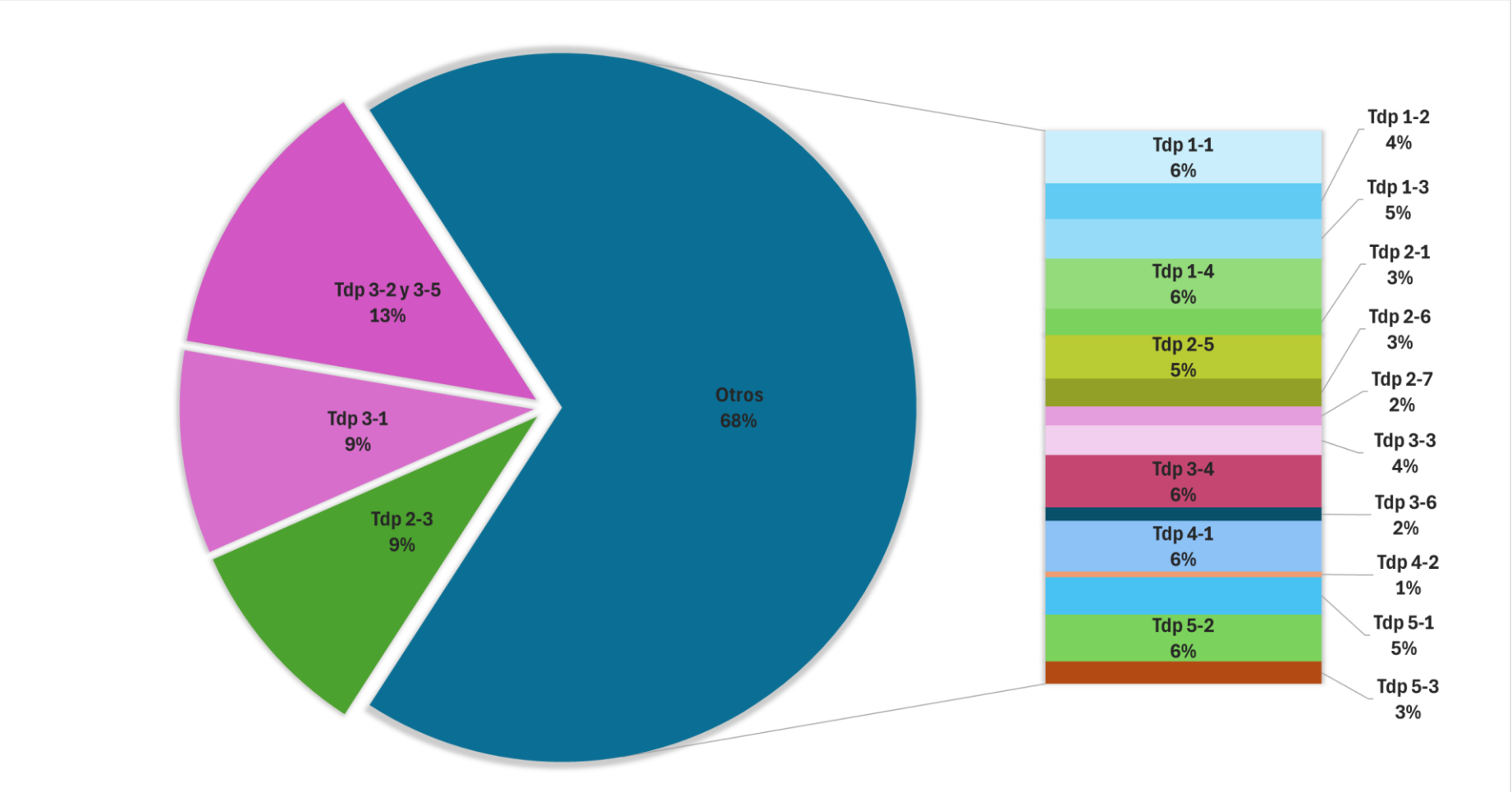
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

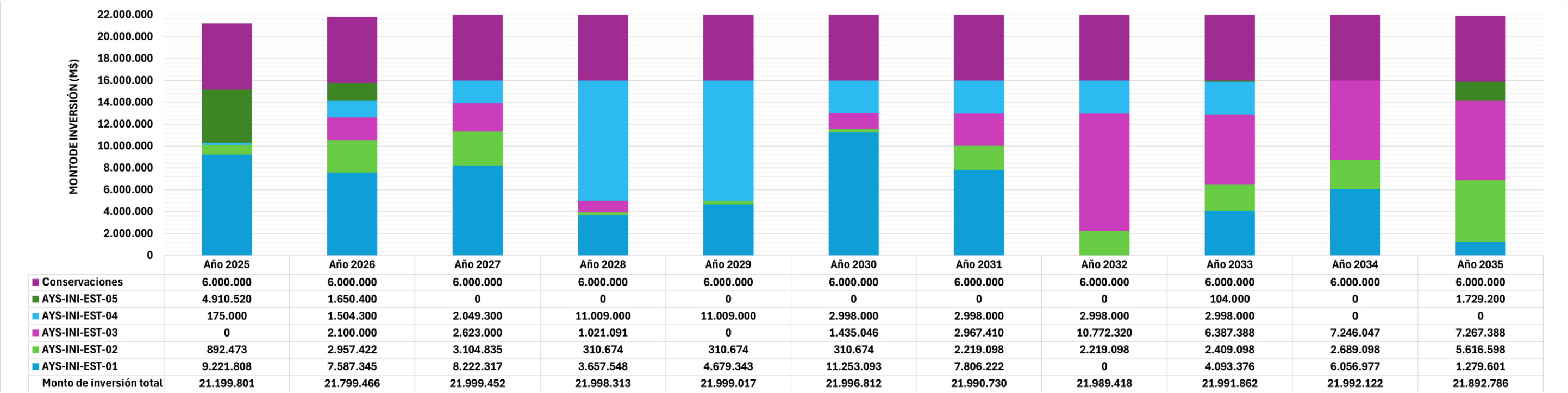
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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

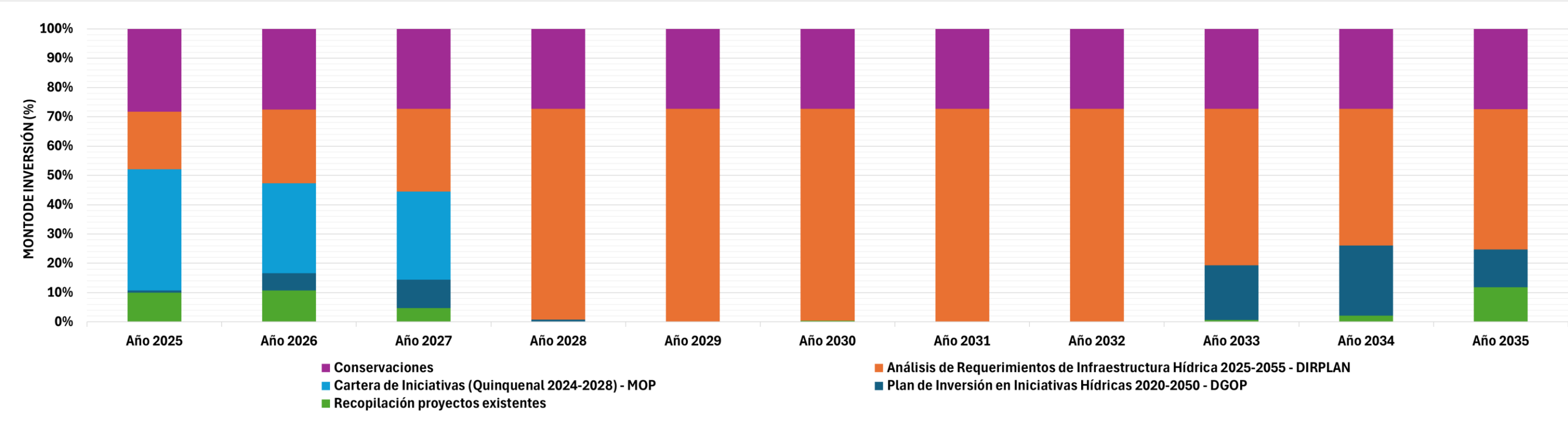
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en asentamientos aislados
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego, con énfasis en fortalecimiento agrícola
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas con énfasis en medio ambiente y sostenibilidad
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 Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-4 Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

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 Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, ubicada en el extremo sur de Chile, se extiende sobre un territorio de 108.494 km² y es la menos poblada del país, con apenas el 0,59% de la población nacional. Entre 2002 y 2017, experimentó un crecimiento demográfico del 12,75%, aunque con una marcada tendencia hacia el envejecimiento. Las ciudades más relevantes son Coyhaique, que concentra el 68% de la primacía regional, y Puerto Aysén, con menor estabilidad en su crecimiento. En términos territoriales, el desarrollo urbano se ha expandido de manera horizontal, principalmente en Coyhaique (+3,4 km²) y Puerto Aysén (+1,27 km²), lo que ha generado una reducción en la densidad urbana y desafíos en infraestructura y planificación territorial.

