

**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 ARICA Y PARINACOTA

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	14
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	14
2.1.1	Dimensión física	14
2.1.2	Clima	18
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	19
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	20
2.2.1	Agua potable urbana	20
2.2.2	Agua potable rural	22
2.2.3	Agrícola	24
2.2.4	Generación eléctrica	27
2.2.5	Minero	27
2.2.6	Industrial	29
2.2.7	Forestal	30
2.2.8	Pecuario	31
2.2.9	Acuícola	31
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	32
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	32
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	35
2.3.1	Oferta hídrica	35
2.3.2	Eventos extremos	45
2.3.3	Calidad de aguas	47
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	49

3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	49
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	49
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	60
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	64
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	64
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	70
4.2.1	Brechas de Información	70
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	72
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	75
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	78
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	81
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	83
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	85
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	85
4.3.2	Identificación de brechas de Infraestructura	95
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	98
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	98
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	100
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	101
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOOGÍAS DE PROYECTOS	107
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	111
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	112
5.6.1	Beneficios de Inversiones	112
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	116
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	120
6.1	EVALUACIÓN MUTICRITERIO	120
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	124
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	129
7.1	SELECCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN	129
7.1.1	Contexto regional y áreas de intervención prioritarias	130

7.1.2	Factores críticos regionales	131
7.2	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	132
7.2.1	Análisis de estancamiento crítico	133
7.2.2	Análisis de desafío gestionable	135
7.2.3	Análisis de capacidad limitada	138
7.2.4	Análisis de avance sostenible y resiliente	140
CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	143
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	143
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	145
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	146
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	146
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	146
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	147
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	147
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	3
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	4

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de Arica y Parinacota	16
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Arica y Parinacota.....	17
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	19
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	21
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	22
Figura 2.2-3	Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 con proyección hasta el año 2055	26
Figura 2.2-4	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	33
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	34
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	35
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de Arica y Parinacota según clasificación BNA	36
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Arica y Parinacota, por tipología	38
Figura 2.3-3	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Arica y Parinacota, por tipología	42
Figura 2.3-4	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Arica y Parinacota	43
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de Arica y Parinacota 2017.....	52
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	53
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Arica y Parinacota	54
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural para el año 2022	55

Figura 3.1-5	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Arica y Parinacota	57
Figura 3.1-6	Red hidrométrica de la región de Arica y Parinacota	59
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 013.....	66
Figura 4.1-2	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Arica y Parinacota	67
Figura 4.1-3	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Arica y Parinacota.....	69
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Arica y Parinacota	84
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 Arica y Parinacota.....	92
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	99
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	100
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	102
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	103
Figura 6.1-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	125
Figura 6.1-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto (en porcentaje del número total de inversiones) para la región de Arica y Parinacota	126
Figura 6.1-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Arica y Parinacota	127
Figura 6.1-4	Composición de la cartera de inversión por tipo de fuente de inversión (en base al porcentaje del monto total anual) para la región de Arica y Parinacota.....	128
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	144
Figura 8.1-2	Cartera de Inversión distribuida por tipo de Iniciativas Estratégicas	1

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Arica y Parinacota.....	20
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región Arica y Parinacota.....	22
Tabla 2.2-3	Proyección de la población rural en áreas con APR – Cuencas BNA región de Arica y Parinacota.....	23
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas rurales sin APR actual y futura– Cuencas BNA región Arica y Parinacota	23
Tabla 2.2-5	Proyección de la población rural sin APR – Cuencas BNA región Arica y Parinacota	24
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura– Cuencas BNA Región Arica y Parinacota.....	25
Tabla 2.2-7	Estimación demanda hídrica Generación Eléctrica actual y futura– Cuencas BNA Región Arica y Parinacota	27
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica Minera actual y futura – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota.....	28
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota.....	29
Tabla 2.2-10	Estimación demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota	30
Tabla 2.2-11	Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota.....	31
Tabla 2.2-12	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota	32
Tabla 2.2-13	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región de Arica y Parinacota	33
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	39
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciar en periodo histórico 1985-2015.....	40
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región	44
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región	45
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años.....	45

Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de Arica y Parinacota, periodo 1912-2017	46
Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Arica y Parinacota, periodo 2017-2023	47
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	50
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Arica.....	51
Tabla 3.1-3	Estaciones de monitoreo de la región de Arica y Parinacota	58
Tabla 3.1-4	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	60
Tabla 3.1-5	Iniciativas según tipologías y características básicas	61
Tabla 3.1-6	Iniciativas con estado de ejecución	62
Tabla 3.1-7	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Arica y Parinacota	62
Tabla 3.1-8	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	63
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de Arica y Parinacota.....	68
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Arica y Parinacota	73
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Arica y Parinacota	76
Tabla 4.2-3	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Arica y Parinacota	79
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Arica y Parinacota	82
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Arica y Parinacota	89
Tabla 4.3-2	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Arica y Parinacota	97
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	100
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	101
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-01	104
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-02	104
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-03 y AYP-INI-EST-06	105
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-04	106
Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-05	106
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	107

Tabla 5.2-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	111
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	113
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	117
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	122
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Arica y Parinacota	145

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una breve introducción al estudio y el marco estratégico desarrollado para la región de Arica y Parinacota 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.

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

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

Finalmente, se entrega una nueva prospectiva de los programas y/o proyectos estratégicos de infraestructura hídrica identificados con nuevos horizontes de realización (con alcance temporal al 2055 y con escenarios de corte de 10, 20 y 30 años), en base a diversos criterios y/o escenarios, con sus requerimientos de inversión y programación estimados dentro del período 2025-2055, para ser presentados como propuestas dentro del proceso de elaboración del Plan Director de Infraestructura 2025-2055.

1.2 MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL

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

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

1.2.1 Visión objetivo

La visión estratégica regional para este estudio se desarrolla a partir de las visiones estratégicas de largo plazo construidas para el 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.

La región bifronteriza de Arica y Parinacota destaca por su turismo, agricultura, comercio y patrimonio, cuenta con altos estándares y amplia cobertura de servicios de infraestructura y gestión de sus recursos naturales, guiados por la equidad territorial, el cuidado del patrimonio y la calidad de vida de sus comunidades locales.

La región cuenta con un desarrollo sostenible, territorial y equitativo, y servicios de infraestructura descentralizados con participación de la comunidad en el proceso de toma de decisiones, con infraestructura resiliente y adaptada a los efectos del cambio climático.

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

1.2.2 Objetivo estratégico general

Desarrollar una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en la región, promoviendo la conservación de ecosistemas vitales como los bofedales altoandinos, la seguridad hídrica y el acceso equitativo al agua, mediante la implementación de políticas y proyectos que garanticen una gestión eficiente, transparente y equitativa del recurso

hídrico, en concordancia con los principios de sostenibilidad ambiental y adaptación al cambio climático.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Implementar sistemas de infraestructura para brindar servicios de agua potable y saneamiento a comunidades rurales marginadas de la región de Arica y Parinacota. En particular se busca mantener y mejorar los sistemas existentes y fortalecer las debilidades en la cuenca del río San José. Además, la estrategia apunta a establecer estándares para la infraestructura urbana de agua potable y saneamiento promoviendo proyectos de alta calidad en áreas desatendidas.
2. Reducir la vulnerabilidad de la población ante riesgos socio-naturales mediante el fomento del desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas, tanto en áreas urbanas como rurales, para mejorar el bienestar de la población, proteger el medio ambiente y generar nuevas fuentes de agua en regiones con escasez hídrica, disminuyendo las brechas sociales y promoviendo la equidad en el acceso a servicios fundamentales como el agua y el saneamiento. Para lograrlo, se priorizará la investigación e identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos, un manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua, la provisión de un sistema de infraestructura de alto estándar y amplia cobertura que incorpore nuevas fuentes, la reducción de pérdidas en la conducción intradomiciliaria, la optimización del uso hídrico urbano, la identificación de nuevas fuentes de captación y la generación de incentivos para la reutilización del agua.
3. Fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos del agua, particularmente en la agricultura. Se propone desarrollar una infraestructura hídrica multipropósito y resiliente al clima que aproveche las soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos. También se enfatiza la importancia de la infraestructura estratégica de gestión del agua para permitir el desarrollo rural sostenible, considerando los sistemas hídricos naturales como un soporte fundamental para la planificación y el diseño de intervenciones. Esto incluye mejorar la infraestructura de riego, canalización y almacenamiento, así como aumentar las áreas cultivadas. Además, se apunta a mejorar la disponibilidad de agua mediante la reparación y construcción de infraestructura hidráulica, siendo el embalse de Chironta el principal proyecto. Una infraestructura adecuada para el almacenamiento de agua permitirá el uso eficiente de los recursos hídricos y respaldará el pleno desarrollo potencial del valle.
4. Desarrollar ventajas tecnológicas y promover servicios de infraestructura especializados para sectores clave en la región, fomentando una transición socio

ecológica justa para la gestión sostenible de los recursos hídricos, promoviendo prácticas y tecnologías para conciliar el consumo de agua con la disponibilidad, particularmente en áreas que enfrentan escasez. Para esto se requiere impulsar la investigación y la innovación para identificar nuevas fuentes de agua, permitiendo una gestión del agua eficiente, sostenible y asequible. Se espera promover mecanismos de incentivo para impulsar iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso sostenible del agua, incorporando criterios ambientales. Esto incluye establecer un modelo de gestión integrada de cuencas fluviales, impulsar la investigación y la innovación, promover una gestión eficiente de las aguas subterráneas, implementar tecnología y prácticas para productos agrícolas diferenciados y fortalecer las organizaciones de usuarios del agua para una mejor administración de los recursos hídricos.

5. Desarrollar e implementar infraestructura supranacional y una gestión hídrica integral y resiliente, adaptada a las dinámicas territoriales y a los desafíos del cambio climático global. Esta infraestructura estratégica fortalecerá los servicios críticos relacionados con el agua, con un enfoque particular en el sistema acuífero transfronterizo presente en la cuenca Quebrada de La Concordia. Se debe realizar un levantamiento de información y establecer un sistema de monitoreo exhaustivo para obtener un conocimiento integral de este recurso vital. La gestión del acuífero transfronterizo será esencial para asegurar un uso eficiente y sostenible del agua, promoviendo la cooperación internacional y protegiendo los recursos naturales en el contexto de un clima cambiante.
6. Asegurar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura y los sistemas productivos en Arica y Parinacota, adaptados a las capacidades territoriales. Se prioriza la protección de la biodiversidad y el equilibrio entre la conservación de ecosistemas acuáticos, la seguridad hídrica y la producción sostenible. Se espera implementar tecnologías avanzadas y programas específicos para mejorar la calidad del agua, diversificar y fortalecer la producción agrícola, y reducir impactos contaminantes. Además, se promoverá el uso sostenible del suelo, la recuperación de áreas degradadas y la implementación de prácticas agrícolas y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y la erosión. Arica y Parinacota se destacarán por su infraestructura avanzada y una gestión eficiente de recursos, asegurando un desarrollo económico equitativo y la conservación ambiental de sus territorios.
7. Asegurar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico priorizando la mejora de la información hídrica, el desarrollo de estudios de biodiversidad y servicios ecosistémicos para la toma de decisiones, y el control de caudales. En particular para

esta región, también se espera evaluar la sustentabilidad del acuífero transfronterizo y estudiar el comportamiento hidrogeológico en la frontera Chile-Perú, con especial atención a los impactos de los cambios en la disponibilidad de agua del sistema Lauca sobre los caudales de la cuenca del río San José. Asimismo, será necesario desarrollar medidas paliativas para mitigar los efectos de la calidad del agua en la producción agrícola de la región mediante sistemas avanzados de monitoreo.

8. Desarrollar servicios de infraestructura resilientes a desastres socio-naturales y adaptados a los efectos del cambio climático en la región. Esto implica promover una estrategia integral que reduzca la exposición ante eventos de precipitación extrema, aluviones e inundaciones, protegiendo así a la población, servicios críticos y actividades productivas. Se incluye la necesidad de conservar y mantener las defensas fluviales en la zona alta del valle del río Lluta y río San José, para regular crecidas y mitigar daños a la infraestructura y zonas agrícolas afectadas durante el invierno altiplánico. También se espera generar un programa para la gestión sostenible y resiliente de relaves mineros, fortaleciendo la seguridad frente a eventos climáticos extremos y mejorando la resiliencia en la región.

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 01.01 del presente estudio.

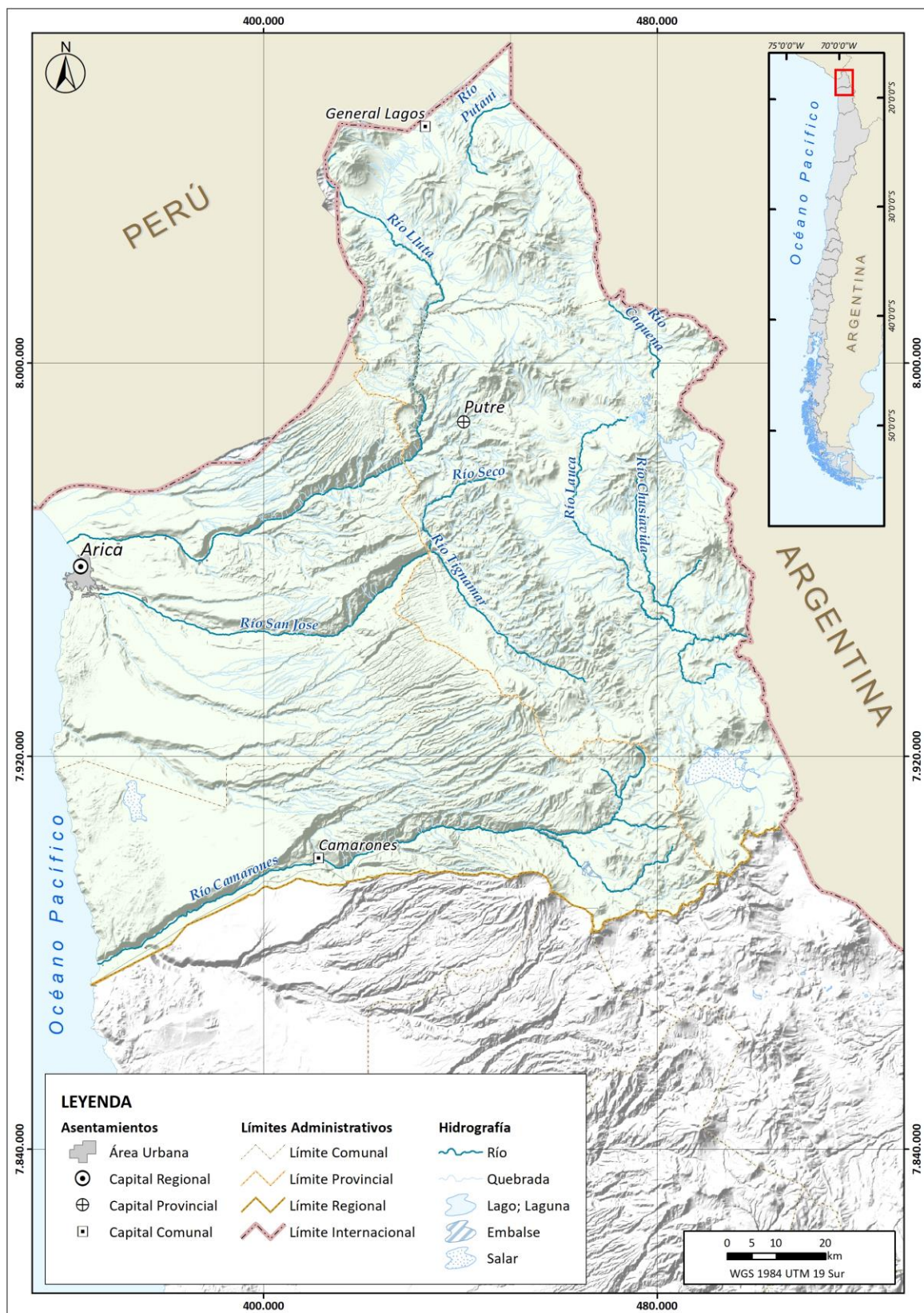
2.1.1 Dimensión física

La caracterización física comprende el estado actual de la región en relación a la información geológica, hidrológica y ambiental. La región de Arica y Parinacota se caracteriza por su variada geomorfología y geología, dividida en ocho unidades principales como Sedimentación Fluvial, Farellón Costero, Pampa, Plano Inclinado Árido, Precordillera, Cordón Andino Prealtiplánico, Fosa Tectónica Prealtiplánica y Salar. La Cordillera de la Costa muestra altitudes no superiores a 1.200 m s.n.m, con colinas redondeadas y escarpes costeros hacia el océano Pacífico. La Depresión Central exhibe una topografía plana con depósitos volcano-sedimentarios y volcánicos, además de avalanchas en masa en áreas adyacentes. La Precordillera se extiende con altitudes crecientes de oeste a este, mientras que la Cordillera Occidental presenta elevaciones que alcanzan los 6.350 m s.n.m, con presencia de depresiones intramontanas y depósitos lacustres y glaciales. El Anexo 01.01 de Caracterización proporcionará más detalles sobre estas características geológicas e hidrográficas.

La región muestra cursos de agua esporádicos y quebradas que desembocan en el océano, desempeñando un papel crucial en el desarrollo regional. Destacan el Río Lluta, con una cuenca de 3.400 km², y otras quebradas como Azapa, Vitor y Camarones. Además, se han construido embalses para mitigar la escasez de agua en épocas secas, mientras que en el altiplano se encuentran recursos hídricos significativos, alimentados por precipitaciones y

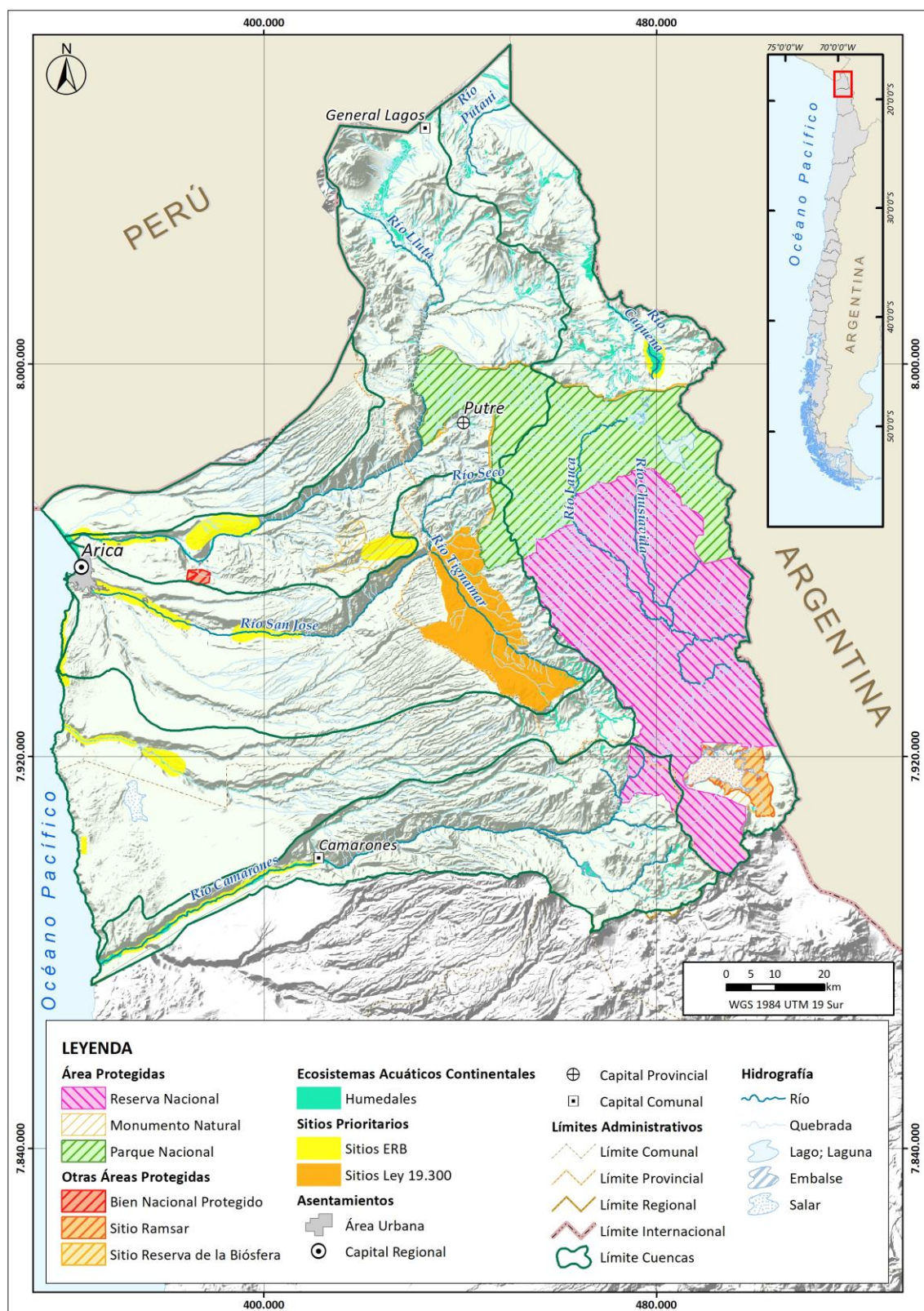
nieves cordilleranas, destacándose el río Lauca y el lago Chungará. La Figura 2.1-1 proporciona una visualización de la hidrografía regional.

En lo referente al ámbito ambiental, se han reconocido varias zonas con diversos niveles de protección de la biodiversidad en las cuencas de los ríos Lluta, Azapa y Camarones, según el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Dentro de estas áreas se destacan el Parque Nacional Lauca y la Reserva Nacional Las Vicuñas, constituyendo pilares importantes de conservación natural en la región (ver Figura 2.1-2). Sin embargo, la protección de humedales en la región de Arica y Parinacota muestra una situación crítica y diversa. Las cuencas Altiplánicas presentan una baja criticidad, con un porcentaje de protección superior al 25%. En contraste, las cuencas Costeras como Río San José - Quebrada Camarones, Quebrada Río Camarones, Río Lluta y Río San José muestran una alta criticidad, con porcentajes de protección inferiores al 5%. Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas de conservación más efectivas para proteger los ecosistemas acuáticos vulnerables en cada una de estas cuencas (ver sección 4.2.4).



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

Figura 2.1-1 Hidrografía de la región de Arica y Parinacota



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1-2 Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Arica y Parinacota

2.1.2 Clima

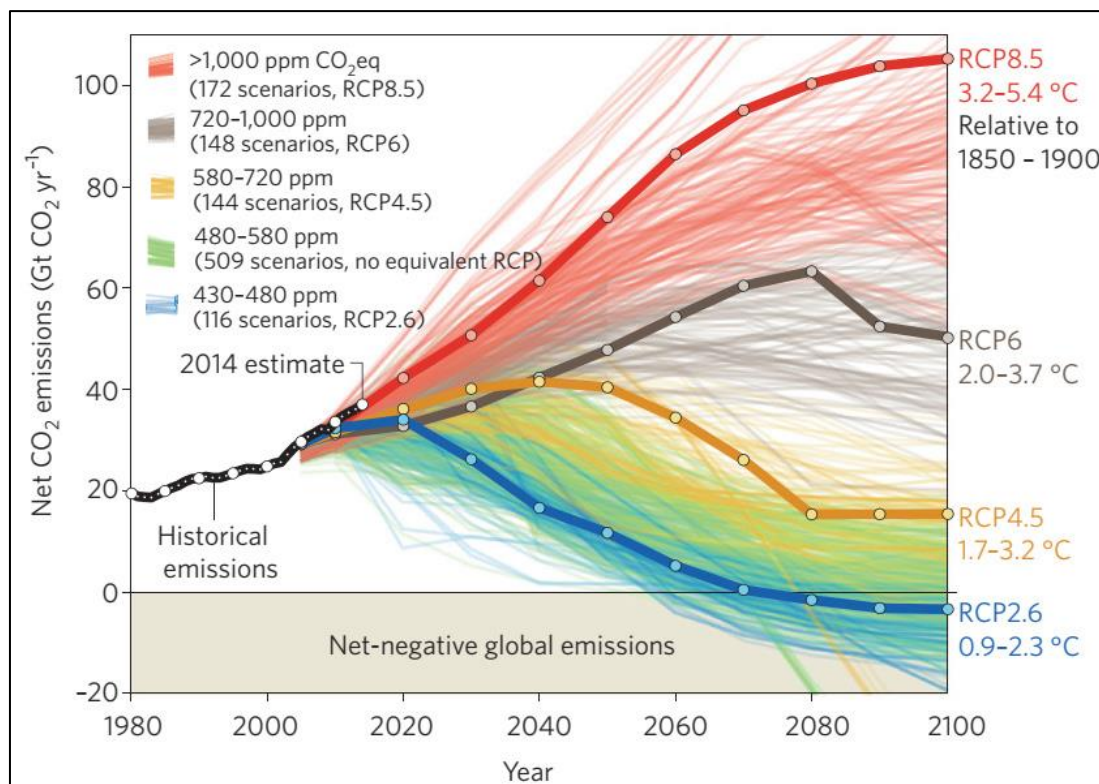
En la Región de Arica - Parinacota se encuentran cuatro unidades de subtipos climáticos relacionados con las condiciones desérticas. El clima desértico costero nuboso abarca toda la costa, con nieblas matinales frecuentes debido a la corriente fría de Humboldt, registrando una temperatura media anual de 18,8°C y precipitaciones anuales inferiores a 3 mm. Por otro lado, el clima desértico interior, caracterizado por su extrema aridez y ausencia de influencia oceánica, se presenta en la pampa sobre los 1.000 metros de altura, con precipitaciones anuales de 0 mm y una humedad relativa promedio del 50% (BCN, 2023).

En altitudes superiores a los 2.000 metros se encuentra el clima desértico marginal de altura, donde las temperaturas son más moderadas con una media anual de 10°C, y se registran las primeras lluvias durante el verano, fluctuando entre 50 y 100 mm anuales, debido al invierno altiplánico. Por último, el clima de estepa de altura predomina en el altiplano sobre los 3.000 metros, con un aumento significativo de las precipitaciones que llegan a los 300 mm anuales, configurando un entorno más húmedo en comparación con las zonas desérticas inferiores.

En el Anexo 01.01 se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger; además de los diagramas ombrotérmicos para cada cuenca de la región, calculados dentro del periodo histórico considerado 1985-2015, con información extraída del producto meteorológico CR2Met v2.5, asociado al estudio Homologación del cálculo hidrológico para la estimación de la oferta natural de agua histórica y futura en Chile (DGA, 2022).

Estos datos climáticos fueron obtenidos a partir de los resultados de las simulaciones de 4 modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de la iniciativa CMIP-5¹ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5), siendo ajustados a una escala espacial de 0,05° x 0,05° para Chile. Estos modelos poseen información histórica hasta el año 2005, por lo que, a partir de ese año, los resultados reportados corresponden a proyecciones. Los GCM utilizados corresponden a aquellos del escenario de emisiones RCP8.5, que supone la mayor tasa de emisiones hacia el futuro, siendo la más pesimista, pero que mejor predijeron lo ocurrido desde el año 2005 hasta el año 2014, como se puede ver en la Figura 2.1-3. El GCM representativo de la región corresponde al CSIRO-Mk3-6-1. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 01.01.

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 Arica y Parinacota, según el Censo 2017, cuenta con una población de 226.068 habitantes, evidenciando un incremento del 19,21% respecto al Censo 2002, siendo la cuarta región con mayor crecimiento poblacional a nivel nacional en el periodo intercensal. Esta población se distribuye en un 50,2% mujeres y 49,8% hombres, representando el 1,29% de la población nacional. El aumento poblacional se ha concentrado principalmente en grupos de edad entre 20 y 29 años, así como en la población mayor de 30 años, especialmente entre mujeres, lo que ha generado un cambio en la pirámide poblacional hacia una tendencia más madura debido al incremento en la esperanza de vida. Del total poblacional, el 91,7% reside en áreas urbanas, mientras que el 8,3% habita en áreas rurales. En términos étnicos, se destaca la presencia de los pueblos Aymara y Mapuche, con un 75,3% y 10% respectivamente (INE, 2017). En cuanto a la pobreza extrema, se ha registrado una notable disminución del 6,74% al 2,43% entre 2011 y 2017, situando a Arica y Parinacota como una de las regiones con la mayor reducción en la macrozona norte (INE, 2023).

En el ámbito económico, el Producto Interno Bruto (PIB) de Arica y Parinacota alcanzó \$1.951 mil millones de pesos en 2022, representando el 0,74% del total nacional. Este PIB se distribuye en diferentes sectores, destacando los servicios personales con un 17,6%,

seguido por la administración pública con un 13,4%, y la construcción con un 10,5%. El sector minero representa el 6% del PIB regional, mientras que el agropecuario-silvícola alcanza un 3,6%. Por otro lado, el sector eléctrico, gas, agua y gestión de desechos contribuye con un 1,5% al 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 Arica y Parinacota 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 (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 01.02.

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

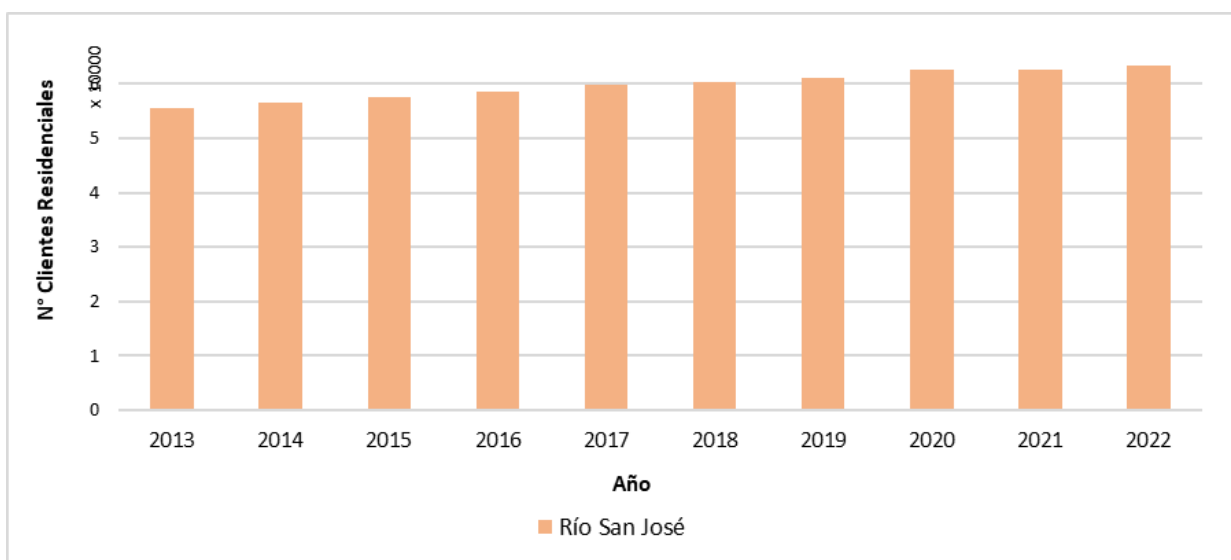
Cód. Cuenca	Nombre	Demanda ($Mm^3/año$)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	0	0	0	0	0
012	Río Lluta	0	0	0	0	0
013	Río San José	14.056	14.554	16.035	17.188	18.121
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	0	0	0	0	0
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0
Total		14.056	14.554	16.035	17.188	18.121

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

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

Según se desprende de la Tabla 2.2-1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en la cuenca del Río San José en donde opera el sistema de producción de agua potable Arica, que abastece a la mayor población de la región.

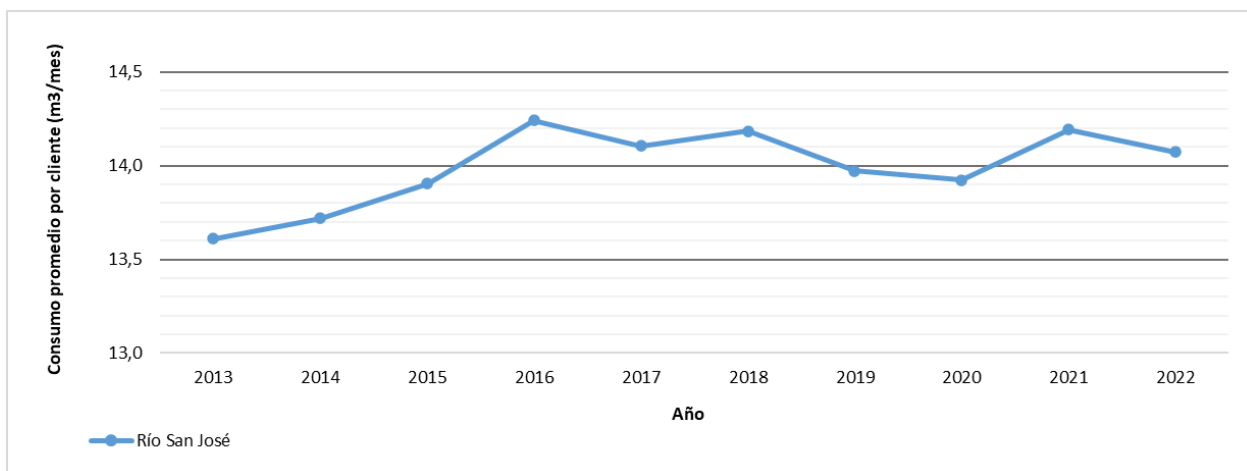
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 94,5% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,001%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales para la cuenca Río San José entre los años 2013 y 2022.



Fuente: SISS (2023)

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

Junto con el aumento del número de clientes, también se ha observado un incremento en el consumo mensual promedio por cliente residencial de aproximadamente 0,004m³/mes (Figura 2.2-2).



Fuente: SISS (2023)

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

2.2.2 Agua potable rural

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

Los cálculos de la demanda hídrica consideran la información proporcionada por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, 2023) que contiene la identificación de los SSR que actualmente operan en la cuenca. La demanda proyectada considera las tasas de crecimiento poblacional provenientes del Censo de Población y Vivienda (INE, 2017), así como también la demanda asociada a futuros proyectos en la región. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 01.02.

Tabla 2.2-2 Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura– Cuencas BNA región Arica y Parinacota

Cód. Cuenca	Nombre	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	67	69	78	81	83
011	Quebrada de la Concordia	0	0	65	67	68
012	Río Lluta	279	286	315	326	332
013	Río San José	528	540	686	710	724
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	85	87	100	104	106
015	Quebrada Río Camarones	33	33	35	37	37
Total		992	1.015	1.279	1.325	1.350

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

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

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural en las cuencas de la región de Arica y Parinacota, donde se observa un incremento de alrededor de un 24% en la cuenca del Río San José (código BNA 013) para el año 2055, otra de las cuencas con un importante aumento de población son las cuencas Altiplánicas con un 19%, el resto de las cuencas incrementan en un 13% de población para el 2055 en relación al número actual de habitantes.

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

Cód. Cuenca	Nombre	Población rural áreas con APR (hab)				
		2022	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	1.238	1.267	1.441	1.491	1.520
011	Quebrada de la Concordia	0	0	957	991	1.010
012	Río Lluta	4.864	4.977	5.279	5.463	5.567
013	Río San José	8.972	9.180	11.257	11.649	11.873
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	1.547	1.583	1.679	1.737	1.771
015	Quebrada Río Camarones	605	619	657	679	693
Total		17.226	17.625	21.269	22.011	22.433

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la Tabla 2.2-4 presenta la proyección de demanda futura para las áreas sin presencia de APR, donde se observa una proyección del 12% de aumento en el consumo para el año 2055 en la cuenca Quebrada de la Concordia (código BNA 011), Río Lluta (código BNA 012) Río San José (código BNA 013) y las cuencas Costeras Río San José – Quebrada Camarones (código BNA 014), en relación al consumo actual.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda hídrica áreas sin APR (Mm3/año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	8	8	9	9	9
012	Río Lluta	12	12	13	13	13
013	Río San José	23	23	25	26	26
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	8	8	8	9	9
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda hídrica áreas sin APR (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
	Total	51	51	55	57	58

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la Tabla 2.2-5 presenta la proyección de la población rural en áreas sin APR, donde se observa un incremento del 12% de la población respecto del número actual en la cuenca Quebrada de la Concordia (código BNA 011), cuenca Río Lluta (código BNA 012), cuenca Río San José (código BNA 013) y las cuencas Costeras Río San José – Quebrada Camarones (código BNA 015).

Tabla 2.2-5 Proyección de la población rural sin APR – Cuencas BNA región Arica y Parinacota

Cód. Cuenca	Nombre	Población rural áreas sin APR (hab)				
		2022	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	449	456	483	500	510
012	Río Lluta	646	656	695	720	734
013	Río San José	1.263	1.282	1.360	1.407	1.434
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	421	427	453	469	478
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0
	Total	2.779	2.821	2.992	3.096	3.155

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de Arica y Parinacota, 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), 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 01.02.

Tabla 2.2-6 Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura– Cuencas BNA Región Arica y Parinacota

Cód. Cuenca	Nombre	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	24.798	36.821	43.941	51.921	77.677
011	Quebrada de la Concordia	8.189	8.930	7.881	7.087	8.747
012	Río Lluta	19.071	23.403	23.360	20.193	31.920
013	Río San José	31.771	36.367	35.551	34.300	45.354
014	Costeras R. San José – Q. Camarones	19.501	20.457	16.663	14.115	13.947
015	Quebrada Río Camarones	10.992	12.143	9.597	7.237	6.384
Total		114.322	138.121	136.993	134.853	184.029

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 , se espera en la región un incremento del 61% en la demanda de agua para el período comprendido entre los años 2023 y 2055. El aumento previsto de la demanda, basado en datos censales históricos, se atribuye principalmente al aumento de la superficie cultivada de praderas mejoradas (Figura 2.2-3). Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055 en una misma cuenca, se deben a las áreas registradas en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021, las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos censos no se evidencia una tendencia lineal en las áreas de riego a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

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

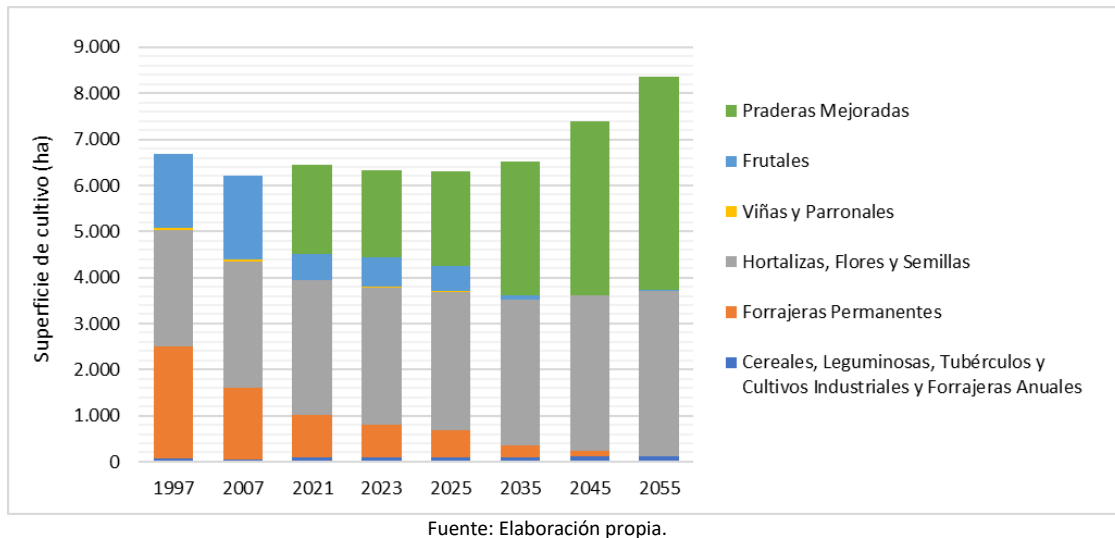


Figura 2.2-3 Superficie catastrada según tipo de cultivo en los Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 con proyección hasta el año 2055

En lo que respecta a la evolución de la demanda hídrica por tipo de cultivo, se destacan las praderas mejoradas como uno de los principales consumidores de agua según las proyecciones que abarcan desde el año 2023 al 2055. Para el año 2023, se estima una demanda de 34.164 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 117.837 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 245% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Este aumento se debe a varios factores, por un lado, la superficie de cultivo y por otro el cambio climático está afectando las tasas de evapotranspiración, lo que incrementa la cantidad de agua necesaria para mantener la productividad de los cultivos. La eficiencia en el uso del agua y las prácticas de riego juegan un papel crucial, así como la adopción de tecnologías de riego más eficientes, como el riego por goteo.