El acceso al agua potable en la región varía significativamente entre áreas urbanas y rurales. En las ciudades, el abastecimiento está concesionado a Aguas Patagonia, empresa que opera en territorios como Coyhaique, Puerto Aysén, Cochrane y Chile Chico. La cobertura en las zonas urbanas alcanza un 87,6%, con planes de expansión en ciudades como Puerto Ibáñez y Balmaceda. En contraste, en las zonas rurales, la cobertura de agua potable es menor. De las 12.734 viviendas rurales de la región, el 45,3% no tiene información clara sobre sus fuentes de abastecimiento, mientras que un 21,3% depende directamente de cursos de agua, lo que evidencia problemas de seguridad hídrica y saneamiento. La provincia de Capitán Prat presenta el porcentaje más bajo de conexión a redes públicas (61,99%), lo que contrasta con la provincia de Aysén, donde la cobertura supera el 92%.

El saneamiento también presenta diferencias significativas. En las zonas urbanas, la cobertura de alcantarillado alcanza el 87,6%, con plantas de tratamiento de aguas servidas en Coyhaique, Puerto Aysén y Cochrane. Sin embargo, en las zonas rurales, solo el 2,8% de la población cuenta con alcantarillado formal, lo que implica una alta dependencia de soluciones individuales, muchas veces inadecuadas para la protección ambiental y sanitaria. La falta de infraestructura de saneamiento en localidades como Villa Cerro Castillo y Puerto Cisnes representa un desafío para la calidad de vida y la protección de fuentes hídricas.

El uso del agua en actividades económicas también muestra variaciones en eficiencia y disponibilidad. En la agricultura, la superficie cultivada en la región es mínima (1,3% del total nacional), concentrándose en la cuenca del Río Baker (código BNA 115), donde el riego es crucial para la producción forrajera y de praderas mejoradas. Se prevé un aumento del 126% en la demanda agrícola hacia 2055, debido a la expansión de estos cultivos. La

eficiencia del riego es baja, con pérdidas significativas en los sistemas de conducción, lo que resalta la necesidad de modernización en la gestión del recurso.

La actividad industrial, concentrada en Coyhaique y Puerto Aysén (cuenca del Río Aysén, código BNA 113), proyecta un crecimiento del 224% en su demanda de agua para 2055. Actualmente, la mayoría de las industrias depende de agua superficial, pero la creciente demanda plantea la necesidad de implementar tecnologías de reciclaje y reutilización del recurso. En la acuicultura, que opera en la cuenca Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén (código BNA 111), la demanda hídrica se ha reducido en los últimos años debido a cambios en la producción y normativas ambientales más estrictas.

La región enfrenta riesgos significativos asociados al cambio climático y la reducción de la disponibilidad hídrica. Según el Balance Hídrico Nacional, la oferta de agua superficial disminuirá entre un 3,4% y un 13,4% en la mayoría de las cuencas, salvo en el Río Pascua (código BNA 117), donde se proyecta un aumento del 12%. Esta disminución impactará tanto en el abastecimiento urbano como en la agricultura y la generación hidroeléctrica, lo que hace urgente la implementación de estrategias de adaptación.

Para enfrentar estos desafíos, se requiere fortalecer la infraestructura hídrica en áreas críticas. En la cuenca del Río Aysén, donde operan los principales sistemas de abastecimiento, se deben implementar soluciones de almacenamiento y distribución más eficientes. En la provincia de Capitán Prat, es prioritario aumentar la cobertura de agua potable rural, optimizando los sistemas de captación y distribución en localidades como Cochrane y Villa O'Higgins. En términos de saneamiento, es fundamental ampliar la cobertura de alcantarillado en zonas rurales y mejorar el tratamiento de aguas residuales en comunas como Puerto Cisnes y Chile Chico.

El fortalecimiento de la gobernanza del agua es clave para garantizar la sostenibilidad del recurso. Se debe avanzar en la descentralización de la gestión hídrica, promoviendo la participación de comunidades, sectores productivos y organismos gubernamentales. La creación de un modelo de gestión integrado permitirá optimizar el uso del agua en todos los sectores, asegurando un equilibrio entre desarrollo y conservación ambiental.

7.1.2 Factores críticos regionales

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

- **Fuentes de abastecimiento y eficiencia en el uso del agua:** El cambio climático está alterando significativamente el balance hídrico en la región, con una disminución

proyectada del caudal de agua superficial entre un 3,4% y un 13,4% en la mayoría de las cuencas, salvo en el Río Pascua (BNA 117), donde se espera un aumento del 12% Infra. Además, el retroceso acelerado de los glaciares, que actúan como reservas estratégicas de agua, está modificando la estacionalidad del flujo hídrico, lo que podría generar déficit en períodos secos y afectar tanto el abastecimiento para consumo humano como la disponibilidad para actividades productivas como la acuicultura, la generación hidroeléctrica y la agricultura Infra. La mayor dependencia de fuentes superficiales hace urgente la implementación de estrategias de almacenamiento y uso eficiente del recurso, junto con medidas de adaptación para mitigar el impacto de eventos climáticos extremos, como crecidas repentinas e inundaciones.

- **Brechas en Infraestructura Hídrica y Acceso a Servicios de Agua y Saneamiento:** La región presenta diferencias significativas en la cobertura de agua potable y saneamiento entre áreas urbanas y rurales. Mientras que en ciudades como Coyhaique y Puerto Aysén la cobertura de agua potable urbana alcanza un 87,6% Infra. En zonas rurales solo el 60,7% de las viviendas están conectadas a una red pública de agua, y en la provincia de Capitán Prat este porcentaje baja a 61,99% Infra. Además, en cuanto al saneamiento, solo el 2,8% de la población rural cuenta con alcantarillado, lo que incrementa el riesgo de contaminación de fuentes hídricas y afecta la salud pública Infra. La falta de infraestructura adecuada no solo limita el acceso a servicios básicos, sino que también impacta la gestión eficiente del agua, con pérdidas en los sistemas de distribución y baja reutilización de aguas residuales. La inversión en infraestructura hídrica será un factor clave para garantizar la seguridad hídrica, especialmente ante el crecimiento de la demanda industrial y agrícola proyectado hacia 2055 Infra.

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 y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en asentamientos aislados” [AYS-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en fortalecimiento agrícola [AYS-INI-EST-02].

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

Escenario de Desarrollo para la Gestión Hídrica en la Región de Aysén

La Región de Aysén enfrenta una intensificación de su vulnerabilidad hídrica, impulsada por una confluencia de factores estructurales y contingentes que comprometen la sostenibilidad del recurso en el corto, mediano y largo plazo. El cambio climático, la obsolescencia de la infraestructura hídrica y la intensificación de actividades económicas con un alto consumo de agua, como la agricultura, la acuicultura y la industria, configuran un escenario de creciente presión sobre la disponibilidad hídrica.

El Plan Director de Infraestructura 2025-2055 prevé una disminución sostenida en la oferta hídrica superficial debido al retroceso de los glaciares y a la reducción de la recarga de los acuíferos, lo que afectará gravemente la resiliencia del sistema de abastecimiento. Las proyecciones indican que, para el año 2055, las cuencas del Río Baker (BNA 115), del Río Aysén (BNA 113) y del Río Palena (BNA 110) sufrirán una disminución en su caudal medio, comprometiendo el suministro tanto para el consumo humano como para la producción agropecuaria e industrial. La eficiencia del riego en la región se estima en un 61%, con valores que oscilan entre un 55% en la cuenca del Río Palena y un 67% en los Archipiélagos de las Guaitecas y de los Chonos (BNA 112), evidenciando oportunidades significativas para la optimización de la gestión hídrica, especialmente en las provincias de Capitán Prat y General Carrera, donde la producción agrícola tiene un impacto determinante.