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

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

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN, 2024), se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que todos los recursos hídricos requeridos para la generación eléctrica regional provienen del sector hidroeléctrico, lo que implica que su uso es del tipo no consuntivo. 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 01.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	0	0	0	0	0
012	Río Lluta	0	0	0	0	0
013	Río San José	20	22	18	19	16
014	Costeras R. San José – Q. Camarones	0	0	0	0	0
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0
Total		20	22	18	19	16

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-7, la demanda de agua para la generación eléctrica se concentra en la cuenca Río San José, donde se encuentra la central hidroeléctrica Chapiquiña. Las proyecciones futuras no indican una tendencia clara al alza o a la baja, esto se debe a los registros históricos de producción eléctrica, los cuales no evidencian una tendencia lineal a lo largo de los años, lo que se refleja en la proyección futura.

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 no metálica representada por las producciones de boro. Respecto a la minería del cobre, según el “Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales” del año 2022, esta industria no utiliza agua de fuentes continentales.

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

consiguiente, este estudio incluye la proyección de la demanda de agua desalada por parte de las faenas mineras que tienen unidades de desalación en fase de operación o en construcción. Esta proyección de demanda de agua desalada se sustrajo del cálculo de la demanda total estimada. Por lo tanto, la demanda presentada en la Tabla 2.2-8 representa únicamente una estimación de la demanda hídrica continental.

Para actualizar los datos de producción a la actualidad, se utilizó el último “Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales” (COCHILCO, 2022), mientras que, para estimar la demanda futura, se proyectaron las series de tiempo (históricas) de producción en las faenas previamente identificadas y seleccionadas. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 01.02.

Tabla 2.2-8 Estimación demanda hídrica Minera actual y futura – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	216	177	227	263	298
011	Quebrada de la Concordia	0	0	0	0	0
012	Río Lluta	216	177	227	263	298
013	Río San José	0	0	0	0	0
014	Costeras R. San José – Q. Camarones	0	0	0	0	0
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0
Total		432	354	454	526	596

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda hídrica, como se observa en la Tabla 2.2-8, indica un aumento. Este incremento se atribuye principalmente al aumento en la producción histórica, que sirvió como base para calcular las proyecciones de demanda. Dado lo anterior, se estima que para el año 2055, la demanda en la región podría aumentar en un 38% con respecto al nivel registrado en 2023. Es importante mencionar que, debido a la falta de información sobre la producción de boro por parte de cada minera, se ha distribuido equitativamente la producción total de la región entre las cuencas Altiplánicas y Río Lluta, donde se localiza la producción de este mineral.

A modo de contexto, cabe mencionar que, según el Banco Central (BC, 2022), la minería actualmente constituye el 6% del PIB regional situándose por debajo de otras actividades como los servicios personales (17% del PIB), Administración pública (13,4% del PIB), Construcción (10,5% del PIB), Industria manufacturera (10,4% del PIB), entre otras.

Se debe considerar que las proyecciones de demanda estimadas están sujetas a cierta incertidumbre, debido principalmente a la expectativa de que en el futuro el uso de agua

de mar aumente significativamente. Tal como se mencionó anteriormente, según el último “Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales” (COCHILCO, 2022), en la actualidad la producción de cobre utiliza únicamente agua de mar desalada.

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

2.2.6 Industrial

La demanda hídrica industrial es estimada a partir de volúmenes declarados y que son emitidos a sistemas de alcantarillado o fuentes superficiales. A partir de lo anterior, se consideraron dos (2) fuentes principales de información: uno correspondiente al Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SISS, 2023) 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 (RECT, 2021) 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 (acápites 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 01.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	0	0	0	0	0
012	Río Lluta	0	0	0	0	0
013	Río San José	218	225	259	301	335
014	Costeras R. San José – Q. Camarones	0	0	0	0	0
015	Quebrada Río Camarones	0	0	0	0	0
Total		218	225	259	301	335

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 54% 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 10,4% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 176% entre los años 2013 y 2022 (BC, 2022).

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

2.2.7 Forestal

Para estimar la demanda de agua de uso forestal (uso productivo), se tomaron como dato de partida las Cubiertas del Catastro de Usos del Suelo y Vegetación año 2014 de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2014)). Fueron consideradas únicamente las superficies plantadas con especies forestales exóticas las cuales, posteriormente, fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-10, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 01.02.

**Tabla 2.2-10 Estimación demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA
Región Arica y Parinacota**

Cód. Cuenca	Nombre	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	0	0	0	0	0
011	Quebrada de la Concordia	0	0	0	0	0
012	Rio Lluta	0	0	0	0	0
013	Rio San José	40	41	45	50	54
014	Costeras R. San José - Q. Camarones	0	0	0	0	0
015	Q. Rio Camarones	0	0	0	0	0
Total		40	41	45	50	54

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-10, la proyección de la demanda hídrica forestal indica una leve tendencia al alza. Esta tendencia está influenciada por factores como el cambio en la superficie de bosques y plantaciones, así como por las tendencias históricas en el uso de

la tierra. Cabe mencionar que, la demanda estimada en el presente acápite corresponde únicamente a la demanda forestal de uso productivo. La demanda nativa forma parte de la demanda estimada para protección ambiental (acápite 2.2.5).

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 y encuestas (ODEPA). A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calculó la demanda de agua diaria aplicando una tasa de consumo unitaria. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-11, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 01.02.

**Tabla 2.2-11 Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futura – Cuencas BNA
Región Arica y Parinacota**

Cód. Cuenca	Nombre	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	22,2	21,9	20,5	19,8	18,7
011	Quebrada de la Concordia	13,7	14,3	17,5	19,1	17,5
012	Río Lluta	52,0	54,1	65,0	70,6	74,3
013	Río San José	168,8	170,6	179,6	184,2	189,6
014	Costeras R. San José-Q. Camarones	138,6	147,7	193,8	217,0	253,0
015	Q. Río Camarones	32,6	33,8	40,3	43,9	48,9
Total		427,9	442,4	516,7	554,6	602,1

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-11, se observa, a nivel regional, un aumento de la demanda durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Esta demanda está principalmente asociada a la ganadería avícola.

A modo de contexto, según el Ministerio de Agricultura³, la actividad ganadera se centra principalmente en el altiplano, con un impacto económico limitado. Se destaca la industria avícola, cuya capacidad instalada abastece a la zona del norte grande de Chile y sur del Perú.

2.2.9 Acuicola

Según la información proporcionada por Sernapesca, no se registra actualmente una demanda de agua relacionada con la producción acuícola (Sernapesca, 2024).

³ <https://minagri.gob.cl/region-de-arica-y-parinacota/>

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 Figura 2.1-2. 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 01.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario Rinconada de Caquena (SP2-119), Reserva Nacional Las Vicuñas (WDPA-067) y Parque Nacional Lauca (WDPA-026) en la cuenca Altiplánicas, Sitio Prioritario Valle de Lluta (SP2-116) y Sitio Prioritario Desembocadura del Río Lluta (SP1-053) en la cuenca Río Lluta, Sitio Prioritario Quebrada de Camarones (SP2-110), Sitio Prioritario Cerros de Poconchile (SP2-111) y Monumento Natural Salar de Surire (WDPA-010) en la cuenca Quebrada Río Camarones y Sitio Prioritario Pan de Azúcar (SP2-109) en la cuenca Río San José.

Para la región de Arica y Parinacota, no hay planificaciones actuales o futuras de nuevos sitios prioritarios, es por esto que solo se presenta el caudal actual de reserva para la región. Los resultados se observan en la Tabla 2.2-12.

Tabla 2.2-12 Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA Región Arica y Parinacota

Caudal de reserva para protección ambiental (Mm ³)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Altiplánicas	16.749	32.382	23.953	11.275	7.582	7.950	8.432	8.216	6.829	5.861	5.628	7.277	142.134
Río Lluta	23.142	42.821	34.163	10.960	7.334	7.225	7.878	6.156	5.326	3.639	3.698	6.230	158.571
Río San José	3.347	6.868	6.451	2.978	2.845	3.087	2.688	2.369	1.974	1.817	1.942	1.997	38.363
Q. Río Camarones	6.010	7.192	6.743	4.324	4.468	4.455	4.037	3.594	3.327	3.285	3.414	3.698	54.545
Total	49.248	89.263	71.310	29.537	22.229	22.717	23.035	20.335	17.456	14.602	14.682	19.202	393.613

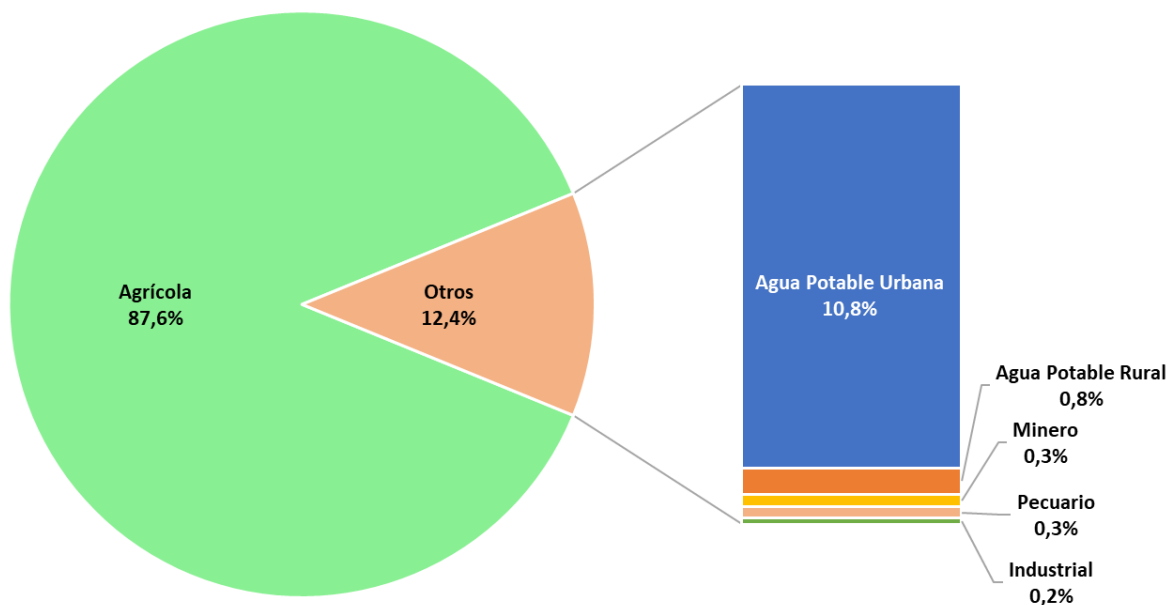
Fuente: Elaboración propia.

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 Arica y Parinacota en el año 2023, donde destaca la importancia del sector agrícola como el principal demandante consuntivo de agua para uso productivo. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 01.02.



Fuente: Elaboración propia.

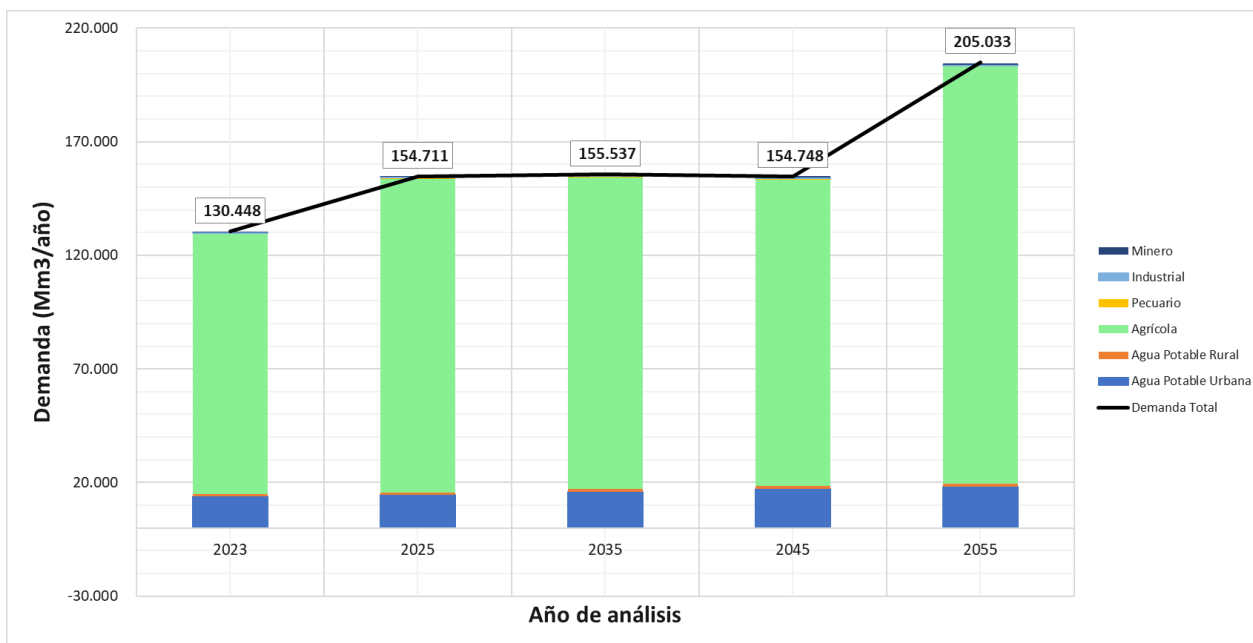
Figura 2.2-4 Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023

En la Tabla 2.2-13 y en la 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 aproximadamente de 57% en las demandas totales en el periodo 2023-2055; asociado principalmente al sector agrícola que corresponde al 93% del aumento de la demanda total, seguido por el uso para agua potable rural que corresponde al 5% del aumento de la demanda total.

Tabla 2.2-13 Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región de Arica y Parinacota

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	25.103	37.089	44.267	52.285	78.077
011	Quebrada de la Concordia	8.203	8.944	7.963	7.173	8.832
012	Río Lluta	19.618	23.920	23.967	20.853	32.624
013	Río San José	46.742	51.856	52.711	52.683	64.724
014	Costeras R. San José – Q. Camarones	19.725	20.692	16.957	14.436	14.306
015	Quebrada Río Camarones	11.057	12.210	9.672	7.318	6.470
Total		130.448	154.711	155.537	154.748	205.033

Fuente: Elaboración propia.

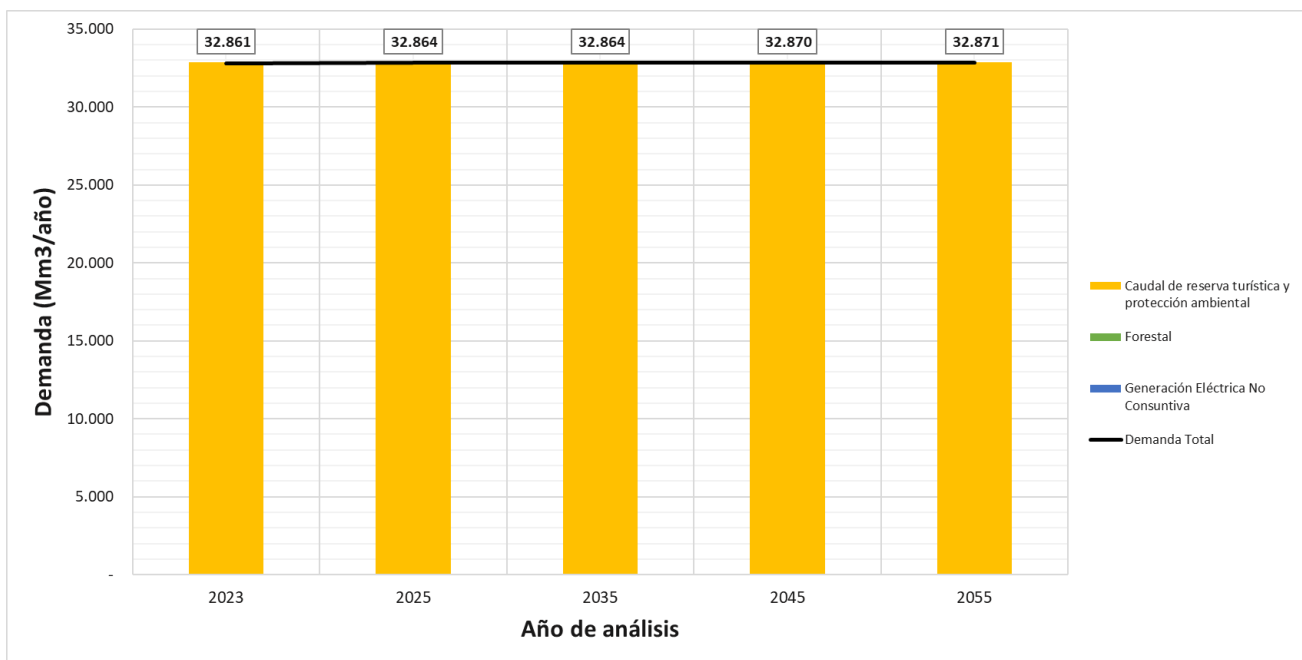


Fuente: Elaboración propia.

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

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

En la Figura 2.2-6 se presenta la proyección de las demandas consuntivas no extractivas y no consuntivas para la región, donde el caudal de reserva para uso turístico y protección ambiental destaca por sobre los otros sectores, el sector forestal y de generación eléctrica no consuntiva poseen demandas muy bajas por lo que no se alcanzan a ver reflejadas en la figura antes mencionada. Con respecto a la generación eléctrica, cabe señalar que el presente análisis no incorpora limitantes respecto a la disponibilidad física o legal de los DAA, actuales o futuros, en los cauces con hidroeléctricas.



Fuente: Elaboración propia.

* 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.

** 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.

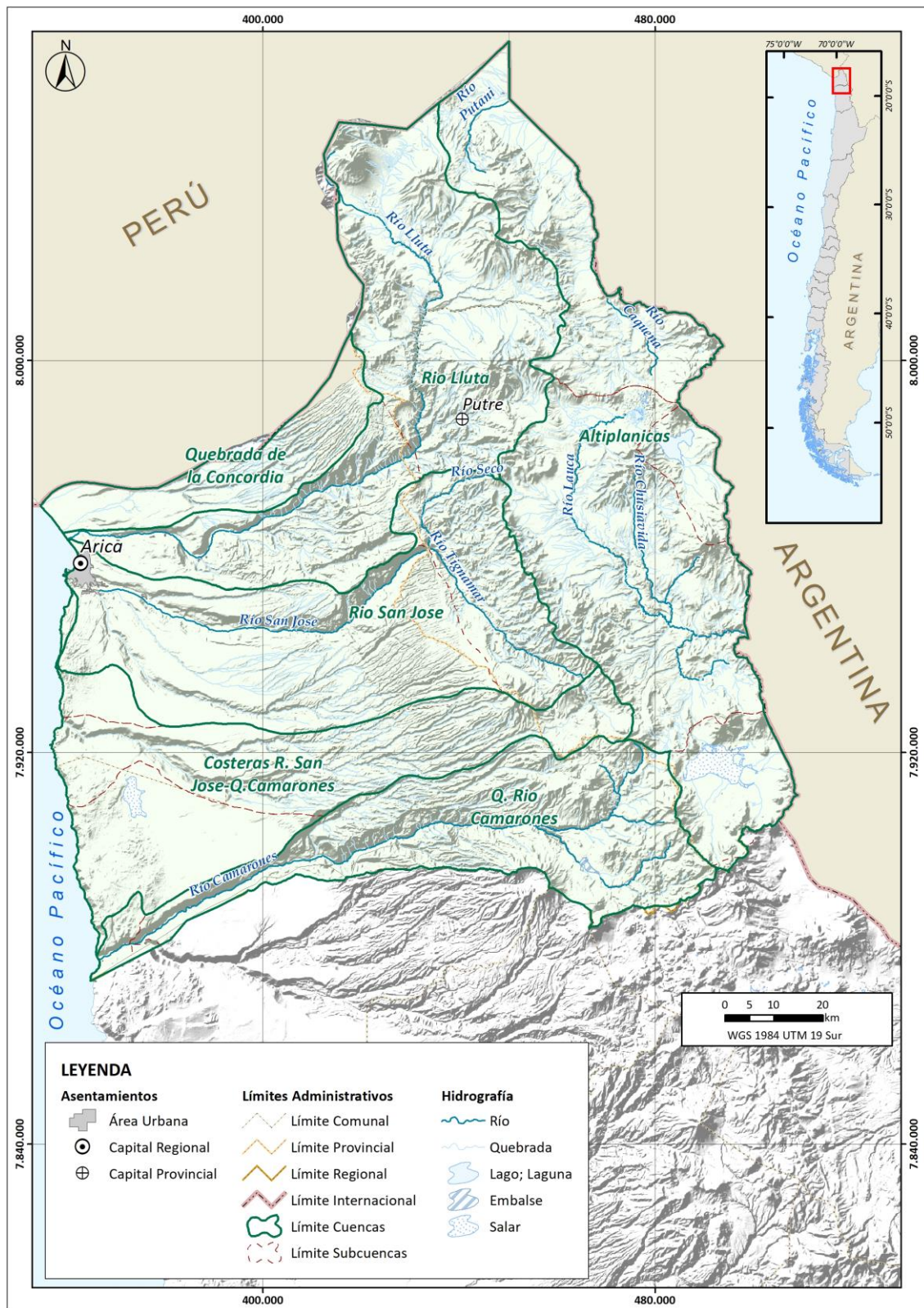
Figura 2.2-6 Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm³/año), por uso – actual y proyectada

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

2.3.1 Oferta hídrica

A continuación, se presenta el análisis de oferta física hídrica por cuenca de acuerdo a la clasificación del Banco Nacional de Aguas (BNA) en la región de Arica y Parinacota, 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.

Los recursos hídricos se concentran principalmente en las zonas de mayor altitud, sobre los 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm), en las cuencas altas de los ríos Lluta y San José, así como en las cuencas altiplánicas. Por debajo de los 3.000 msnm, la generación de recursos hídricos es mínima, pero se localizan los principales reservorios de aguas superficiales y subterráneas, que permiten regular las fluctuaciones hidrológicas. Los centros de consumo se encuentran mayormente en los sectores más bajos de las cuencas con vertiente pacífica.



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

Figura 2.3-1 Cuencas y subcuencas de la región de Arica y Parinacota según clasificación BNA

2.3.1.1 Agua superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

Se presenta el análisis de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) superficiales otorgados en la Región de Arica y Parinacota, utilizando la base de datos "Derechos_Concedidos_XV_Región" del Catastro Público de Aguas (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Arica existen 1.688 DAA superficiales registrados en CPA, de los cuales 386 DAA poseen un caudal equivalente a de 754.303 Mm³/año constituidos⁴. La distribución de los DAA se analiza según el tipo de solicitud y el tipo de derecho, así como según su uso, se detalla en el Anexo 01.03. La georreferenciación de estos puntos de captación se muestra en la Figura 2.3-2.

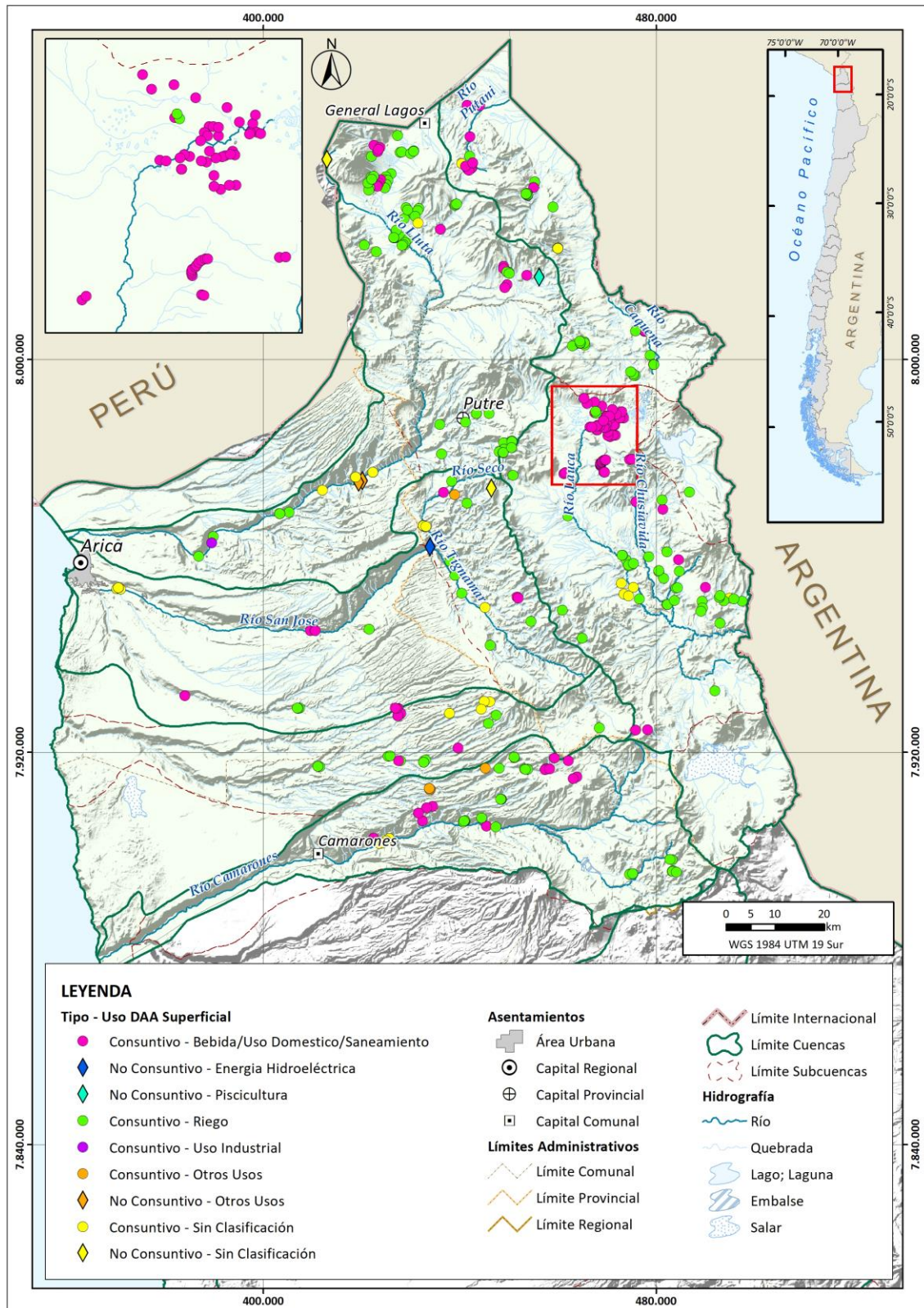
Para un análisis más detallado, se remite al Anexo 01.03 donde se presenta el detalle completo de los derechos superficiales constituidos en la región de Arica y Parinacota.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua en la Región de Arica y Parinacota, 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). Se revisan las restricciones para el uso de DAA definidas por la Dirección General de Aguas, que incluyen: i) Declaración de agotamiento de aguas superficiales; ii) Decretos de reserva; y iii) Decretos de escasez hídrica, así como las áreas de restricción de aguas subterráneas y las zonas de Prohibición de aguas subterráneas.

Del análisis se desprende que no se presentan restricciones vigentes para aguas superficiales; tampoco se identifican zonas con decretos de escasez históricos en la región. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 01.03.

⁴ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarán dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua. Estos DAA representan un 72% del caudal total de los DAA otorgados.



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

Figura 2.3-2 Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Arica y Parinacota, por tipología

iii. Oferta en la fuente

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

Las curvas de oferta hídrica actual (periodo 1985-2015), obtenidas del Balance Hídrico Nacional, fueron calculadas a partir del análisis de frecuencia realizado a las series anuales de caudal. Asimismo, a partir de la selección del GCM representativo de la región se obtuvieron las curvas de excedencia para el periodo futuro, definido como la ventana 2025-2055. Tanto el análisis para la selección de GCM, como las curvas de oferta hídrica actual y proyectada para cada una de las cuencas que componen la región se presentan en el Anexo 01.03.01.

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

Código BNA	Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
010	Altiplánicas	210.155	195.655
011	Quebrada de la Concordia	3.358	5.227
012	Río Lluta	55.301	53.665
013	Río San José	19.102	18.332
014	Costeras R. San José-Q. Camarones	4.847	3.577
015	Q. Río Camarones	17.874	12.150

Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas, a excepción de la cuenca Quebrada de la Concordia, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas más afectadas serían costeras río San José – Quebrada Camarones y Quebrada río Camarones con una disminución porcentual de 26,2% y 32%, respectivamente.

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

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

Código BNA	Cuenca	Q total (m ³ /s)	Q glaciar (m ³ /s)
010	Altiplánicas	10,03	0,15
011	Quebrada de la Concordia	0,08	0,00
012	Río Lluta	2,72	0,05
013	Río San José	1,10	0,04
014	Costeras R. San José-Q. Camarones	0,28	0,01
015	Q. Río Camarones	0,99	0,07

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM CSIRO-Mk3-6-1 proyecta una disminución de aproximadamente 0,0 m³/s (la variación es muy pequeña), obtenido del mismo informe final.

2.3.1.2 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneo concedidos

A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneos otorgados en la región. Para esto 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 Arica y Parinacota existen 761 DAA subterráneos registrados en CPA, de los cuales 757 DAA poseen un

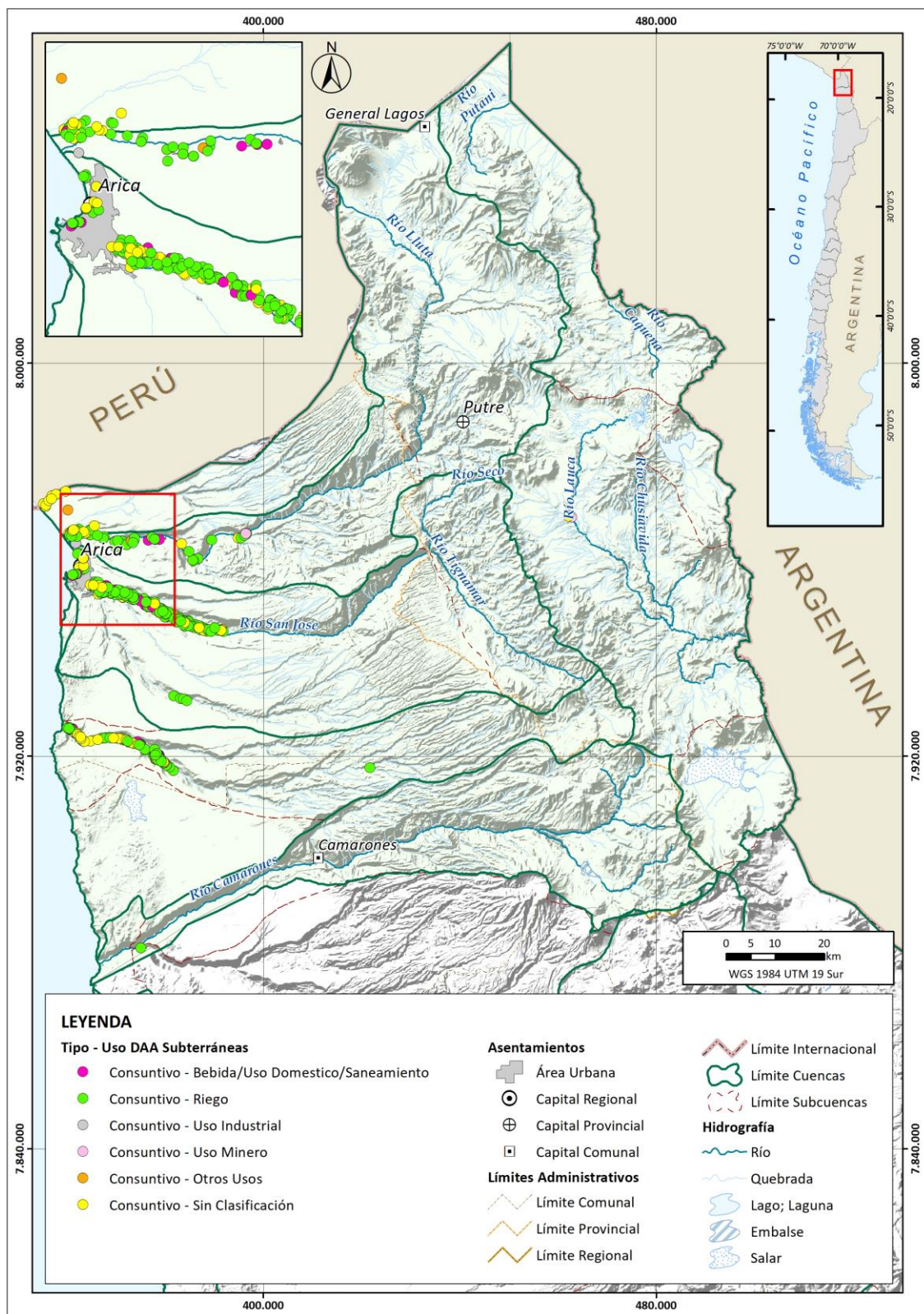
caudal equivalente a de 101.814 Mm³/año constituidos⁵. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-3. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 01.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

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

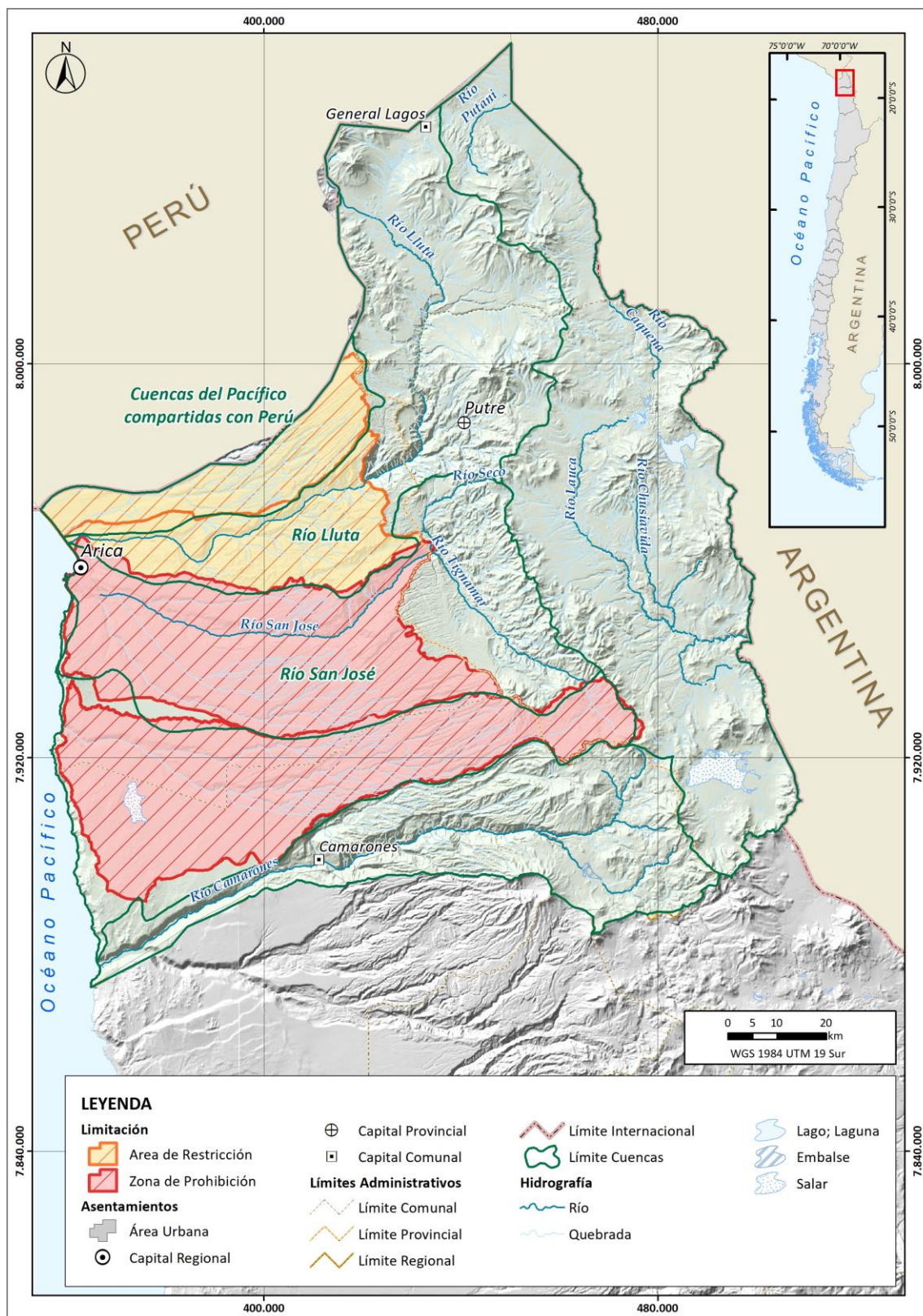
En la Figura 2.3-4 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas, donde se observa que la cuenca del Río San José (código BNA 013) presenta una Zona de Prohibición y la cuenca del Río Lluta (código BNA 012) presenta un área de Restricción. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 01.03.

⁵ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarán dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua. Estos DAA representan un 1% del caudal total de los DAA otorgados.



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

Figura 2.3-3 Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Arica y Parinacota, por tipología



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

Figura 2.3-4 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Arica y Parinacota

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 BNA	Cuenca	Recarga (l/s)	Fuente
010	Altiplánicas	-	-
011	Quebrada de la Concordia	112	(PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA QUEBRADA DE LA CONCORDIA, 2022)
012	Río Lluta	1300	(PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA RIO LLUTA, 2021)
013	Río San José	1043	(PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE AZAPA , 2022)
014	Costeras R. San José-Q. Camarones	-	-
015	Q. Río Camarones	2152	(DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DEL RÍO CAMARONES, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, 2016)

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de lo presentado anteriormente, para el caso de la oferta hídrica proyectada, el uso de las fuentes mencionadas ya no resulta válido debido a los supuestos particulares que se usaron en cada uno de esos estudios para estimar la recarga subterránea en el periodo futuro. En este sentido, se consideró que la recarga subterránea varía de manera proporcional a la variación de la precipitación. Por lo tanto, para estimar la recarga acuífera futura, se aplicó la variación de precipitación del GCM considerado (CSIRO-Mk3-6-1) 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)
010	Altiplánicas	-	-35.0	-
011	Quebrada de la Concordia	112	-24.0	85
012	Río Lluta	1300	-30.3	906
013	Río San José	1043	-29.7	733
014	Costeras R. San José-Q.Camarones	-	-32.2	-
015	Q. Río Camarones	2152	-36.9	1358

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

Es posible observar que, ante la baja de precipitación proyectada por el GCM seleccionado como escenario desfavorable, se prevé un descenso de la recarga equivalente. Además, considerar que la recarga es una variable que se evalúa de manera constante para un periodo, por lo que se utiliza el valor promedio de los periodos histórico y futuro. Finalmente, es importante mencionar que no existen fuentes disponibles para todas las cuencas, de modo de estimar la recarga, lo que se menciona también en el acápite ii. En el Anexo 01.03 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 65% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, en todas las cuencas se proyecta un aumento importante en la cantidad de años con sequía en comparación al periodo histórico (ver Anexo 01.03.02).