El incremento en la demanda de agua ha sido exponencial, con un aumento del 144% en el período proyectado 2023-2055, en el que el sector agrícola y el industrial constituyen los principales consumidores. En términos de infraestructura y acceso al agua potable, en la provincia de Aysén, donde se ubican Coyhaique y Puerto Aysén, entre un 17% y un 26% de las viviendas rurales no tienen conexión a la red de agua potable. En la provincia de Capitán Prat, este porcentaje podría ser incluso mayor debido a la dispersión geográfica de los asentamientos. En lo que respecta al saneamiento, entre un 5% y un 10% de la población rural no cuenta con acceso a sistemas de alcantarillado, y se carece de información actualizada sobre este servicio en aproximadamente un 57% a 81% de las viviendas rurales de la región. Además, las pérdidas en la distribución de agua potable alcanzan un 30,1% a nivel regional, aunque algunas localidades, como Puerto Ibáñez y Puerto Chacabuco, registran niveles de pérdida inferiores al 20%.

Las proyecciones apuntan a que la demanda de agua potable urbana aumentará en escenarios de sequía extrema, generando una mayor presión sobre los sistemas de abastecimiento, especialmente en centros urbanos como Coyhaique y Puerto Aysén, donde la tasa de crecimiento de clientes residenciales ha sido del 0,2% anual en la última década. En paralelo, la calidad del agua enfrenta amenazas derivadas de la descarga de aguas servidas en zonas rurales de las cuencas del Río Aysén y del Río Baker, comprometiendo tanto la salud pública como la estabilidad de los ecosistemas hídricos.

La reducción de caudales en los principales sistemas hidrográficos de la región constituye una de las amenazas más apremiantes para la seguridad hídrica. El retroceso glaciar está afectando drásticamente la disponibilidad de agua superficial, particularmente durante los períodos de estiaje, mientras que la reducción de la recarga de acuíferos ha intensificado el déficit hídrico en localidades como Cochrane y Chile Chico. La ausencia de grandes obras de regulación y almacenamiento de agua impide la implementación de estrategias de

mitigación adecuadas para enfrentar sequías prolongadas, lo que incrementa la vulnerabilidad de la población y las actividades económicas.

El crecimiento acelerado de la demanda de agua en la provincia de General Carrera y en la provincia de Capitán Prat, principalmente vinculado a la expansión de la superficie agrícola, generará un incremento del 126% en el consumo hídrico al 2055. De manera complementaria, la actividad industrial, especialmente en los polos productivos de Puerto Chacabuco y Puerto Aysén, incrementará su consumo en un 224%. Este panorama evidencia la necesidad urgente de diversificar las fuentes de abastecimiento, incluyendo la desalinización y la reutilización de aguas residuales, dado que la dependencia exclusiva de fuentes superficiales amplifica el riesgo de escasez ante eventos climáticos extremos.

Las deficiencias en la infraestructura hídrica agravan el problema. La región cuenta con una única planta de ósmosis inversa en Islas Huinchas, con una capacidad de producción de 2,7 l/s, insuficiente para satisfacer las necesidades de abastecimiento en el contexto de una demanda creciente. Además, la falta de desarrollo de sistemas alternativos, como la cosecha de aguas lluvias en localidades rurales y la reutilización de aguas servidas en sectores industriales, limita las opciones de adaptación. En el ámbito agropecuario, el uso inadecuado de agroquímicos en zonas agrícolas como Valle Simpson y Mañihuales representa un peligro para la calidad del agua en ríos y lagos, con consecuencias ambientales y socioeconómicas significativas.

En términos de gobernanza, la gestión del agua en Aysén se caracteriza por una fragmentación institucional que obstaculiza la implementación de medidas estructurales para el manejo sostenible del recurso. La ausencia de Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) formalizadas limita la capacidad de coordinación intersectorial, y la inexistencia de un plan integral de gestión hídrica con enfoque territorial impide la planificación de soluciones a largo plazo. Adicionalmente, la falta de inversión y financiamiento para la modernización de la infraestructura hídrica restringe la capacidad de adaptación de la región al cambio climático.

El impacto de este escenario es potencialmente severo. La ocurrencia de racionamientos de agua en los principales centros urbanos afectará la calidad de vida de la población y el acceso a servicios básicos. La escalada en los costos de producción agrícola e industrial reducirá la competitividad regional, mientras que los conflictos socioambientales asociados al acceso al agua podrían intensificarse, generando disputas entre comunidades locales y sectores productivos. La degradación progresiva de humedales y la pérdida de biodiversidad reducirán la capacidad natural de regulación hídrica, incrementando la exposición de la región a inundaciones y sequías prolongadas.

Para mitigar estos riesgos, es imperativo diseñar e implementar estrategias específicas adaptadas a las condiciones geográficas y socioeconómicas de la región. La construcción de embalses multipropósito en las cuencas más vulnerables permitirá mejorar la capacidad de almacenamiento y distribución del recurso. La tecnificación del riego en la provincia de Capitán Prat y General Carrera contribuirá a reducir el desperdicio de agua en la actividad agropecuaria. Además, la ampliación del monitoreo de calidad del agua en la cuenca del Río Aysén facilitará la regulación y mitigación de la contaminación en fuentes de agua potable. Finalmente, la inversión en infraestructura de saneamiento en localidades rurales garantizará la protección de los ecosistemas hídricos y mejorará las condiciones de salud pública en la región.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La seguridad hídrica en la Región de Aysén enfrenta una creciente presión derivada de interacciones complejas entre factores climáticos, socioeconómicos y de infraestructura. Si bien la región mantiene una capacidad de respuesta relativamente robusta, la necesidad de un enfoque integral en la planificación y gestión de los recursos hídricos es imperativa para mitigar el impacto de la brecha creciente entre oferta y demanda de agua. La modernización de la infraestructura hídrica, la optimización en la distribución del recurso, el fortalecimiento de la gobernanza y la implementación de tecnologías avanzadas resultan esenciales para asegurar un equilibrio dinámico y sostenible.

El acceso al agua potable continúa siendo una problemática crítica en Aysén, particularmente en las zonas rurales de las provincias de Capitán Prat y General Carrera. En dichas áreas, entre un 17 % y un 26 % de las viviendas rurales carecen de conexión a la red pública de agua potable, mientras que un 39 % a 45 % del total de viviendas en la región presentan datos insuficientes sobre su acceso al recurso. De manera análoga, entre un 5 % y un 10 % de la población rural no dispone de infraestructura de saneamiento adecuada, con una incertidumbre aún mayor en aproximadamente un 57 % a 81 % de la población rural. Esta precariedad en los servicios básicos constituye un riesgo tanto para la salud pública como para la calidad ambiental, particularmente en cuencas estratégicas como la del Río Baker (BNA 115) y el Río Aysén (BNA 113), donde la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas por vertidos incontrolados es un problema recurrente.

En las zonas urbanas, en ciudades como Coyhaique y Puerto Aysén, los desafíos relacionados con el abastecimiento de agua potable adquieren una dimensión distinta. La expansión de los usuarios de agua potable urbana (APU) y el incremento del consumo en escenarios de sequía severa representan una amenaza a la estabilidad del suministro. El crecimiento poblacional urbano, con un incremento del 0,2 % anual en la última década, ha generado una mayor presión sobre la red de distribución. No obstante, la principal deficiencia del sistema radica en su ineficiencia estructural, evidenciada en una tasa

promedio de pérdidas del 30,1 % en 2022. Mientras que en localidades como Puerto Ibáñez y Puerto Chacabuco las pérdidas se mantienen por debajo del 20 %, en el resto de la región la situación es considerablemente más preocupante, comprometiendo la eficiencia del sistema hídrico.