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

Código BNA	Nombre Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
010	Altiplánicas	14.7	14.6	-0.7
011	Quebrada de la Concordia	5.6	8.0	43.5
012	Río Lluta	11.8	13.7	15.4
013	Río San José	7.1	8.9	25.4
014	Costeras R. San José-Q.Camarones	3.5	5.8	65.3
015	Q. Río Camarones	7.9	8.2	4.7

Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en consideración que los eventos extremos no se deben únicamente al efecto de la intensidad de precipitación, sino que son producto de la sinergia de distintos fenómenos climáticos y geográficos. En este sentido, aspectos como la duración y distribución temporal de la tormenta, fisiografía, humedad del suelo y superficie pluvial pueden llegar a afectar la intensidad de un evento extremo. Al respecto, uno de los aspectos que pueden llegar a tener un mayor impacto es el área pluvial, correspondiente a la superficie que principalmente genera la escorrentía efectiva que deriva en la crecida. Esta superficie pluvial está determinada por el cruce entre la cuenca aporte total a un punto y la posición de la línea de nieve o isoterma 0°C. Por lo tanto, a partir de los eventos observados en el último tiempo, resulta importante tener en consideración que variaciones de la isoterma 0°C pueden provocar un efecto sinérgico que aumente la intensidad de la crecida antes eventos de precipitación, por lo que resulta necesario tomar este aspecto en cuenta. Este tipo de análisis debiera realizarse a escala de cuenca para lograr una correcta estimación, como lo fue el estudio realizado por Mardones y Garreaud (2020) en la zona Central de Chile (30° 38°S), donde se obtuvieron variaciones proyectadas de la isoterma 0°C. En particular, la región de Arica y Parinacota se encuentra aproximadamente entre las latitudes 17° S y 19° S, por lo que no se dispone de un antecedente con una estimación de la variación de la línea de nieve a futuro.

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 Arica y Parinacota, periodo 1912-2017

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	68	22
Aluvión	3	0

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023, se observan seis (6) precipitaciones estivales altiplánicas, los cuales han afectado a alrededor de 152 habitantes de las diferentes comunas de la región, principalmente de Camarones y Putre. Por otra parte, se observa también un (4) evento de remoción en masa los cuales no presenta daños.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observa una (1) inundación ocurrida el año 2019 afectando a las cuencas Río Lluta (código BNA 012) y Río San José (código BNA 013). La Tabla 2.3-7 presenta las cuencas afectadas por inundaciones y aluviones.

Tabla 2.3-7 Cuenclas afectadas por eventos extremos en la región de Arica y Parinacota, periodo 2017-2023

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
010	Altiplánicas		
011	Quebrada de la Concordia	x	
012	Río Lluta	x	
013	Río San José	x	
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones		
015	Quebrada Río Camarones		

Nota: Celdas en rojo son cuencas afectadas.

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

2.3.3 Calidad de aguas

La calidad del agua para riego en la región de Arica y Parinacota enfrenta desafíos significativos debido a la contaminación por boro, arsénico y cloruros, particularmente en la cuenca del río Camarones, donde el tratamiento del agua y suelo es extremadamente costoso. En la subcuenca del río San José, la infraestructura de riego está siendo mejorada mediante la construcción del Entubamiento del Canal Azapa, financiado en parte por la Ley de Riego N°1.123. En la subcuenca del río Lluta Bajo, se están tomando medidas para mitigar los efectos del agua contaminada, incluyendo la investigación de cultivos tolerantes a la salinidad y la construcción del embalse Chironta. En otras áreas como la precordillera y las cuencas altiplánicas, los problemas de infraestructura y las condiciones climáticas adversas limitan el desarrollo agrícola, aunque hay potencial para mejoras mediante la capacitación y la implementación de nuevas tecnologías de manejo agropecuario (CNR, 2016). A continuación, se presenta la calidad de aguas de la región de Arica y Parinacota en cada cuenca:

- Cuenca Altiplánica (código BNA 010), las cuencas altiplánicas de la Región de Tarapacá se caracterizan por presentar conductividad baja y pH neutro, con altas concentraciones de boro y arsénico. Las concentraciones de macroiones son normales, con predominio del cloruro de sodio (CNR, 2017).
- La cuenca del Río Lluta (código BNA 012), presenta un escurrimiento exorreico permanente en dirección este-oeste. Su cuenca, clasificada como preandina, tiene una longitud de 147 km y sus principales tributarios son el río Azufre y las Quebradas de Caracarani, Colpitas y Socoroma. Caracterizado por la escasez de precipitaciones estacionales, el río Lluta tiene altos contenidos de boro, con concentraciones que oscilan entre 16 y 25 mg/L, clasificándolo como agua clase 4 según la Norma de Calidad en Aguas Marinas. Los eventos aluvionales en la cuenca del Lluta producen erosión en cauces, terrenos adyacentes y suelos agrícolas, ocasionando pérdidas de cultivos y daños en infraestructuras de riego, caminos y redes de agua potable. Estos aluviones también

contribuyen al embancamiento del puerto comercial y al deterioro de playas por el transporte de material particulado. Durante eventos aluvionales estivales, se cuantificó que el Lluta transportó 1,705.47 toneladas de material particulado por día en febrero de 2005. El río Lluta contribuye más material sedimentario estacionalmente que el río San José, aunque este último tiene un mayor impacto en la infraestructura pública y el turismo (Ortega, 2007).

- La cuenca Río San José (código BNA 013), posee escasa información de calidad, principalmente en su zona alta, la cual no puede ser caracterizada de manera adecuada e impide realizar un análisis espacial. En términos promedios, destacan valores elevados de arsénico por sobre la norma de agua potable en el agua superficial, mientras que en las aguas subterráneas se observan valores elevados de cloruros y sulfatos (DGA, 2017).
- Cuenca del Río Camarones (código BNA 015), El río Camarones solo tiene estadísticas en Esquiña y en la desembocadura, las que muestran una conductividad alta y creciente y un pH alcalino. Los contenidos de boro y arsénico son muy altos y los macroiones están en niveles más bien moderados, con predominio del cloruro de sodio, el cual aumenta significativamente aguas abajo (CNR, 2017).
- Cuenca Costeras R. Camarones - Pampa del Tamarugal (código BNA 016), de acuerdo con la caracterización realizada por Plan Nacional de Riego (CNR, 2017)., se presentan las siguientes características:
 - Quebrada Tarapacá: Presenta características similares al río Camiña, aunque el pH es más alcalino y la concentración de arsénico es inferior.
 - Río Coscaya: Presenta una calidad similar a la de la quebrada Tarapacá, pero con concentraciones inferiores en boro y superiores en arsénico.
 - Río Collacagua: Las aguas presentan buena calidad, con baja conductividad y pH levemente alcalino. La concentración de boro es levemente alta.
 - Río Guatacondo: Presenta alta conductividad y pH alcalino. La concentración de boro es alta y la de arsénico levemente alta.

La evaluación de la calidad de las aguas en las cuencas de la región de Arica y Parinacota, específicamente en las cuencas Quebrada de la Concordia (código BNA 011) y Costeras R. San José - Q. Camarones (código BNA 014), presenta una brecha significativa de información. La falta de datos sobre la calidad del agua en estas cuencas impide caracterizar la calidad del agua.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

3.1 INFRAESTRUCTURA HIDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES

En este acápite se da cuenta de las obras de infraestructura, relativas al recurso hídrico relevantes para el propósito de este estudio. Para esto, primero se realizará la identificación de infraestructura existente al año 2023 de acuerdo a los catastros y base de datos públicos existentes; luego se analizará el estado de la infraestructura existente desde el punto de vista de las principales demandas definidas en el acápite 2.1.3, 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 3.1-5.

3.1.1.1 Obras de acumulación

En la región de Arica y Parinacota se identifican tres (3) embalses: el embalse Caritaya, situado en la cuenca Quebrada Río Camarones, el embalse Laguna Cotacotani, ubicado en la cuenca Altiplánicas y el embalse Chironta, ubicado en la cuenca del Río Lluta. Estos embalses en conjunto tienen una capacidad total de 81 hectómetros cúbicos. Según indican las fuentes de información, el principal uso de estos embalses en la región es para riego, alcanzando una utilización del 100% con este propósito. En relación al volumen actual embalsado, hasta la fecha de elaboración de este estudio, no se contaba con información, lo que representa una brecha de información.

En abril del año 2023 se inauguró en la región de Arica y Parinacota el embalse de Chironta, el cual beneficiará a los habitantes de la cuenca del Río Lluta. Este embalse tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 18 millones de metros cúbicos y tiene como objetivo mejorar la eficiencia del riego y la contención de aluviones durante el invierno altiplánico (MOP, 2023). Mayor detalle se encuentra en el Anexo 01.01.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

En la región se identifican dos (2) centrales hidroeléctricas: Chapiquiña, con una potencia de 10,2 MW, y Cosapilla, con una capacidad de 0,5 MW (CEN, 2024).

En cuanto a las termoeléctricas, se ha identificado una (1) instalación denominada central denominada TER Arica, con una potencia de 10,3 MW (CEN, 2024).

3.1.1.3 Infraestructura de distribución y sistemas de riego

Se identificaron 632 bocatomas y 773 kilómetros lineales de extensión en canales en la región de Arica y Parinacota, principalmente ubicados en la cuenca del río San José. No se dispone de información actualizada sobre el estado de estas estructuras, lo que representa una brecha de información. Mayor detalle respecto a la infraestructura de distribución se encuentra en el Anexo 01.01.

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

i. Zonas urbanas

En la región de Arica y Parinacota, se registra una (1) concesión de agua potable operada por la empresa Aguas del Altiplano, abarcando un territorio operacional dentro de la comuna de Arica con una superficie de 30,59 km². Además, se cuenta con una (1) planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) con punto de descarga al mar.

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

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

Cód. Cuenca	Cuencas	N° de Territorios Operacionales	Producción 2022 (m3/año)	Aumento al 2055 (%)
13	Río San José	1	20.016.725	22%

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 Arica

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Aguas del Altiplano	Arica	Arica

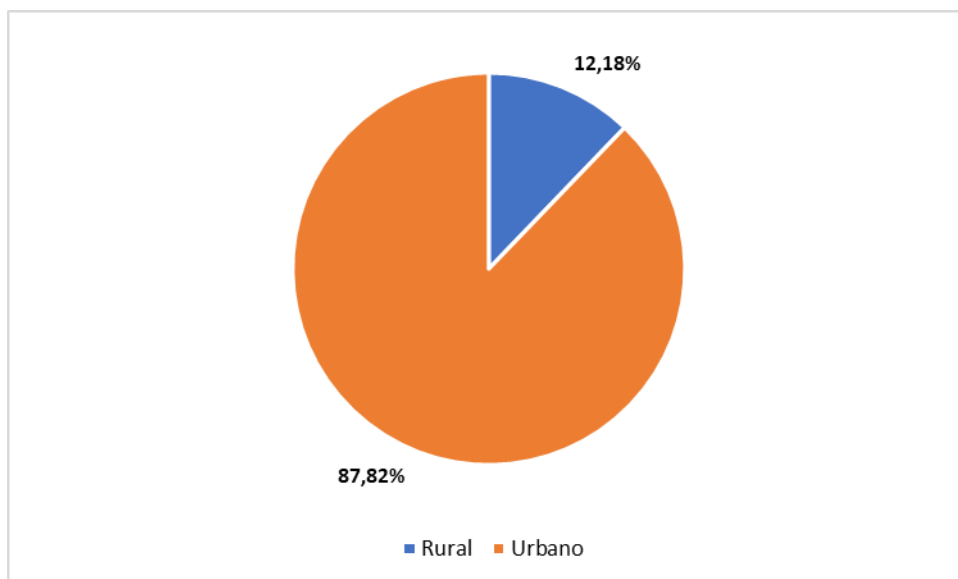
Fuente: Elaboración propia en base a Aguas del Altiplano (2023).

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

Bajo este contexto, y según los datos entregados en el Informe de Coberturas 2022 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023), las cifras de cobertura de agua potable y alcantarillado del sector sanitario en la región de Arica y Parinacota, en las áreas concesionadas, alcanza un 94,1%.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 12,2% del total de viviendas registradas en el censo de población (INE, 2017) en la región de Arica y Parinacota, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 9.283 viviendas y aproximadamente 18.837 habitantes (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017))

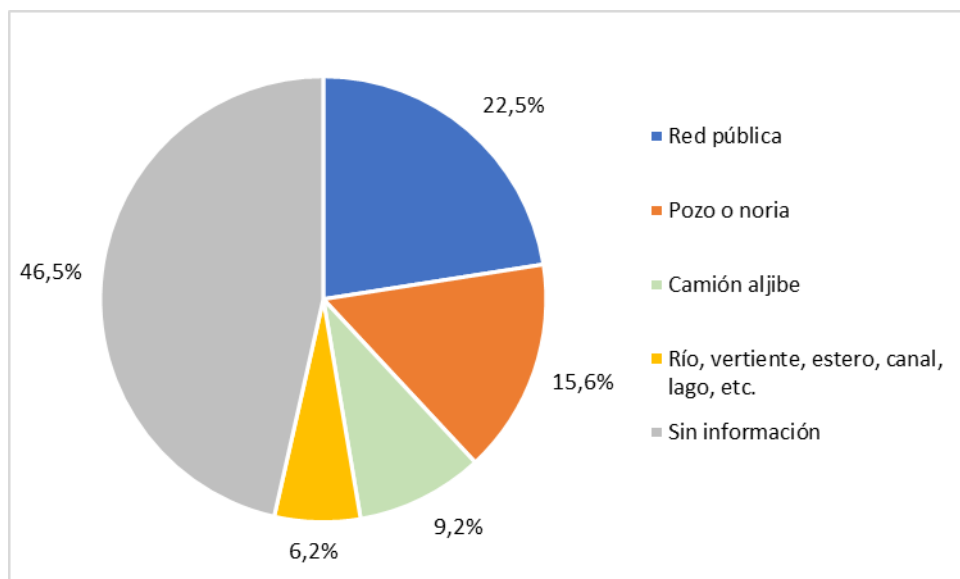
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de Arica y Parinacota 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 46,5% 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 Arica y Parinacota.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 53,5% de los hogares catastrados en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 22,5% (2.089) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁶, mientras que un 9,2% se abastece a través de camión aljibe (ver Figura 3.1-2).

⁶ 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).

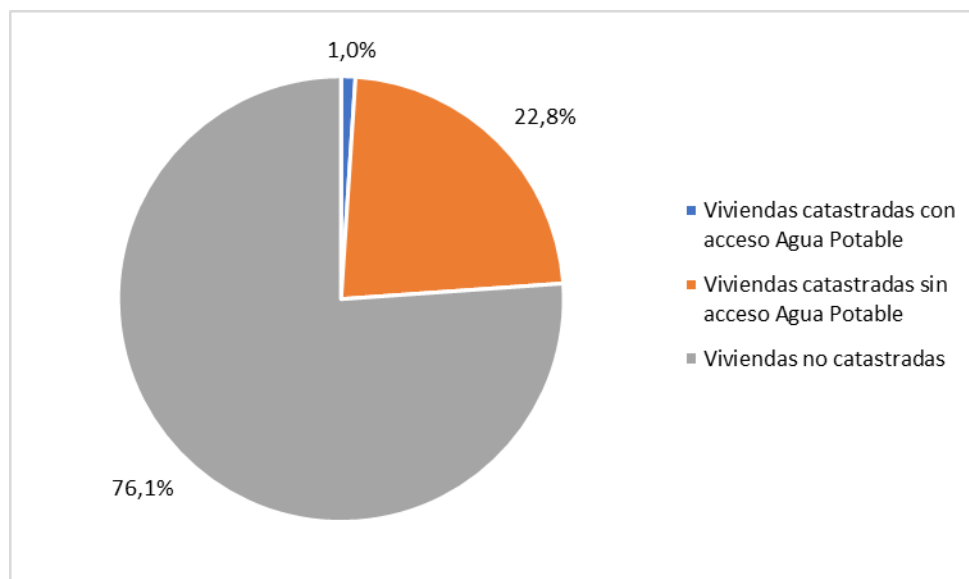
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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, 2020), entrega información del número de viviendas comunales 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 la población rural de tres (3) de las cuatro (4) comunas de la región, concentrando el 23,9% del total de la población rural de la región.

Bajo los datos otorgados por el indicador, un 1% del total de las viviendas rurales de la región de Arica y Parinacota posee conexión a la red de agua potable, mientras que un 1,8% informa no tener acceso a la red de agua potable. (ver Figura 3.1-3).

A modo de resumen, se identifica que un 23,9% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a estos datos, un 22,8% no presenta acceso a la red de agua potable. Por último, se concluye que el indicador BS12 presenta una brecha de información del 76,1% del total de las viviendas rurales de la región de Arica y Parinacota.



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

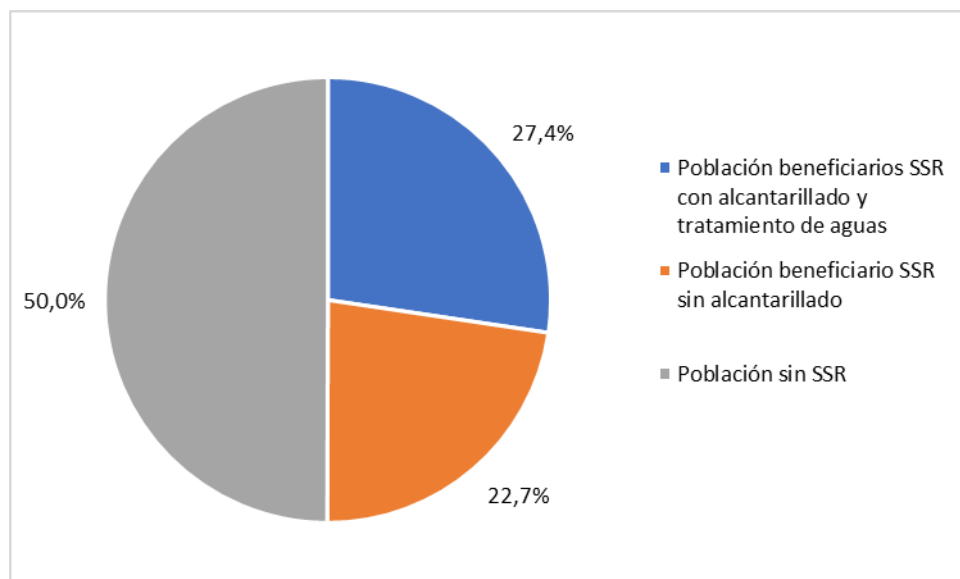
Figura 3.1-3 Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Arica y Parinacota

En cuanto a los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) la Dirección de Obras Hídricas (2021), a partir de ahora DOH, presenta un listado con veinte y cuatro (24) Servicios Sanitarios Rurales para la región de Arica y Parinacota, los cuales abastecen a las cuatro (4) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población, solo existe un número estimado de 14.762 beneficiarios (78,4%), distribuidos en sistemas semiconcentrados y concentrados. En este sentido el catastro revela un déficit de abastecimiento de agua potable de un 21,6% (4.075 habitantes)

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS, 2022) al igual que la DOH presenta un listado de SSR, no obstante, en este listado se encuentran seis (6) SSR de tipo concentrado, los cuales abastecen a dos (2) comunas de la región, concentrado a un 50,1% (9.427 beneficiarios) de la población rural de la región, dejando una brecha de información de un 49,9%.

b) Saneamiento

De acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la SiSS (2022), se menciona que del total de beneficiarios SSR presentes en la región un 27,4% presenta servicio de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas, mientras que un 22,7% menciona no acceder a servicio de alcantarillado. Por último, se observa una brecha de información del 50% de la población rural (ver Figura 3.1-4 y Figura 3.1-4).



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

Figura 3.1-4 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 01.02.

3.1.1.5 Pozos

Se identificó un total de 1.020 pozos de extracción en la región de Arica y Parinacota, de los cuales un 57,35% se identifica para uso de riego, y un 23,82% no presenta clasificación de uso DGA (2023).

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

Se confirma la presencia de acuíferos profundos en la región de Arica y Parinacota, destacando la existencia de un acuífero confinado de la Ignimbrita Sucuna en el sector del río Caritaya, en la cuenca Quebrada Río Camarones, con espesores saturados de al menos 65 metros. Además, se identifican acuíferos fluviales significativos en áreas cercanas al río Camarones en la cuenca Quebrada Río Camarones, con napas freáticas situadas a menos de 10 metros de profundidad y una posible existencia de acuíferos confinados subyacentes. Esta complejidad hidrogeológica proporciona una comprensión esencial para la gestión de los recursos subterráneos en la región.

ii. Recarga artificial de acuíferos

En cuanto a la recarga de acuíferos en la región de Arica y Parinacota, se han realizado al menos dos estudios de evaluación para su implementación. Uno de ellos, elaborado por la Dirección General de Aguas (DGA) en 2013, caracterizó la cuenca del Río San José con

el objetivo de evaluar e implementar la recarga artificial del acuífero de Azapa, identificando zonas potenciales para la infiltración de agua mediante pozos de infiltración (DGA, 2013). Además, otro estudio de la DGA en 2014 examinó la cuenca del Río Lluta, donde se observa la existencia de flujos permanentes que mantienen una napa subterránea relativamente superficial, conectada con el río que recibe alimentación constante de los canales de riego del valle. Aunque actualmente el agua subterránea ya es parcialmente aprovechada, no se descarta la posibilidad de proyectos de recarga artificial en el futuro, lo cual debe evaluarse considerando diversos factores como las condiciones hidrogeológicas, disponibilidad de agua, factibilidad económica y técnica, y aspectos legales (DGA, 2014).

iii. Desalinización

Según la Asociación Chilena de Desalación y Reúso (ACADES, 2023), en la región de Arica y Parinacota existe una planta desalinizadora de agua potable administrada por Aguas del Altiplano, ubicada en la cuenca Río San José, con una capacidad de 200 L/s. Por otra parte, se menciona en el Informe de Infraestructura Compartida (COCHILCO, 2023) la existencia de la desaladora Pampa Camarones ubicada en la cuenca Costeras Río San José – Quebrada Camarones, con una capacidad de 7,5 L/s para uso en las instalaciones y servicios de la minera.

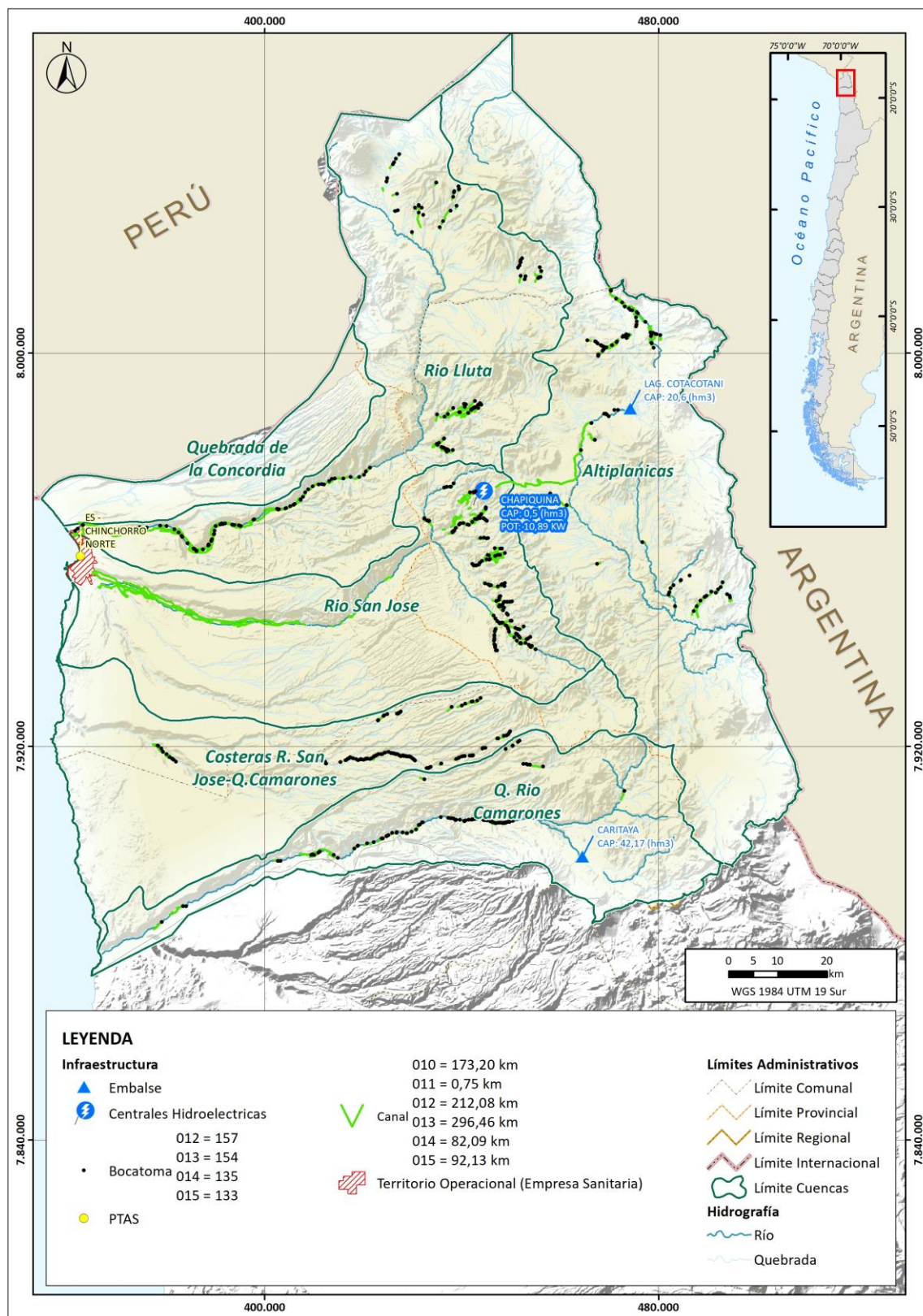
iv. Cosecha de aguas lluvia

La cosecha de aguas lluvias se emplea para el abastecimiento hídrico, principalmente en sectores costeros del norte de Chile. Sin embargo, los volúmenes obtenidos son limitados y solo benefician a algunos habitantes, lo que limita su impacto como una nueva fuente significativa de agua (DGA, 2021). En la región de Arica y Parinacota, aún no se ha implementado ningún sistema de cosecha de aguas lluvias para el abastecimiento hídrico.

v. Uso de aguas servidas tratadas

En Arica y Parinacota, las aguas urbanas reciben un tratamiento primario y se descargan al mar con un caudal medio horario de 400 l/s (DGA, 2022). Se plantea el reúso de aguas como una posible solución, donde el tratamiento dependerá del uso previsto, como secundario para riego o terciario para consumo humano (DGA, 2022). Una alternativa es cumplir con el Decreto N°46/2003⁷ para infiltrar aguas residuales tratadas como recarga artificial del acuífero del Valle de Azapa, ubicado en la cuenca Río San José, con una proyección de 400 L/s para los años futuros, a partir de 2020 (DGA, 2022).

⁷ Decreto N°46 del 2003, por Secretaría General de la Presidencia que establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.



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

Figura 3.1-5 Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Arica y Parinacota

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

Las obras de defensa fluvial se definen como toda obra destinada a controlar las crecidas y los eventos aluvionales que puedan poner en riesgo viviendas, infraestructura o terrenos. En la región de Arica y Parinacota no se cuenta con obras de control aluvional y crecidas o defensas fluviales. Sin embargo, se encuentran iniciativas de esta índole en el Plan Estratégico de Gestión Hídrica del acuífero del Valle de Azapa.

En el caso de la región de Arica y Parinacota no hay planes maestros de aguas lluvias vigentes, tramos colectores ni obras aluvionales.

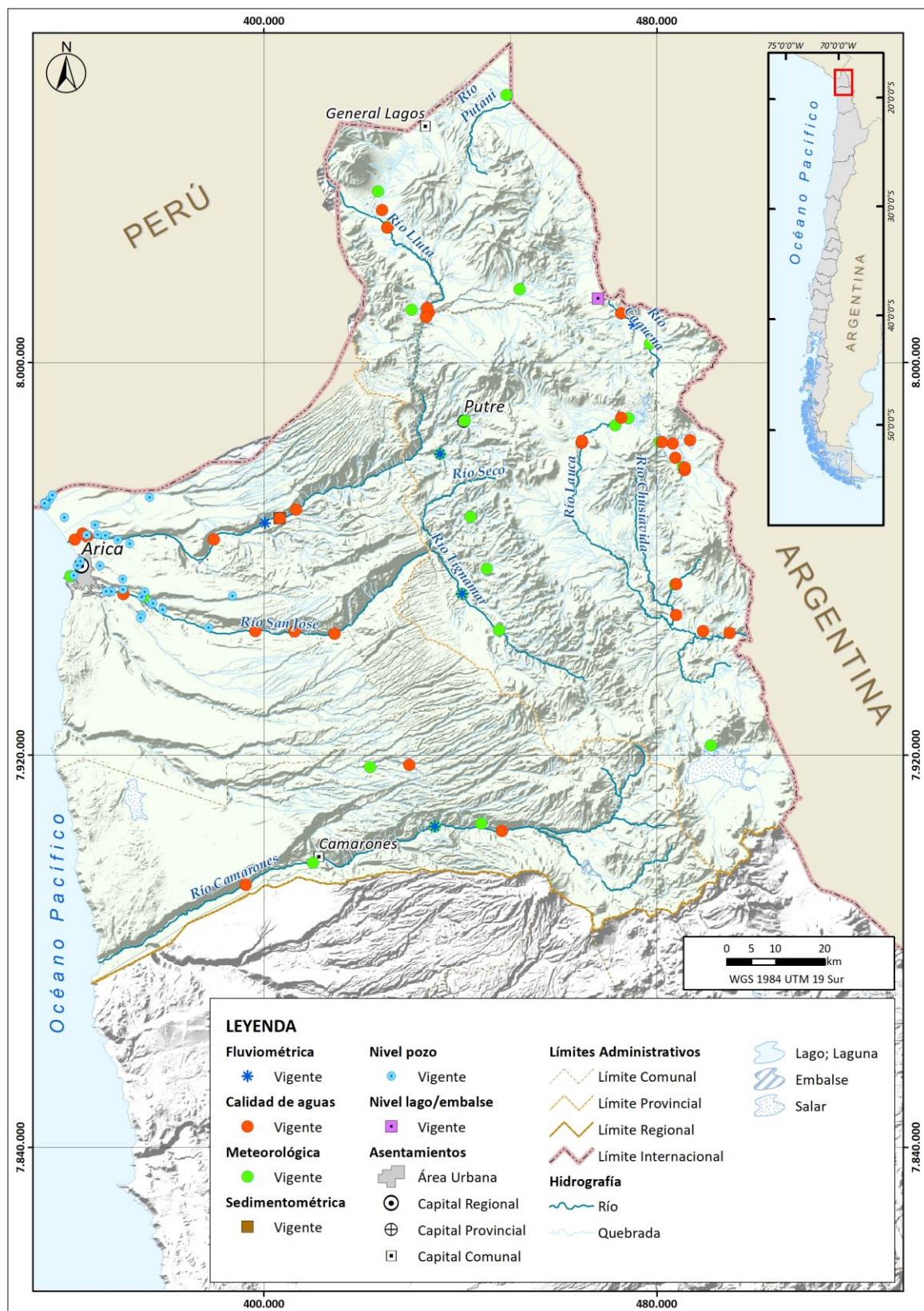
3.1.1.8 Red Hidrométrica

De acuerdo a la DGA (2022), en la región de Arica y Parinacota se encuentran 115 estaciones de monitoreo vigentes que constituyen la red hidrométrica de la región. En la Tabla 3.1-3 se muestra en detalle el tipo de estación presente en cada cuenca de la región y su estado. En la Figura 3.1-6 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. La infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas Altiplánicas, Río Lluta y Río San José.

Tabla 3.1-3 Estaciones de monitoreo de la región de Arica y Parinacota

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	32	0
Fluviométrica	21	0
Meteorológica	28	0
Nivel de pozo	32	0
Sedimentométrica	1	0
Nivel de lago y embalses	1	0
Glaciológica	0	0
Rutas de nieve	0	0
Total	115	0

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)



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

Figura 3.1-6

Red hidrométrica de la región de Arica y Parinacota

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 Arica y Parinacota entre los años 2010 y 2022 detalladas en el Anexo 01.04.

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

A partir de antecedentes revisados de diversos planes de gestión hídrica, con base principal en el estudio “Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas, 2021” (MOP, 2021) , 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 3.1-4.

Tabla 3.1-4 Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	9
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	11
	Defensa fluvial y aluvional	1
	Desalinización	1
	Infraestructura de riego	0
	Infraestructura de distribución de agua	13
	Obras de acumulación de agua	4
	Reúso de aguas residuales	1
	Redes de aguas lluvias	1
	Captación de aguas	1
	Trasvase de aguas	2
	Drenaje de aguas	1
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	0
	Conservación de riberas	3
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	13
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	0
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	6
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	0

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Conservación y restauración de riberas y cauces	1
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	0
	Estudios obras de acumulación de agua	8
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	2
	Conservación obras de riego	2
	Estudio sistemas de riego	16
	Estudios contaminación de aguas	1
	Estudios de saneamiento	0
	Estudios de aguas lluvias	0
	Estudio obras de distribución de aguas	11
	Estudios de desalación	0
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	7
	Estudio de reúso de aguas	4
	Diagnóstico de OUA y DAA	0
	Estudios para abastecimiento de agua potable	0
Medidas de gestión	Creación de capital humano	15
	Análisis situación legal DAA	0
	Fortalecimiento y formalización de OUA	1
	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	2

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. Las iniciativas según tipologías y las características básicas se presentan en la Tabla 3.1-5.

Tabla 3.1-5 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	31	33	18	33
Infraestructura hídrica no estructural	48	48	26	30
Medidas de gestión	22	20	5	7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-6 se presentan las iniciativas que contienen información acerca del estado de su ejecución.

Tabla 3.1-6 Iniciativas con estado de ejecución

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
Infraestructura hídrica estructural	Obras de distribución de agua	3	Perfil (1), Ejecución (2)
	Infraestructura de riego	2	Perfil (2)
	Obras de acumulación de agua	1	Prefactibilidad (1)
	Redes hidrométricas	1	Prefactibilidad (1)
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	1	Perfil (1)
	Conservación y restauración de riberas y cauces	1	Perfil (1)

Fuente: Elaboración propia.

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 Arica y Parinacota

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Aguas del Altiplano S.A.	2022	Arica	Captaciones, mejoramientos en la red de distribución de AP, refuerzo de colectores, renovación de red de AS 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, 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 01.04.

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	41	15.921.806	18.677.251
		APR semi concentrado	21	4.866.111	6.324.267
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	42	19.845.715	23.849.285
		Conservación, mantención y ampliación de SSR existentes	1	98.266	98.266
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	25	13.212.051	15.762.584
		Explotación de obras de riego	12	3.899.865	4.455.988
	Infraestructura de acumulación de agua	Grandes obras de riego	39	155.220.808	195.098.311
	Defensa fluvial y aluvional	Control aluvional	11	528.436	578.731
	Redes hidrométricas	Mantención y operación de la red hidrometeorológica	6	599.919	818.894
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Manejo de recursos hídricos	2	79.816	113.987
		Estudios	7	961.988	1.277.149
	Estudio obras de distribución de aguas	Obras medianas de riego	10	1.119.786	1.162.718
	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	27	20.826.790	25.301.915
		Manejo de cauces	3	205.491	224.930
		Planes maestros de obras fluviales	2	304.541	304.546

Fuente: Elaboración en base a MOP (2023).

CAPÍTULO 4 BRECHAS HÍDRICAS

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

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

4.1 BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO

Se estimó la brecha hídrica a nivel de cuenca (BNA) para cada una de las presentes en la región. Para esto, se consideró como oferta hídrica la curva de frecuencia calculada a partir de los caudales medios anuales, obtenidos del Balance Hídrico Nacional (BHN) en el periodo 1985-2015. Por otro lado, la demanda hídrica se determinó al agregar las demandas consuntivas de los diferentes usos en cada cuenca, siendo estas: agua potable urbana, agua potable rural, agrícola, pecuario, minera, industrial y generación eléctrica, incorporando además la demanda proyectada. Adicionalmente, se incluye la recarga subterránea, proveniente de estudios específicos en la cuenca, por lo que no todas las cuencas disponen de esta información. Finalmente, para las proyecciones de oferta, se consideraron los caudales del BHN del GCM representativo de la región, mientras que, para la recarga subterránea, con el objetivo de lograr una coherencia en el criterio utilizado, se consideró el porcentaje de cambio de precipitación del GCM representativo como la variación en la recarga futura. En el Anexo 01.05 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 superficial⁸ 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:

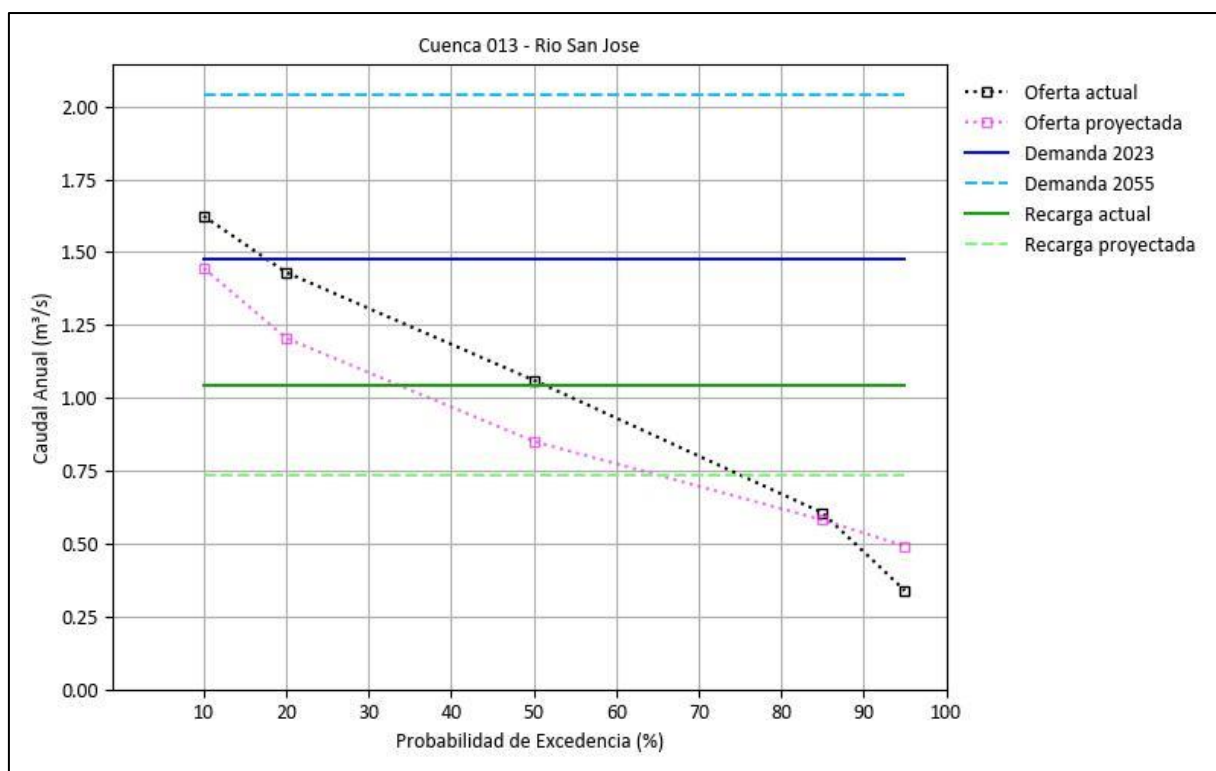
Criterio 1 = cuenca con recursos
Criterio 2 = decreto de escasez vigente
Clasificación final = cuenca en estrés

Para la situación actual de la región, en la Figura 4.1-2 se observan 3 cuencas consideradas **cuencas críticas**, es decir, donde la demanda total supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%, lo que se puede observar en la Figura 4.1-1 para la cuenca del río San José (BNA 013).