La disminución proyectada en la oferta hídrica superficial acentúa los desafíos en la gestión del recurso. Se prevé una reducción de los caudales de los principales ríos de la región hasta el año 2055, lo que podría condicionar la factibilidad de nuevas iniciativas de acumulación de agua. La ausencia de grandes embalses multipropósito en la región limita la capacidad de regulación hídrica estacional y aumenta la vulnerabilidad ante ciclos de sequía prolongada. Adicionalmente, la carencia de estrategias de recarga artificial de acuíferos y la falta de infraestructura de almacenamiento comprometen la resiliencia hídrica del territorio, exacerbando el impacto de eventos climáticos extremos.

El sector agropecuario se enfrenta a importantes retos en términos de eficiencia hídrica. La eficiencia promedio de riego en la región se sitúa en un 61 %, con variaciones entre un 55 % en la cuenca del Río Palena y Costeras Límite Décima Región (BNA 110) y un 67 % en la cuenca de los Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos (BNA 112). Aunque las diferencias en eficiencia de riego entre cuencas no son drásticas, la tendencia de expansión de cultivos forrajeros y praderas mejoradas en la Provincia de General Carrera plantea una proyección de incremento en la demanda hídrica del 126 % para 2055. Esto resalta la necesidad de implementar sistemas de riego tecnificados, fomentar prácticas agrícolas resilientes y promover la investigación en cultivos menos dependientes del agua.

El sector industrial, particularmente en los polos urbanos de Coyhaique y Puerto Aysén, también proyecta un aumento significativo en su demanda hídrica. Se estima que el consumo industrial crecerá en un 224 % entre 2023 y 2055, lo que podría generar conflictos en la asignación del recurso en cuencas como la del Río Aysén (BNA 113). Ante este escenario, la introducción de tecnologías de reutilización de aguas residuales, la optimización de procesos productivos y la exploración de fuentes hídricas alternativas, como la desalinización, emergen como estrategias clave para minimizar el impacto del desarrollo industrial sobre la disponibilidad del agua.

En términos de calidad del recurso hídrico, la convergencia de actividades agrícolas, industriales y asentamientos humanos con infraestructura de saneamiento deficiente representa una amenaza latente. El uso no regulado de agroquímicos en la Provincia de Capitán Prat tiene el potencial de alterar la calidad de los suelos y cuerpos de agua, con repercusiones negativas para la biodiversidad y la seguridad hídrica de las comunidades locales. La descarga incontrolada de aguas servidas en sectores rurales agrava esta problemática, contribuyendo a la eutrofización de lagos y ríos y comprometiendo la

integridad de los ecosistemas acuáticos. La ausencia de normas secundarias de calidad ambiental para aguas superficiales en la región dificulta una gestión efectiva de estos recursos y aumenta el riesgo de degradación progresiva.

Para abordar estas problemáticas, se requiere una serie de intervenciones estratégicas. La implementación de sistemas de reúso de aguas residuales en zonas rurales se perfila como una de las soluciones más prometedoras para optimizar la eficiencia hídrica en la región. La inversión en plantas de tratamiento descentralizadas permitiría el aprovechamiento de aguas tratadas para usos agrícolas y, en algunos casos, para consumo humano, reduciendo la presión sobre fuentes naturales de abastecimiento. Del mismo modo, la expansión de la infraestructura de saneamiento en comunidades rurales contribuiría a mitigar los impactos negativos sobre la calidad del agua y a reducir la contaminación de acuíferos y fuentes superficiales.

El fortalecimiento de la seguridad hídrica frente al cambio climático exige la consolidación de infraestructura multipropósito que facilite la gestión de eventos extremos. La construcción de obras aluvionales en el Río Coyhaique representa una medida clave para reducir la vulnerabilidad ante crecidas e inundaciones, protegiendo tanto a la población como a las infraestructuras críticas. En términos de diversificación de fuentes hídricas, la ampliación de la capacidad de la planta de ósmosis inversa en Islas Huinchas y la exploración de nuevos emplazamientos para plantas desalinizadoras en la región resultan esenciales para reducir la dependencia de los caudales superficiales y garantizar una disponibilidad más estable del recurso en el tiempo.

Finalmente, el fortalecimiento de la gobernanza hídrica se erige como un elemento central en la gestión de los recursos hídricos en Aysén. La creación de Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) permitiría una administración más eficiente y equitativa del recurso, asegurando una distribución más racional y mitigando potenciales conflictos entre sectores. La formulación e implementación de normas secundarias de calidad del agua se presenta como una necesidad impostergable para mejorar la regulación y protección de los cuerpos de agua en la región. Asimismo, la integración de una planificación territorial basada en principios de gestión integrada de cuencas contribuiría a asegurar una asignación equitativa y sostenible del recurso en función de las necesidades económicas, sociales y ambientales de la región.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La seguridad hídrica en la región de Aysén enfrenta un escenario de vulnerabilidad creciente derivado de restricciones estructurales, institucionales y económicas que limitan su capacidad de respuesta ante eventos hidrometeorológicos extremos, crisis económicas y presiones demográficas. Aunque la oferta y la demanda de agua mantienen un equilibrio

relativo, la insuficiencia en infraestructura hídrica, la ineficacia en la gestión del recurso y las proyecciones de cambio climático que indican una reducción en la disponibilidad hídrica en diversas cuencas, particularmente en las del Río Palena (BNA 110) y el Río Pascua (BNA 118), configuran un panorama de riesgo latente.

Uno de los principales desafíos es la sostenibilidad del abastecimiento de agua potable en la región. En las zonas rurales de la provincia de Capitán Prat, entre un 17% y un 26% de las viviendas carecen de acceso a la red de agua potable, mientras que en los centros urbanos de Coyhaique y Puerto Aysén, el crecimiento poblacional ha inducido un incremento sostenido en la demanda. Dicho crecimiento, sumado a escenarios de sequía, genera una presión significativa sobre las redes de distribución existentes, exacerbando el riesgo de insuficiencia en periodos de escasez hídrica prolongada. Para contrarrestar esta problemática, es imperativo fortalecer iniciativas como la "Conservación Sequía Región de Aysén", enfocada en la mitigación del déficit hídrico mediante estrategias de optimización del uso del agua y conservación de fuentes hídricas.

La eficiencia en el uso del agua y la minimización de pérdidas en el suministro representan otro eje crítico de atención. Actualmente, se estima que el 30,1% del agua distribuida en la región se pierde debido a fallas en la infraestructura y fugas en la red, con localidades como Puerto Ibáñez y Puerto Chacabuco registrando tasas de pérdida inferiores al 20%. Estas ineficiencias imponen una carga innecesaria sobre la demanda, reduciendo la disponibilidad efectiva del recurso hídrico. La "Conservación de Obras Fiscales de Riego" surge como una estrategia clave en este contexto, enfocándose en la modernización y optimización de la infraestructura de distribución en cuencas como las del Río Baker (BNA 115) y el Río Aysén (BNA 113), donde se han identificado deficiencias estructurales que comprometen la eficiencia del sistema.

Paralelamente, la exposición de la región a eventos climáticos extremos, particularmente crecidas fluviales y aluviones, plantea una amenaza persistente para la infraestructura hídrica y la seguridad de la población. Sin estrategias adecuadas de mitigación y adaptación, estos eventos podrían comprometer la operatividad de los sistemas de agua potable y saneamiento, además de generar daños en infraestructuras críticas. En este sentido, la "Construcción de Obras Aluvionales en Río Coyhaique y Río Aysén" se erige como una medida prioritaria para fortalecer la resiliencia ante estos fenómenos, garantizando la protección de las infraestructuras clave y reduciendo el impacto de inundaciones en áreas urbanas y periurbanas.

El cambio climático también incide significativamente en los sectores agropecuario e industrial, los cuales exhiben un crecimiento proyectado de demanda hídrica del 126% y 224% respectivamente para el año 2055. Este fenómeno se observa con particular

intensidad en la expansión de la agricultura en la cuenca del Río Palena (BNA 110) y en el desarrollo de la industria acuícola en la provincia de Aysén, donde la sobreexplotación de fuentes hídricas podría comprometer la sustentabilidad ecológica y productiva. La adopción de tecnologías de eficiencia hídrica y la implementación de sistemas de riego tecnificado emergen como soluciones imperativas para optimizar el uso del recurso sin comprometer su disponibilidad futura.

Las consecuencias de este escenario pueden ser severas si no se adoptan medidas oportunas y eficaces. La carencia de inversiones en infraestructura hídrica podría exacerbar la vulnerabilidad de la seguridad hídrica, impactando tanto a comunidades rurales como urbanas, y generando restricciones en el acceso a agua potable, particularmente en aquellas zonas con redes de distribución obsoletas o insuficientemente expandidas. Asimismo, la presión creciente sobre los recursos hídricos podría restringir el desarrollo económico de la región, afectando a sectores productivos estratégicos como la manufactura, el turismo y la acuicultura, todos ellos altamente dependientes de un suministro hídrico confiable.

Otra consecuencia potencial es la degradación ambiental y la afectación de ecosistemas acuáticos. La expansión de la frontera agrícola, junto con el uso ineficiente de agroquímicos, representa una amenaza latente para la calidad del agua, incrementando la carga de contaminantes en los cuerpos hídricos y alterando la biodiversidad acuática. De igual manera, la presión sobre humedales y bosques ribereños podría reducir la capacidad natural de regulación hídrica, intensificando los impactos de sequías e inundaciones en el territorio.

Para mitigar estas problemáticas, se requiere un enfoque multidimensional que combine modernización de infraestructura, fortalecimiento institucional y estrategias de adaptación al cambio climático. La incorporación de tecnologías avanzadas de monitoreo y detección de fugas es una acción prioritaria para reducir las pérdidas en la red de distribución y maximizar la eficiencia del sistema. Simultáneamente, la ampliación de la cobertura de acceso a agua potable en comunidades rurales permitirá reducir las brechas de desigualdad en el suministro de este recurso esencial.

El fortalecimiento de la gobernanza hídrica es fundamental para articular respuestas eficientes y coordinadas. La creación de un organismo regional con facultades autónomas en la gestión del agua permitiría mejorar la planificación y supervisión del recurso, así como la implementación de regulaciones que aseguren su uso sostenible. Finalmente, el establecimiento de sistemas de alerta temprana y la restauración de ecosistemas acuáticos contribuirán a mejorar la capacidad de adaptación de la región frente a los efectos del cambio climático, asegurando la sostenibilidad hídrica a largo plazo.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

La Región de Aysén enfrenta importantes desafíos en la gestión de sus recursos hídricos debido a la creciente demanda, la variabilidad climática y la necesidad de garantizar el acceso equitativo al agua. En este contexto, se proyecta un escenario de desarrollo que se sustenta en una estrategia integral basada en la sostenibilidad, la resiliencia y la innovación tecnológica. El propósito es asegurar la seguridad hídrica para las generaciones futuras, promoviendo un uso eficiente del recurso y minimizando los impactos ambientales.

Uno de los principales aspectos a considerar en la planificación hídrica de la región es la infraestructura de abastecimiento de agua potable y saneamiento. Actualmente, un porcentaje significativo de las viviendas rurales en la Provincia de General Carrera, particularmente en localidades como Chile Chico y Puerto Ibáñez, no tiene acceso a la red de agua potable, con valores que oscilan entre un 17% y un 26%. A esto se suma que entre un 5% y un 10% de la población rural en las provincias de Capitán Prat y Aysén declara no contar con acceso a la red de alcantarillado. A nivel urbano, ciudades como Coyhaique y Puerto Aysén presentan coberturas cercanas al 90%, aunque con desafíos asociados a pérdidas por distribución.

La modernización y ampliación de la red de abastecimiento y saneamiento es un pilar fundamental en este escenario de desarrollo, buscando garantizar que todas las comunidades cuenten con acceso seguro al agua potable y a servicios sanitarios adecuados. En la cuenca del Río Aysén (código BNA 113), donde se ubican Coyhaique y Puerto Aysén, se han identificado mejoras necesarias en la infraestructura de conducción y tratamiento de aguas servidas, con énfasis en la reducción de infiltraciones en los sistemas de alcantarillado.

Además de las mejoras en infraestructura básica, la gestión eficiente del recurso hídrico se posiciona como una prioridad. En el sector agrícola, la eficiencia en la aplicación de riego en la cuenca del Río Baker (código BNA 115) es del 55%, una de las más bajas de la región. En contraste, en la cuenca de los Archipiélagos de Las Guaitecas y de los Chonos (código BNA 112), la eficiencia de riego alcanza el 67%. Este nivel de eficiencia puede ser optimizado mediante la implementación de tecnologías avanzadas de riego, como la automatización de sistemas y la reutilización de aguas residuales tratadas en la producción agropecuaria.

La región presenta una tendencia al aumento de la demanda hídrica agrícola, con un crecimiento proyectado del 126% para el año 2055. Esto resalta la necesidad de fomentar el desarrollo de cultivos más resistentes a la sequía y menos dependientes del riego, garantizando así una producción sostenible en el tiempo. En particular, en la Provincia de General Carrera, el aumento de las plantaciones forrajeras y la diversificación hacia cultivos

de menor consumo hídrico representan alternativas viables para la adaptación al cambio climático.

La gobernanza del agua también juega un papel fundamental en la consolidación de este escenario de desarrollo. En la región de Aysén, solo se han identificado Comunidades de Aguas (CA), sin la existencia de Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs) formalmente constituidas. La creación y fortalecimiento de OUAs permitiría mejorar la planificación y administración del recurso hídrico, fomentando la participación de los actores locales en la toma de decisiones. Esto contribuiría a una gestión más equitativa y sostenible, asegurando la disponibilidad de agua para todos los sectores productivos y comunidades.

Otro aspecto clave es la conservación y protección de los ecosistemas hídricos. La Región de Aysén cuenta con una vasta riqueza natural, incluyendo humedales, ríos y lagos que desempeñan un papel esencial en la regulación del ciclo hidrológico. Sin embargo, el 22% de los humedales cercanos a ríos y lagos han sido alterados por actividades productivas, lo que pone en riesgo la capacidad de estos ecosistemas para mantener la calidad del agua y proporcionar servicios ambientales. En la cuenca del Río Palena (código BNA 110), la actividad ganadera extensiva ha sido identificada como un factor de presión sobre la calidad de las aguas superficiales.

La implementación de medidas de conservación, como la restauración de áreas degradadas, la protección de zonas de recarga acuífera en la cuenca del Río Baker y la regulación de actividades que generan impacto negativo sobre los cuerpos de agua en la Provincia de Aysén, es crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

La contaminación del agua representa otra preocupación importante en la región. La descarga de aguas servidas en áreas rurales, el uso indiscriminado de agroquímicos en la cuenca del Río Cisnes (código BNA 111) y la posible afectación por actividades industriales, como la minería y la acuicultura en la cuenca del Río Aysén, pueden comprometer la calidad del agua. La falta de monitoreo constante y de regulaciones estrictas ha dificultado la detección temprana de estos problemas.

En cuanto a la oferta hídrica, la proyección hasta el año 2055 indica una tendencia a la baja en los volúmenes disponibles, lo que podría afectar el desarrollo de nuevas iniciativas de acumulación y aprovechamiento del recurso. Actualmente, no existen grandes embalses en la región, y las obras multipropósito han sido limitadas a la cosecha de aguas lluvias en Coyhaique y a una planta de desalinización en Islas Huinchas, con una capacidad de producción de 2,7 l/s.

La creciente urbanización en la región también representa un desafío en términos de gestión del agua potable. Las proyecciones indican un aumento en el consumo de agua potable en un escenario de sequía crítica, lo que resalta la necesidad de mejorar la eficiencia en la distribución y reducir las pérdidas. Actualmente, se estima que las pérdidas por distribución alcanzan un 30,1% a nivel regional, con variaciones entre localidades. En Puerto Ibáñez y Puerto Chacabuco, las pérdidas son inferiores al 20%, mientras que en Coyhaique y Puerto Aysén superan el 30%.

Para evitar los riesgos asociados a la sobreexplotación del recurso y la contaminación del agua, se proponen diversas estrategias. La inversión en conservación de sequías y obras fiscales de riego en la cuenca del Río Baker es crucial para garantizar la estabilidad del abastecimiento hídrico en la región. También es fundamental fomentar la adopción de tecnologías de eficiencia hídrica en la industria manufacturera en Puerto Aysén, un sector que proyecta un incremento del 224% en su demanda de agua para el año 2055.