Por otra parte, en la misma figura se muestra que hasta 2 cuencas se encuentran en una situación cuya demanda total no supera la oferta disponible con una probabilidad de

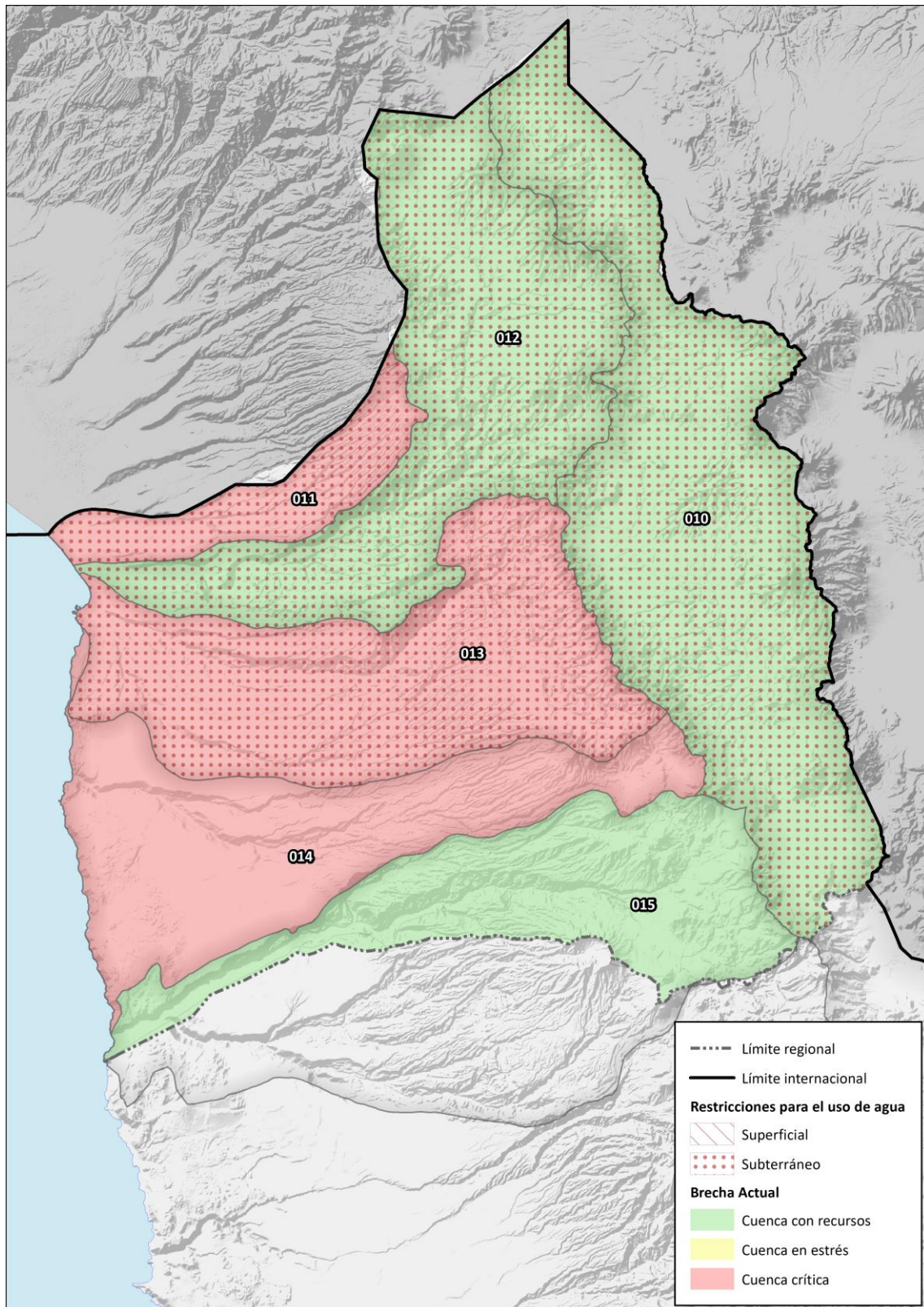
⁸ En base al Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018)

excedencia del 85%, es decir son cuencas **con recursos hídricos disponibles**. No obstante, se debe considerar que cuatro de las cuencas de la región actualmente poseen restricción para el uso de aguas subterráneas, por lo que finalmente dos (BNA 010 y 012) cuencas se reclasifican a **cuencas en estrés** (ver Tabla 4.1-1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 013



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-2 Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Arica y Parinacota

Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de Arica y Parinacota

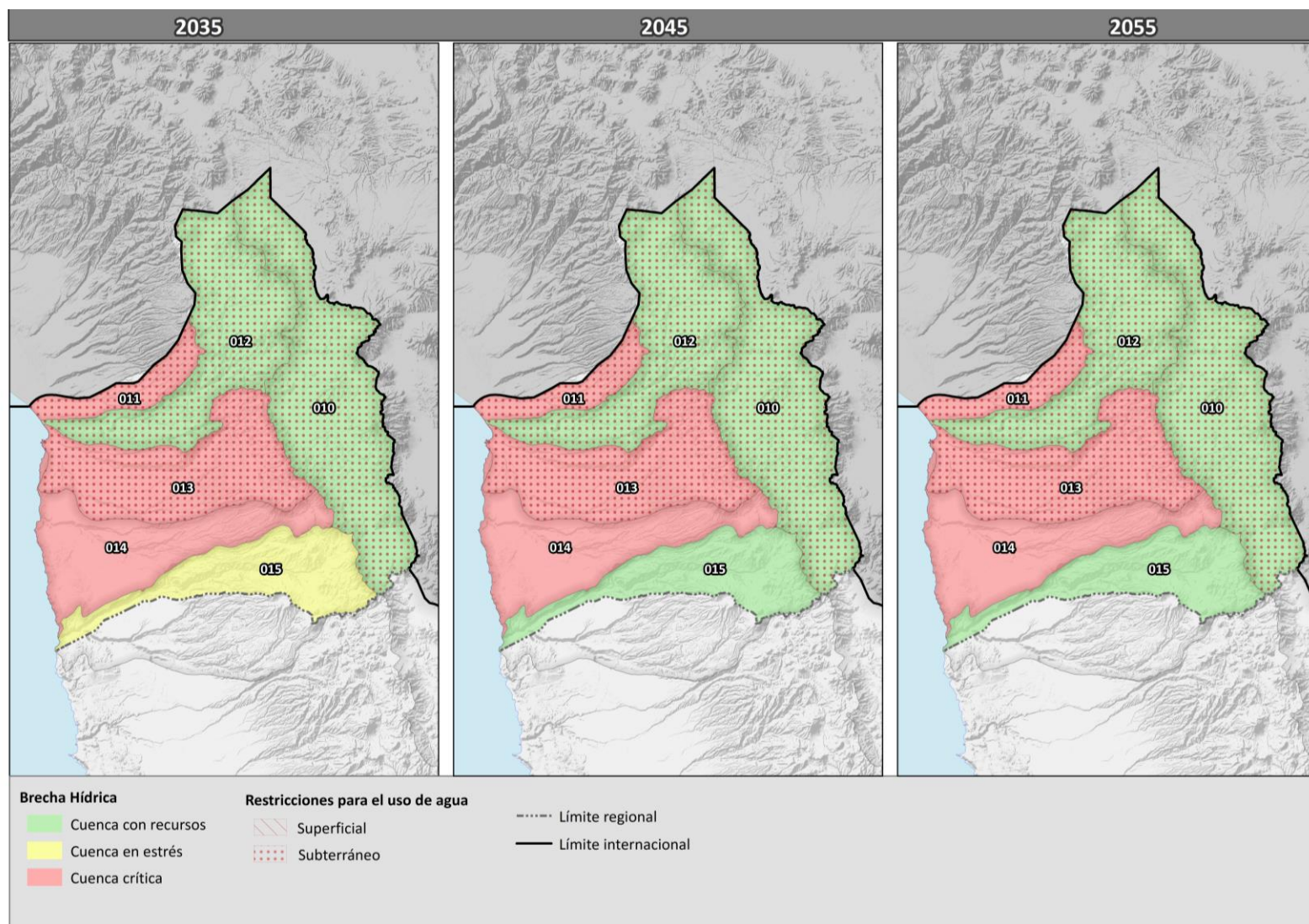
Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
010	Altiplánicas	En estrés	En estrés	En estrés	En estrés
011	Quebrada de la Concordia	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
012	Río Lluta	En estrés	En estrés	En estrés	En estrés
013	Río San José	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
014	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
015	Quebrada Río Camarones	En estrés	En estrés	Con recursos	Con recursos

Fuente: Elaboración propia

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

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

En vista de lo presentado anteriormente, es posible decir que hay cuencas que presentan brechas de información para el completo entendimiento de la situación hídrica, mientras que, del resto de cuencas, se visualiza una situación más crítica en lo que respecta a recursos hídricos en las cuencas del Río Camarones (Código BNA 015) y Río San José (Código BNA 013). Esta selección se realizó considerando aquellas cuencas que cuentan con alguna estimación de la recarga subterránea, la situación hídrica futura sea crítica y que posean magnitudes de oferta y demanda de agua representativas, tal que su situación sea importante a nivel regional. Los resultados muestran que la zona del río Camarones es la más crítica de la región si se considera el periodo 1985-2015 como referencia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-3 Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Arica y Parinacota

4.2 BRECHAS ESTRATÉGICAS

De acuerdo a lo definido en la metodología para el presente estudio (Anexo B del Informe Nacional) se incluirán las siguientes brechas estratégicas:

- Brechas de información: brechas existentes que limiten la caracterización de la cuenca en los siguientes aspectos: ambiental, climáticos, hidrológicos, hidrogeológicos, calidad de aguas, infraestructura, nuevas fuentes existentes, coordinación y gestión hídrica.
- Brechas para la seguridad hídrica: corresponden a los desafíos de seguridad hídrica regional relacionados directa o indirectamente a la disponibilidad de agua, que dificulta el cumplimiento de los objetivos de seguridad hídrica. Las brechas estarán diferenciadas de acuerdo a las dimensiones de seguridad hídrica:
 - i) seguridad hídrica para el consumo humano, la salud y subsistencia,
 - ii) seguridad hídrica para el desarrollo económico,
 - iii) seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas, y
 - iv) seguridad hídrica que promueva la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación.

4.2.1 Brechas de Información

A continuación, se presentan algunas de las brechas de información identificadas durante el diagnóstico. Estas pueden estar vinculadas a información hídrica para la caracterización física de la región, las estimaciones de oferta-demanda o la caracterización de infraestructura.

i. Para caracterización de infraestructura:

- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 46,5% y un 76,1% de las viviendas rurales.
- No se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 21,6% y un 49,9% de la población rural.
- No se posee información en relación al acceso de red de alcantarillado de alrededor de aproximadamente el 50% de la población rural.
- No existe información certera respecto de la cantidad de población rural que posee acceso al servicio de alcantarillado.
- No existen estudios o planes de reúso de aguas servidas.
- No se posee real conocimiento de la situación de acceso al agua potable en áreas rurales debido a que la comuna de Arica no presenta datos en el indicador utilizado para el análisis.

- No se posee real conocimiento de la situación de acceso a la red de alcantarillado en áreas rurales debido a que las comunas de Arica, Putre, Camarones y General Lagos no presentan datos en los indicadores utilizados.
- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS presenta información de saneamiento, pero los catastros se encuentran restringidos a aquellos SSR que poseen tarificación.
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos.
- Déficit de red hidrométrica operativa y consolidada.
- No se cuenta con información actualizada sobre el estado de los canales de riego, lo cual podría llevar a una subestimación de la demanda hídrica.
- No se dispone de información detallada respecto al volumen embalsado de todos los embalses de la región. Esta falta de datos dificulta la evaluación precisa de la capacidad de almacenamiento hídrico disponible, así como la planificación efectiva para el manejo del recurso hídrico y la prevención de posibles crisis hídricas.
- La evaluación de la calidad de las aguas en las cuencas de la región de Arica y Parinacota, específicamente en las cuencas Quebrada de la Concordia (código BNA 011) y Costeras R. San José - Q. Camarones (código BNA 014), debido a que no se cuenta con datos sobre la calidad del agua en estas cuencas impide caracterizar la calidad del agua.
- No hay planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región de Arica y Parinacota.

ii. Para caracterización de oferta-demanda

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

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

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

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

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

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

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

Tabla 4.2-1 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
Se estima además que entre un 22,8% y un 31% de las viviendas rurales catastradas no acceden al agua potable, y que, la brecha de información abarca de entre el 46,5% y el 76,1% del total de viviendas rurales (ver acápite 3.1.1.4i)	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Deficiencias en los sistemas existentes de agua potable y saneamiento en comunidades rurales marginadas de la región de Arica y Parinacota, particularmente en la cuenca del río San José, que requieren mantenimiento y mejoras para garantizar un servicio adecuado.	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% y con problemas de mantención Cobertura menor a o igual a 70% y sin problemas de mantención Cobertura mayor o igual a 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	4	2	2
Se estima que alrededor del 22,7% de la población rural no posee acceso a alcantarillado. Además, se presenta una brecha de información de entre el 50% y el 99% (ver acápite 3.1.1.4 ii)	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentrados y desconcentrados	Deficiencias en los sistemas existentes de agua potable y saneamiento en comunidades rurales marginadas de la región de Arica y Parinacota, particularmente en la cuenca del río San José, que requieren mantenimiento y mejoras para garantizar un servicio adecuado.	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
La proyección de la población rural en las cuencas de la región de Arica y Parinacota, presenta un incremento de alrededor de un 24% en la cuenca del Río San José (código BNA 013) para el año 2055, otra de las cuencas con un importante aumento de población son las cuencas Altiplánicas con un 19% de, las cuencas restantes, proyectan un incremento de alrededor de un 13% de la población para el 2055 en relación al número actual de habitantes. Para las áreas sin presencia de APR, se observa una proyección del 12% de aumento en la población para el año 2055 en la cuenca Quebrada de la Concordia (código BNA 011), Río Lluta (código BNA 012) Río San José (código BNA 013) y las cuencas Costeras Río San José – Quebrada Camarones (código BNA 014). (ver acápite 2.2.2)	Aumento de la demanda de agua potable en áreas sin planificación y sin disponibilidad suficiente.	-	Tasa de migración en las comunas de la región (x1000)	Migración neta mayor o igual a 10 Migración neta menor a 10 y mayor a 0 Migración neta menor o igual a 0	Alta =4 Media =2 Baja =2	4	1	2	1	4	4
El mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 94,5% del total de clientes en la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los Clientes Residenciales presentan en promedio un descenso en la tasa de crecimiento de un 0,001% En base al comportamiento de la última década y las proyecciones de población del censo de población y vivienda, se observa un aumento de clientes y consumo de agua potable urbana en la región. Bajo la condición de sequía extrema que se vive a nivel nacional, es una situación que genera gran incertidumbre en cuanto a la garantía de la cobertura del recurso hídrico.	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) (acápites 2.2.1)	Alta Criticidad = Tasa de crecimiento mayor a 8% Alta Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 8% y mayor a 4% Baja Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A

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

Tabla 4.2-1 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 29,8% a nivel regional.	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)	Ausencia de estándares establecidos para la infraestructura urbana de agua potable y saneamiento, lo que limita la promoción y ejecución de proyectos de alta calidad en áreas desatendidas.	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	N/A	N/A	2	N/A	N/A
Según la Asociación Chilena de Desalación y Reúso (ACADES, 2023), los proyectos en Arica y Parinacota consisten en dos plantas desalinizadoras de agua potable. Una de ellas, ubicada en Aguas Altiplano en la cuenca Río San José, tiene una capacidad de 200 L/s, mientras que la otra, perteneciente al Grupo EPM, tiene una capacidad de 75 L/s.	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Insuficiente desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas en áreas urbanas y rurales. Carencia en la investigación e identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos. Falta de un sistema de infraestructura de alto estándar y amplia cobertura que incorpore nuevas fuentes de agua, lo que dificulta la reducción de pérdidas en la conducción intradomiciliaria y la optimización del uso hídrico urbano.	Uso de fuentes no convencionales de agua en consumo humano	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales para consumo humano Se planifica la implementación de proyectos públicos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	1	4	4

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 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. La metodología será tratada en el Anexo B del Informe Nacional.