El desarrollo de la Región de Aysén en un contexto de sostenibilidad y resiliencia hídrica requiere un esfuerzo conjunto de todos los actores involucrados, desde el sector público hasta las comunidades locales. Con una planificación adecuada y la implementación de estrategias innovadoras, la región puede consolidarse como un referente en la gestión eficiente del agua, asegurando su disponibilidad para las futuras generaciones y preservando su valioso entorno natural.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de Aysén se caracteriza por ríos con gran caudal, donde destacan el Río Aysén, Río Baker y Río Pascua, que dan nombre a algunas de las cuencas más importantes de la región. La demanda hídrica de la región se concentra en las cuencas Río Aysén (BNA 113) y Río Baker (BNA 115). Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1. El sector agrícola presenta la mayor demanda, seguido del sector industrial. Se proyecta un aumento del 144% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola⁷, a la baja eficiencia en el riego estimada en un 61% promedio regional, y al incremento de la demanda del sector industrial⁸. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111), Río Aysén (BNA 113) y Río Baker (BNA 115).

De manera simultánea, se espera una reducción de los caudales en todas las cuencas regionales, con descensos que oscilan entre 3% y 14%, con excepción de la cuenca Río Pascua (BNA 117), que presenta un aumento de 12%. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que todas las cuencas se encuentran con recursos. Esta condición se debe a que la demanda no supera la oferta disponible con un 85% de probabilidad de excedencia, en conjunto, ninguna cuenca cuenta con restricciones en sus fuentes. Para conservar esta capacidad de las cuencas para proveer recursos, es esencial adoptar medidas de manejo sostenible para evitar su sobreexplotación. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región⁹, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta considerables presiones. En las áreas rurales, entre el 17% y 26% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras

⁷ Asociado a un aumento del 126% de la demanda hídrica de superficies de viñas, parronales, praderas mejoradas y forrajeras permanentes, debido principalmente a la expansión de superficie de estos cultivos y al incremento de las tasas de evapotranspiración de los cultivos, en base a Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021).

⁸ Asociado al incremento de la demanda hídrica de la industria manufacturera.

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

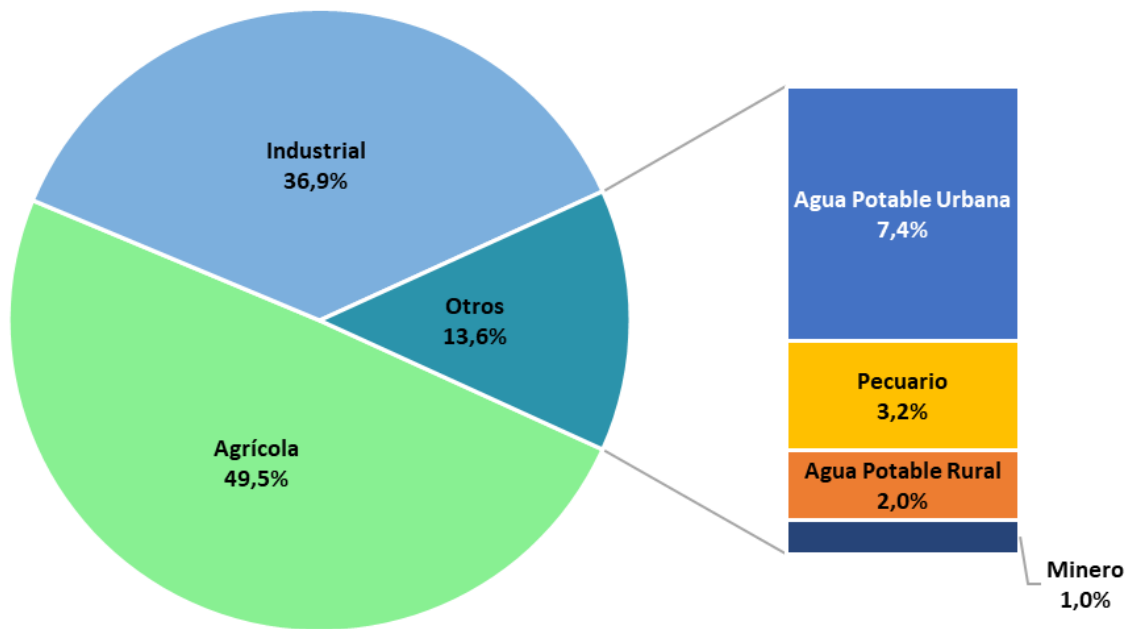
que se observan que se observan brechas de información que afectan hasta el 45% de las viviendas rurales, situación que limita el desarrollo de estrategias integrales. Por otra parte, hasta un el 10% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado, con brechas de información que alcanzan un 81%. En las zonas urbanas la situación es menos compleja, la cobertura alcanza un 92,1% y las pérdidas de los sistemas de distribución promedian¹⁰ un 34%. 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 compleja. Las eficiencias de riego varían entre un 55% y 67%, por lo que se deben proyectar mejoras en este ámbito. Se observan grandes presiones en la cuenca Río Baker (BNA 115), ya que concentra aproximadamente el 99% de la red de canales de la región, presenta deficiencias en sus sistemas de distribución, y se proyectan aumentos en la demanda hídrica para la cuenca, lo que dificulta la productividad y sostenibilidad agrícola e industrial de la región. Se observan limitaciones en torno a las OUAs¹¹, solo se registran CA. La región enfrenta limitaciones significativas en la diversificación de la matriz hídrica. Se observa una disminución de la oferta hídrica superficial mayor a 10% en las cuencas R. Palena – Costeras Límite Décima Región (BNA 110), Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111), Río Aysén (113) y Río Pascua (BNA 117), esta situación evidencia la importancia de diversificar las fuentes de abastecimiento hídrico. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos para uso de fuentes no convencionales de menor escala en las cuencas Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111) y Río Aysén (113).

La calidad del agua representa un problema grave para todas las cuencas de la región, debido a las brechas de información acerca de los niveles de contaminación por agroquímicos. Si bien la actividad agrícola en la región es menos intensiva que en otras regiones, el uso de agroquímicos puede afectar ecosistemas sensibles fundamentales para la biodiversidad y el turismo local. De igual forma, se observa un gran deterioro de la calidad de agua en todas las cuencas de la región, atribuido a descargas de aguas servidas, donde muchas localidades carecen de servicios adecuados de saneamiento, con una cobertura de alcantarillado menor al 70%. Además, se observan riesgos de contaminación por la actividad minera y acuicultura, que incrementan la exposición a contaminantes y la presión de los recursos hídricos en todas las cuencas. Por otra parte, se observan un cambio significativo en el uso de suelo lo que pone en riesgos los ecosistemas cercanos, especialmente los acuáticos, debido a las presiones de la industria ganadera. Se observa un bajo nivel de monitoreo en todas las cuencas de la región, en particular las cuencas Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos (BNA 112), Costeras e Islas entre R. Aysén, R. Baker y Canal Gral. Martínez (BNA 114), Costeras e Islas entre R. Baker – R. Pascua (BNA 116) y Costeras entre R. Pascua – Límite Región. Archipiélago (BNA 118), exhiben una alta criticidad en este ámbito. Las presiones de las actividades productivas y el

¹⁰ Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.

¹¹ OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua, JV: Juntas de Vigilancia, CA: Comunidades de Aguas, AC: Asociaciones de Canalistas.

cambio climático están reduciendo la capacidad natural de los ecosistemas para proveer servicios ecosistémicos en la mayoría de las cuencas, debido a la falta de identificación de zonas de protección de fuentes de agua y caudales ecológicos. La mayoría de las cuencas presentan baja protección ecosistémica. La cuenca Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111) cuenta con más del 25% de superficie de sus humedales protegidos, y la cuenca R. Palena – Costeras Límite Décima Región (BNA 110) exhibe una protección de superficie de humedales que oscila entre el 5% y 25%. El resto de las cuencas presenta una alta criticidad, con coberturas de protección de humedales menores al 5%, evidenciando la necesidad urgente de implementar medidas de conservación más efectivas. Todas las cuencas, con excepción de R. Palena – Costeras Límite Décima Región (BNA 110), presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones, con sistemas de defensa fluvial que resultan insuficientes. Además, cuentan con baja efectividad de los sistemas de drenaje de aguas lluvias, sólo tres comunas de la región cuentan con planes maestros, lo que agrava los impactos ante eventos de crecidas. La cuenca Río Aysén (BNA 113) exhibe una alta vulnerabilidad a eventos de deslizamiento de tierra debido a la inexistente infraestructura de defensa aluvional.



Fuente: Elaboración propia.

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

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

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹²	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹³
			Superficiales	Subterráneas	
110	R. Palena – Costeras Límite Décima Región	Con recursos	No	No	Con recursos
111	Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén	Con recursos	No	No	Con recursos
112	Archipiélagos de las Guaitecas y de Los Chonos	Con recursos	No	No	Con recursos
113	Río Aysén	Con recursos	No	No	Con recursos
114	Costeras e Islas entre R. Aysén, R. Baker y Canal Gral. Martínez	Con recursos	No	No	Con recursos
115	Río Baker	Con recursos	No	No	Con recursos
116	Costeras e Islas entre R. Baker – R. Pascua	Con recursos	No	No	Con recursos
117	Río Pascua	Con recursos	No	No	Con recursos
118	Costeras entre R. Pascua – Límite Región. Archipiélago	Con recursos	No	No	Con recursos

Fuente: Elaboración propia.

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

En la región de Aysén no se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH). En el ámbito productivo se han formulado Planes de Riego orientados a promover un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos destinados al riego en todas las cuencas de la región. A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de actualizar y extender el desarrollo de instrumentos de gestión, como Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC) y Planes de Riego, a aquellas cuencas que carecen de herramientas similares. Para un análisis más detallado, se recomienda consultar el Capítulo 3 del Informe Nacional.

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

¹² El Balance Hídrico corresponde al contraste realizado entre la oferta superficial y la demanda, donde Déficit Hídrico Estructural corresponde a cuencas donde la demanda extractiva supera el caudal que se excede el 50% del tiempo; Estrés hídrico: la demanda extractiva es mayor que el caudal que se excede el 85% del tiempo; y Con recursos: la demanda no supera el caudal que se excede el 85% del tiempo.

¹³ El Balance Hídrico Unificado combina el Balance Hídrico con las restricciones de uso de agua superficiales y subterráneas, si la cuenca posee restricciones su nivel de criticidad aumenta.

8.3 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 Aysén, actores como el Gobierno Regional, SEREMI MINAGRI, CNR, INDAP, SISS, CONAF, OUAs, SBAP¹⁴, servicios sanitarios, empresas agrícolas y acuícolas desempeñan roles clave. Aunque el MOP destaca por su capacidad técnica, enfrenta desafíos como la fragmentación organizativa y falta de continuidad en políticas. Es esencial fortalecer la articulación local, fomentar la confianza y asegurar una gobernanza colaborativa y resiliente, adaptada a realidades territoriales.

8.4 FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA

La visión estratégica del Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 prioriza la resiliencia hídrica como un componente central de la gobernanza nacional frente a la crisis hídrica. Este enfoque reconoce el agua como un recurso estratégico para la población, la economía y la biodiversidad, promoviendo su gestión integrada y sostenible en respuesta a los desafíos climáticos y socioeconómicos. Se busca garantizar el derecho humano al agua y al saneamiento, fomentando un desarrollo equitativo y resiliente. En la región de Aysén, la estrategia se centra en desarrollar un plan integral de gestión de recursos hídricos, que asegure el acceso al agua para consumo humano y saneamiento, que garantice la protección y restauración de los ecosistemas, y que fomente prácticas productivas sostenibles y resilientes. Este plan busca promover el desarrollo sostenible y equitativo de la región, a través de tecnologías innovadoras e investigación para la gestión eficiente de los recursos hídricos.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la región experimenta una intensificación de su vulnerabilidad hídrica. La reducción de la recarga de acuíferos y los retrocesos en los glaciares han afectado gravemente el sistema de abastecimiento, con reducciones en el caudal medio de las cuencas. Esta situación afecta drásticamente la disponibilidad de agua, lo que ha comprometido el suministro para consumo humano y la producción agropecuaria e industrial. Los sistemas de abastecimiento de agua potable se encuentran en un estado crítico, lo que ha derivado en viviendas rurales sin conexión a la red de agua potable ni acceso a sistemas de alcantarillado. El incremento de la

¹⁴ SEREMI MINAGRI: Secretaría Regional Ministerial del Ministerio de Agricultura; CNR: Comisión Nacional de Riegos; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios; CONAF: Corporación Nacional Forestal; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Aguas; Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

demanda de agua potable urbana provoca una mayor presión sobre los recursos. La falta de servicios de tratamientos de aguas residuales y servidas ha derivado en la intensificando los riesgos para la salud pública y la inestabilidad de los ecosistemas hídricos. La ausencia de infraestructura multipropósito no convencional ha impedido la implementación de medidas de mitigación y adaptación. El incremento exponencial de la demanda hídrica regional (+144% al 2055), vinculado principalmente al sector agrícola e industrial, amplifica los riesgos de escasez hídrica regional. La competencia intersectorial por el recurso hídrico agrava conflictos socioeconómicos, que derivan en restricciones en el acceso al agua, aumento en los costos de producción, pérdida de empleos y reducción en la competitividad regional. La fragmentación institucional ha obstaculizado la implementación de medidas estructurales para el manejo sostenible de los recursos. En un escenario de *Desafío Gestionable*, los desafíos de seguridad hídrica se incrementan como resultado de la deficiente infraestructura hídrica, factores socioeconómicos y los efectos del cambio climático. En este escenario la región desarrolla una respuesta institucional relativamente robusta. Sin embargo, se requiere de un enfoque integral en la planificación y gestión de los recursos hídricos para mitigar el impacto de las brechas crecientes y asegurar un equilibrio dinámico y sostenible para la región. En un escenario de *Capacidad Limitada*, los desafíos de seguridad hídrica mantienen un equilibrio relativo, no obstante, las restricciones estructurales, institucionales y económicas limitan la capacidad de respuesta de la región posicionándola en un escenario de vulnerabilidad creciente. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, se logra estabilidad mediante una estrategia integral basada en la sostenibilidad, resiliencia e innovación tecnológica, con énfasis en la modernización y ampliación de la red de abastecimiento y saneamiento, y la implementación de medidas de conservación. Por medio de programas de inversión sostenidos en el tiempo, la región logra asegura la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico para las generaciones futuras y garantizar la conservación de los servicios ecosistémicos a largo plazo.

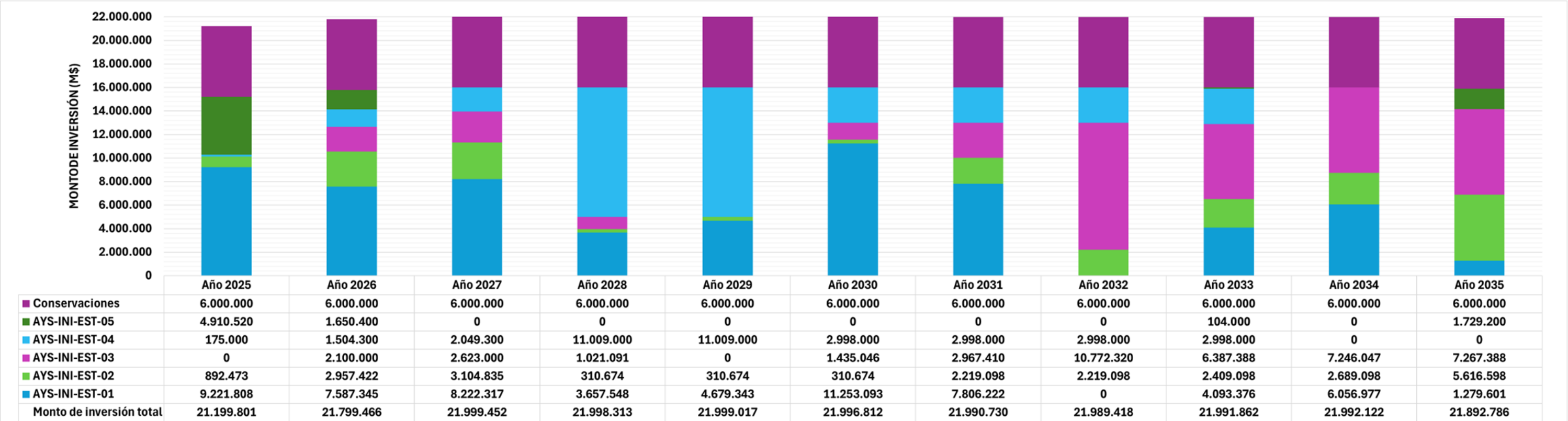
8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

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, con énfasis en asentamientos aislados
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego, con énfasis en fortalecimiento agrícola
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas con énfasis en medio ambiente y sostenibilidad
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 8.7-1 Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas

Entre las IE más relevantes de la región, destaca la “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Agua Potable”, orientada a garantizar el derecho al agua. Asimismo, la iniciativa “Sistema Integral de Infraestructura Resiliente en Cauces y Quebradas para la Seguridad Territorial y Protección de la Población, con Énfasis en Cambios del Patrón Hidrológico” tiene por objetivo minimizar los riesgos asociados eventos hidrometeorológicos extremos. Por último, la iniciativa “Fuentes de Abastecimiento Sustentables para Consumo Humano y Riego” busca asegurar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.

Estas iniciativas estratégicas se traducen a inversiones como:

- M\$ 24.318.300 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 750 personas, lo que permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable. La inversión se encuentra distribuida entre las cuencas Río Aysén (BNA 113) y Río Baker (BNA 115), con 91% y 9% de la inversión asignada, respectivamente.
- M\$ 17.726.600 de inversión en Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas, equivalente a 4 km de Protección de Riberas y 3 estudios de Diagnóstico de Comportamiento Aluvial, asignados a las cuencas Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111), Río Aysén (BNA 113) y Río Baker (BNA 115), con un 26%, 48% y 26% de la inversión asignada, respectivamente.
- M\$ 22.265.000 de inversión para Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición y Restauración de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas, equivalente a 7 km de Protección de Riberas frente a Riesgos Fluviales y 5 estudios de Diagnóstico de Comportamiento Fluvial. La inversión se encuentra asignada a las cuencas Costeras e Islas entre R. Palena – R. Aysén (BNA 111), Río Aysén (BNA 113) y Río Baker (BNA 115), con un 13%, 68% y 13% de la inversión asignada, respectivamente. Un 6% de la inversión tiene un enfoque regional.
- M\$ 10.994.000 de inversión para Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, equivalente a la construcción de 3 km de Colectores de Aguas Lluvias y la construcción de 1 km Canales de Aguas Lluvias. La inversión está mayoritariamente asignada a la cuenca Río Aysén (BNA 113), seguida en prioridad por inversiones con enfoque regional.
- M\$ 4.900.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 8 estudios de recursos hídricos y 7 estudios de riego. Un 77% de la inversión se distribuye equitativamente para todas las cuencas, mientras que un 23% se encuentra destinado al desarrollo de estudios con enfoque regional.
- M\$ 31.065.900 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 2.960 ha a nivel regional;

y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 27.700 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.

- M\$ 5.222.500 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a 48 ha de riego en la región.
- M\$ 460.000 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\$ 2.669.400 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 20 hectáreas.

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 Patagonia. (2022). *Aguas Patagonia*. Obtenido de Plan de Sustentabilidad: <https://www.aguaspagonia.cl/sostenibilidad#plan-de-sostenibilidad>
- 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 Aysén*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region11/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Aysén*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region11/hidrografia.htm>
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Concesiones sanitarias: cómo se insertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N°48). Retrieved from <https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2023/04/aj-47-concesiones-sanitarias-como-se-insertan-en-el-actual-modelo-de-gestion-colectiva-de-las-aguas-natalia-dasencich.pdf>
- CEN. (Enero de 2023). *Comision Nacional de Energia*. Obtenido de <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/#Estadisticas>
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNR. (2017). *Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la región de Aysén*.
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- CONAF. (2009). *Catastro de usos de suelo y Vegetación*.
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/>

- DGA. (2004). *DIAGNOSTICO Y CLASIFICACION DE LOS CURSOS Y CUERPOS DE AGUA SEGUN OBJETIVOS DE CALIDAD EN LA CUENCA DEL RÍO AYSÉN*. Santiago.
- DGA. (2017). *ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE*.
- DGA. (2017). *ESTUDIO BÁSICO DIAGNÓSTICO PARA DESARROLLAR PLAN DE RIEGO EN LA REGION DE AYSÉN*. Santiago.
- DGA. (2021). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Planilla resumen, Decretos de Reserva de caudales a febrero 2022*. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/obras_estatales_y_reservas/Paginas/default.aspx
- DGA. (Noviembre de 2023). *Catastro publico de aguas*. Obtenido de Derechos Concedidos XV : https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Decretos declaración zona de escasez vigentes*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2023). *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>
- 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*.
- 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>
- 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*.
- Feuker, P., & Paéz, D. (s.f.). *Reconocimiento Hidrogeológico en Ciudades y Centros Poblados de la Región de Aysén, Chile*. Obtenido de https://catalogobiblioteca.sernageomin.cl/Archivos/14127_pp_795_797.pdf
- Fuss, S., Canadell, J., Peters, G., Tavoni, M., Andrew, R., Ciais, P., & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nature climate change*, 850-853.
- GORE Aysén. (2010). *Plan Estratégico de Desarrollo*.
- INDH. (2020). *Mapa de Conflictos socioambientales*. Obtenido de <https://mapaconflictos.indh.cl/#/conflicto/20651>
- 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>
- INIA. (2022). *Prácticas de conservación de suelos para Aysén: Cosecha de aguas lluvias*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68496/NR42827.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ladera Sur. (20 de Noviembre de 2017). Patagonia Libre de represas: El fin de Hidroaysén. Chile.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Mardones, P. (2019). *IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ALTURA DE LA ISOTERMA 0°C SOBRE CHILE CENTRAL*. Santiago .
- Ministerio de Energía. (2018). *Política Energética para la Región de Aysén al 2050*.
- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Aysén*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=14
- MOP. (2019). *Ánalysis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020 - 2050*.
- MOP. (2023). *Inventario de planes 2023*.
- MOP. (2023). *Planeamiento MOP - GOB*. Obtenido de <https://planeamiento.mop.gob.cl/inversion-historica-mop/>
- ODEPA. (2022). *Catastros Frutícolas*. Santiago, Chile.
- PNUD . (2023). *Medición de la Pobreza Multidimensional en Chile* . En MIDESO, *Encuesta Casen 2022*. Obtenido de

- <https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Informe%20IPM%20-%20PNUD%20-%20CASEN%202022.pdf>
- Radio Santa María. (2023). SMA levanta cargos contra minera El Toqui por incumplimientos medioambientales.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrd.senapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNAGEOMIN. (2022a). *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales*.
- SICVIR. (2020). *Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- Siddiqi, A., Ereiqat, F., & Diaz Anadon, L. (2016). Formulating Expectations for Future Water Availability through Infrastructure Development Decisions in Arid Regions. *Systems Engineering*. doi:10.1002/sys.21337
- SiSS. (2019). *PTAS en operación*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6409.html>
- SiSS. (Santiago de 2023). *Información SIFAC II*. Santiago: <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7247.html>. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-article-7247.html>
- SiSS. (2023). *Informe de coberturas sanitarias 2022*. Santiago. Obtenido de https://www.siss.gob.cl/586/articles-22927_recurso_1.pdf
- SiSS. (2023). *Informe de gestión del sector sanitario 2022*. Santiago. Retrieved from https://www.siss.gob.cl/586/articles-22969_recurso_1.pdf
- SiSS. (2023). *Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- Subdere. (2023). *División Política Administrativa 2023*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/36391/Divisi%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20Administrativa%202023>
- 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.
- WES - Water & Energy Solutions. (s.f.). *Planta Ósmosis Inversa Región Aysén*. Obtenido de <http://weschile.com/project/planta-osmosis-inversa-region-aysen/>