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
En la región de Arica y Parinacota, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 54%. Esta eficiencia varía entre un 71% y un 44%, siendo la cuenca "Quebrada de la Concordia" la que presenta el valor más alto, y las cuencas "Altiplánicas" el valor más bajo. Esta disparidad en la eficiencia de aplicación de riego, entre cuencas, sugiere la necesidad de promover mejoras en la gestión del agua con el fin de aumentar la productividad de los cultivos y mitigar los impactos del cambio climático (mayor detalle en Anexo 01.02)	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Falta de mecanismos de incentivo efectivos para promover iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso sostenible del agua.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 50% 50% < Eficiencia de riego < 70% Eficiencia de riego ≥ 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	2	2	4	4
En la región de Arica y Parinacota se identifican aproximadamente 773 km de canales, ubicados principalmente en las cuencas Río San José y Río Lluta, donde se concentra aproximadamente el 65% 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 01.01). Sumado a la red de canales se identifican tres embalses: el embalse Camarones, situado en la cuenca Q. Río Camarones, el embalse Laguna Cotacotani, ubicado en la cuenca Altiplánicas y el embalse Chironta, ubicado en la cuenca del Río Lluta.	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego y embalses.	Falta de mecanismos de incentivo efectivos para promover iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso sostenible del agua. Carencia de mejoras en la infraestructura de riego, canalización y almacenamiento, y en la expansión de las áreas cultivadas, lo que restringe el desarrollo rural sostenible y la optimización del uso de los recursos hídricos. Necesidad de reparación y construcción de infraestructura hidráulica, como el embalse de Chironta, para mejorar la disponibilidad de agua y permitir el uso eficiente de los recursos hídricos, respaldando el desarrollo potencial del valle.	Longitud total de canales de riego y presencia de embalses con necesidad de reparación.	Concentra más del 25% de los canales de la región. Hay presencia de embalses. Concentra entre el 5% y el 25% de los canales de la región. Hay presencia de embalses Concentra menos del 5% de los canales de la región. No hay presencia de embalses.	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	1	4	4	2	2
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de Arica y Parinacota aumentará en un 61% para el año 2055. A pesar de que en los últimos 14 años se ha observado un cambio significativo hacia la reducción de cultivos frutales y aumento de praderas mejoradas, las 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.	Falta de mecanismos de incentivo efectivos para promover iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso sostenible del agua.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 45% 10% < Variación ponderada de la demanda < 45% Variación ponderada de la demanda ≤ 10%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	2	2	1	1
En la región de Arica y Parinacota, actualmente se identifican Juntas de Vigilancia (JV), Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) y Comunidades de Aguas (CA). No se ha identificado la presencia de Asociaciones de Canalistas (AC).	Descoordinación entre las instituciones con atribuciones en la gestión del agua de la cuenca (Juntas de vigilancia, organizaciones de usuarios, organismos del Estado, etc.).	Deficiencias en el fortalecimiento de las organizaciones de usuarios del agua, lo que limita una administración efectiva y participativa de los recursos hídricos.	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	2	2	4	2
En la región de Arica y Parinacota, la industria manufacturera y la minería destacan como las principales actividades económicas que demandan recursos hídricos. Se proyecta que para el año 2055, la demanda total de agua por estas actividades aumentará en un 43% con respecto a los niveles del año 2023. Ante este panorama, resulta imprescindible implementar tecnologías innovadoras y eficientes para una gestión sostenible del recurso hídrico (mayor detalle en acápites 2.2.5 y 2.2.6 del estudio).	Déficit de modernización de tecnologías y optimización del uso a través de equipos y procesos para la eficiencia hídrica en la producción minera e industrial	Insuficiencia en la investigación y la innovación para identificar nuevas fuentes de agua, lo que afecta la capacidad de lograr una gestión del agua eficiente, sostenible y asequible.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica de los principales sectores productivo (mayor aporte de PIB Regional) (Sector industrial y minero, periodo 2023-2055)	Variación ponderada de la demanda ≥ 10% 5% < Variación ponderada de la demanda < 10% Variación ponderada de la demanda ≤ 5%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	4	4	1	1

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
En la región de Arica y Parinacota se identifican tres embalses: el embalse Camarones, situado en la cuenca Q. Río Camarones, el embalse Laguna Cotacotani, ubicado en la cuenca Altiplánicas y el embalse Chironta, ubicado en la cuenca del Río Lluta. Estos embalses en conjunto tienen una capacidad total de 81 hectómetros cúbicos. Según indican las fuentes de información, el principal uso de estos embalses en la región es para riego, alcanzando una utilización del 100% con este propósito (mayor detalle en Anexo 01.01). En relación al volumen actual embalsado, hasta la fecha de elaboración de este estudio, no se contaba con información. Si bien, no se dispone de información respecto al volumen embalsado, las proyecciones de la oferta hídrica superficial indican una tendencia a la baja hasta el año 2055, lo que podría reducir los volúmenes embalsados (ver acápite 2.3.1.1 del estudio para más detalle). Estos datos sugieren la necesidad de diversificar las fuentes de agua y planificar la gestión del recurso hídrico a largo plazo.	Disminución de aportes superficiales a grandes obras de acumulación (embalses).	-	Disminución de la oferta hídrica a obras de acumulación. (Periodo 2025-2055).	Disminución de la oferta hídrica superficial a obras de acumulación ≥ 30% 20 % < variación de la oferta hídrica superficial < 30% No se identifican embalses o disminución de la oferta hídrica superficial ≤ 20%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	4	2
En la región de Arica y Parinacota se han implementado obras multipropósito destinadas a garantizar el suministro de agua mediante fuentes no convencionales, así como proyectos futuros en esta línea. Estas obras abarcan la recarga artificial de acuíferos, la instalación de desaladoras y el uso de aguas servidas tratadas, distribuidas en 3 cuencas de la región. En las demás cuencas, no se han identificado obras en funcionamiento ni proyectos futuros hasta el momento (mayor detalle en acápite 3.1.1.6 del estudio).	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el desarrollo de actividades productivas a escalas relevantes.	Falta de desarrollo de una infraestructura hídrica multipropósito y resiliente al clima, lo que impide el aprovechamiento de las soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos.	Presencia de obras o proyectos multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales. Se planifica la implementación de proyectos multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales. Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	2	2	1	4
Parte de los recursos hídricos de la región de Arica y Parinacota no se encuentran en su totalidad dentro del territorio nacional, habiendo algunas cuencas de carácter compartido con Perú, como es el caso de la cuenca Quebrada de la Concordia.	Insuficientes acuerdos para la gestión de recursos hídricos compartidos	Insuficiente levantamiento de información y sistema de monitoreo exhaustivo para el sistema acuífero transfronterizo en la cuenca Quebrada de La Concordia, impidiendo un conocimiento integral y efectivo de este recurso vital.	Existencia de un protocolo específico para recursos hídricos compartidos	No existe protocolo y no se está trabajando en uno Se está trabajando en un protocolo Existe protocolo	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	4	N/A	N/A	N/A	N/A

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

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.

Tabla 4.2-3 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
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.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	Insuficiencia en la implementación de tecnologías avanzadas y programas específicos para mejorar la calidad del agua, diversificar y fortalecer la producción agrícola, y reducir impactos contaminantes.	Calidad de agua respecto a la presencia del parámetro boro, arsénico, cloruros o sulfatos (acápite 2.3.3)	Alta criticidad: Presencia de al menos dos elementos en altas cantidades (Boro / Arsénico / Cloruros / Sulfatos) Media criticidad: Presencia de al menos un elemento en altas cantidades (Boro / Arsénico / Cloruros / Sulfatos). Baja criticidad: Sin presencia de elementos evaluado.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	s/i	2	4	4	4
El deterioro de la calidad de agua debido a las descargas de aguas servidas en el área urbana y rural, es una situación que se agrava con la escasez hídrica de la región.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	-	% de cobertura de alcantarillado	70% de cobertura o inferior=Alta criticidad. 70 al 90%=Media criticidad. Sobre el 90%=Baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	2	2	2	4
Las cuencas con una demanda hídrica del sector minero por encima del promedio regional pueden indicar una mayor actividad minera en esas áreas. Se presenta un alto riesgo de contaminación de las aguas por parte del sector industrial y minero debido al incremento significativo en la demanda hídrica del sector minero, lo cual sugiere una mayor probabilidad de exposición de los relaves mineros en desuso a eventos hidrolimáticos extremos. Dado que no tenemos información específica sobre la ubicación exacta de los relaves mineros abandonados en cada cuenca, este enfoque nos permite estimar el riesgo relativo en función de la actividad minera en cada área.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones	-	Relaves en desuso en la Cuenca.	Mas de 10 relaves abandonados o efluentes reportados=Alta criticidad. Entre 5 a 10 relaves o efluentes reportados= Media criticidad. Menor a 5 relaves abandonados o efluentes reportados =Baja criticidad.	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2
Los sistemas adyacentes a los sistemas acuáticos sufren constante presión debido al incremento de la población y las actividades productivas como la minería y extracción de recursos, agricultura, entre otros.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo o uso productivo intensivo	Necesidad de promover el uso sostenible del suelo y la recuperación de áreas degradadas, junto con la implementación de prácticas agrícolas y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y la erosión.	Tasa de deforestación en función de la demanda forestal. (Dda25 - Dda35)/Dda25 (%)	Alta criticidad: Tasa de variación demanda forestal mayor al 2%. Media criticidad: Tasa de variación demanda forestal entre 0% y 2%. Baja criticidad: Tasa de variación demanda forestal negativa o menor al 0%.	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	N/A	1	N/A	N/A
La ausencia de normas secundarias de calidad ambiental en las aguas superficiales no permite que se restablezca la calidad de aguas de los cuerpos lacustres y humedales con problemas de eutrofización. Para una gestión sostenible se debe avanzar en normativa específica en protección ambiental más allá de la protección de la salud humana (normas primarias de calidad ambiental).	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	2	2	2	2	2	2
La falta de normas secundarias de aguas subterráneas es fundamental para prevenir la contaminación de los acuíferos, que cobran más importancia en zonas áridas sin otra fuente de abastecimiento.	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	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 4.2-3 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas e hidrometría	Insuficiencia en el control de caudales y en la evaluación de la sustentabilidad del acuífero transfronterizo, así como en el estudio del comportamiento hidrogeológico en la frontera Chile-Perú, lo que afecta la capacidad para entender y manejar los impactos de cambios en la disponibilidad de agua del sistema Lauca. Necesidad de desarrollar medidas paliativas para mitigar los efectos de la calidad del agua en la producción agrícola de la región, incluyendo la implementación de sistemas avanzados de monitoreo que aseguren la continuidad y eficacia de la agricultura local frente a variaciones en la calidad del agua.	Número de parámetros monitoreados, información disponible en línea de la página de la Dirección General de Aguas (se seleccionan los últimos 6 años de periodo), Complementado con número de estaciones fluviométricas	Alta criticidad: Menos de 10 parámetros monitoreados y sin estaciones fluviométricas Media criticidad: Entre 20 a 30 parámetros monitoreados o con al menos 1 estación fluviométrica Baja criticidad: Más de 40 parámetros monitoreados y/o con dos o más estaciones fluviométricas	Alta =4 Media =2 Baja =1 1	2	4	2	2	4	2
La pérdida de la capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas superficiales se debe principalmente a la insuficiencia del caudal ambiental necesario para la mantención de humedales ribereños. Estos humedales, ubicados en zonas medias y altas de las cuencas, son cruciales para la regulación y purificación del agua, y su deterioro afecta directamente la calidad del agua superficial.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas y mantener servicios ecosistémicos	Deficiencias en la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico, especialmente en la mejora de la información hídrica y el desarrollo de estudios de biodiversidad y servicios ecosistémicos necesarios para una toma de decisiones informada.	Comparación de lo obtenido en la oferta hídrica y caudal de protección ambiental como: Oferta Hídrica / Caudal de Protección Ambiental	Alta Criticidad: Oferta hídrica menor al 40% del caudal ambiental necesario. Media Criticidad: Oferta hídrica entre 40% y 75% del caudal ambiental necesario. Baja Criticidad: Oferta hídrica mayor al 75% del caudal ambiental necesario.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	N/A	4	2	N/A	4
Los humedales son ecosistemas cruciales que proporcionan numerosos servicios ecosistémicos como la regulación del agua, retención de sedimentos, recarga de acuíferos y conservación de la biodiversidad. La degradación y pérdida de estos servicios debido a la insuficiencia del caudal ambiental, amenaza el medio ambiente y el bienestar humano. La reciente Ley de Humedales busca abordar esta problemática, pero su implementación aún es limitada y se enfrenta a desafíos legales y prácticos.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático	Deficiencias en la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico, especialmente en la mejora de la información hídrica y el desarrollo de estudios de biodiversidad y servicios ecosistémicos necesarios para una toma de decisiones informada.	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	1	N/A	2	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 4.2-4 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas. La metodología será tratada en el Anexo B del Informe Nacional.

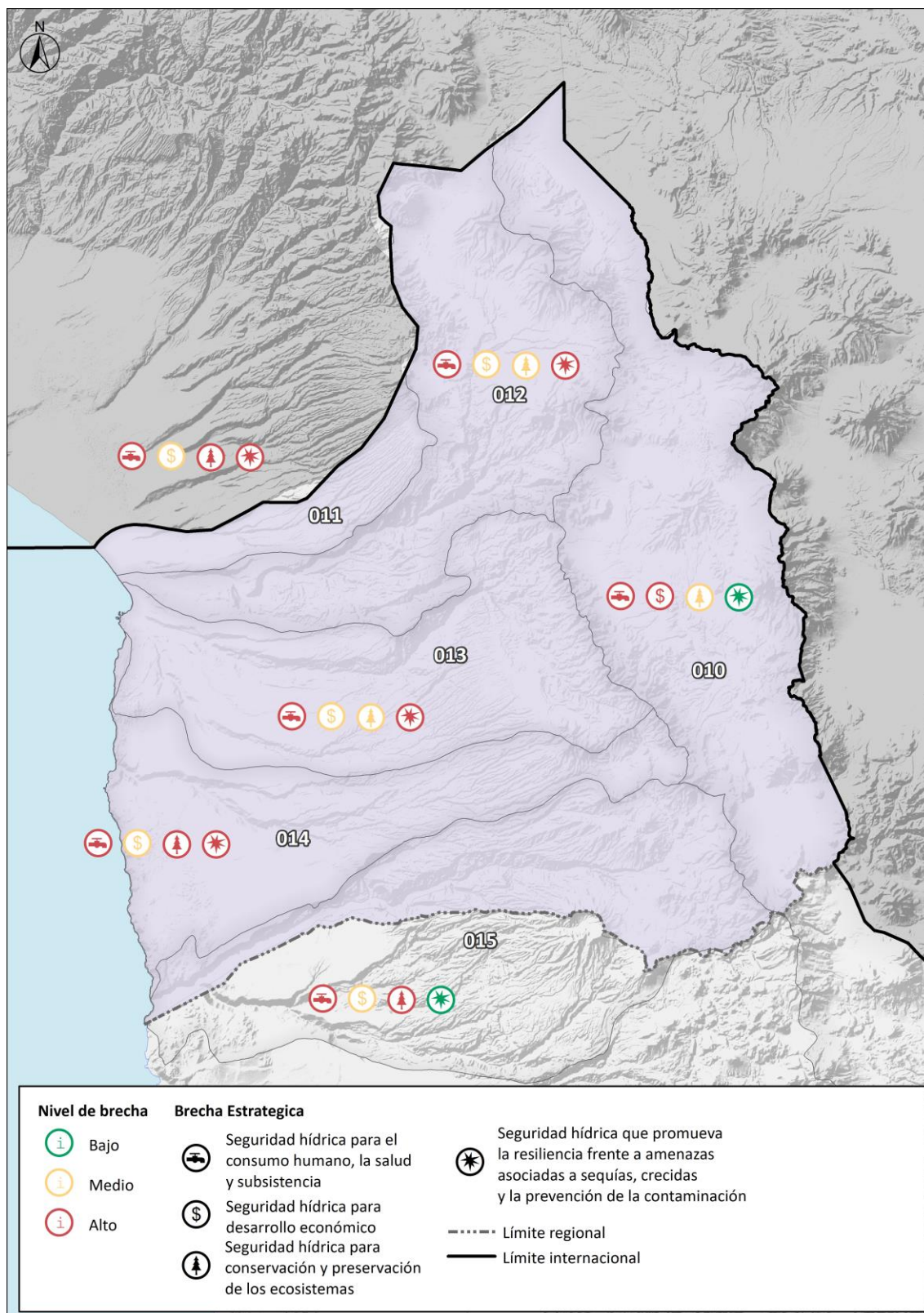
Tabla 4.2-4 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por Cuenca Región de Arica y Parinacota

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Altiplánicas	Quebrada de la Concordia	Río Lluta	Río San José	Costeras entre Río San José y Quebrada Camarones	Quebrada Río Camarones
Si bien se observan planes de riesgos de desastre, incendios, tsunami y remoción en masa. No se identifican dentro de la región planes maestros de aguas lluvias y drenaje	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	-	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápites 2.3.2)	Variación porcentual sobre 20% de Pp24 en eventos extremos u Ocurrencia Histórica (Inundación o Aluvión) Variación porcentual entre 1 y 20% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 1% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	4	4	4	4	2
Dentro de la región no se observa infraestructura de resiliencia, no obstante, se identifican iniciativas relacionadas a la mitigación de impactos en el plan de gestión estratégica de la cuenca del valle de Azapa.	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Insuficiencia en la conservación y mantenimiento de defensas fluviales en la zona alta del valle del río Lluta y río San José, lo que impide regular adecuadamente las crecidas y mitigar daños a la infraestructura y zonas agrícolas afectadas durante el invierno altiplánico. Necesidad de desarrollar un programa para la gestión sostenible y resiliente de relaves mineros, fortaleciendo la seguridad frente a eventos climáticos extremos y mejorando la resiliencia en la región.	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	4	2	2	2	1
Dentro de la región no se observa infraestructura de resiliencia, no obstante, se identifican iniciativas relacionadas a la mitigación de impactos en el plan de gestión estratégica de la cuenca del valle de Azapa.	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Falta de servicios de infraestructura resilientes a desastres socio-naturales y adaptados a los efectos del cambio climático en la región, lo que limita la capacidad de reducir la exposición ante eventos de precipitación extrema, aluviones e inundaciones.	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	4	2	2	2	1

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Resumen de brechas estratégicas

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2-1 Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Arica y Parinacota

4.3 BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA

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

4.3.1 Desarrollo matriz OAI

4.3.1.1 Objetivos

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

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

- Garantizar el derecho humano al agua y promover su gestión sostenible mediante la implementación de infraestructuras y servicios de suministro de agua y saneamiento de alta calidad, que fomenten la equidad social, con especial atención a las comunidades vulnerables tanto en áreas urbanas como rurales. Esto implica fortalecer integralmente la infraestructura, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en las cuencas de Arica y Parinacota. Esto incluye identificar debilidades clave y emprender las mejoras necesarias para garantizar el funcionamiento eficiente, sostenible y resiliente a largo plazo de estos sistemas.
- Reducir la vulnerabilidad de la población ante riesgos socio-naturales mediante el fomento del desarrollo de iniciativas de saneamiento y reúso de aguas tratadas, tanto en áreas urbanas como rurales, para mejorar el bienestar de la población, proteger el medio ambiente y generar nuevas fuentes de agua en regiones con escasez hídrica, disminuyendo las brechas sociales y promoviendo la equidad en el acceso a servicios fundamentales como el agua y el saneamiento. Para lograrlo, se priorizará la investigación e identificación de nuevas fuentes de recursos hídricos, un manejo y uso eficiente, sustentable y asequible del agua, la provisión de un sistema de infraestructura de alto estándar y amplia cobertura que incorpore nuevas fuentes, la reducción de pérdidas en la conducción intradomiciliaria, la optimización del uso hídrico urbano, la identificación de nuevas fuentes de captación y la generación de incentivos para la reutilización del agua.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Desarrollar ventajas tecnológicas ligadas a recursos naturales y la formación de capital humano, promoviendo una transición socioecológica justa para la gestión sostenible del recurso hídrico a nivel de cuencas. Esto implica fomentar prácticas y patrones productivos con menores requerimientos de agua, así como tecnologías que aumenten la eficiencia y el uso racional y sustentable del agua, modernizando sistemas y potenciando usos múltiples para asegurar un balance hídrico sostenible. Es crucial conformar un modelo de gestión de cuencas que garantice la sostenibilidad regional a través de un manejo integrado, y desarrollar una fuerte investigación e innovación. Se deben implementar tecnologías avanzadas en cultivos y prácticas eficientes de riego, fortalecer las organizaciones de gestión del agua, habilitar nuevas fuentes de abastecimiento hídrico, y optimizar el tratamiento y reutilización de aguas servidas, todo con el fin de incrementar la disponibilidad hídrica y reducir el consumo, protegiendo el territorio y garantizando un uso eficiente y sostenible del agua.
- Desarrollar e implementar infraestructura supranacional y una gestión hídrica integral y resiliente, adaptada a las dinámicas territoriales y a los desafíos del cambio climático global. Esta infraestructura estratégica fortalecerá los servicios críticos relacionados con el agua, con un enfoque particular en el sistema acuífero transfronterizo presente en la cuenca Quebrada de La Concordia. Se debe realizar un levantamiento de información y establecer un sistema de monitoreo exhaustivo para obtener un conocimiento integral de este recurso vital. La gestión del acuífero transfronterizo será esencial para asegurar un uso eficiente y sostenible del agua, promoviendo la cooperación internacional y protegiendo los recursos naturales en el contexto de un clima cambiante.
- Diversificar la matriz productiva de la economía nacional mediante el desarrollo de sectores estratégicos como la agricultura, asegurando un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico. Se promoverá el dinamismo económico local a través de la gestión integrada de cuencas hidrográficas, garantizando la disponibilidad de agua en zonas de escasez. Para ello, se implementará infraestructura y gestión hídrica multipropósito y resiliente frente al cambio climático, esto incluye la mejora y construcción de infraestructura hidráulica adecuada para la conducción, distribución y acumulación de agua, maximizando el desarrollo la región y garantizando la sostenibilidad del medio ambiente.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Asegurar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura y los sistemas productivos en Arica y Parinacota, adaptados a las capacidades territoriales. Se prioriza la protección de la biodiversidad y el equilibrio entre la conservación de

ecosistemas acuáticos, la seguridad hídrica y la producción sostenible. Se espera implementar tecnologías avanzadas y programas específicos para mejorar la calidad del agua, diversificar y fortalecer la producción agrícola, y reducir impactos contaminantes. Además, se promoverá el uso sostenible del suelo, la recuperación de áreas degradadas y la implementación de prácticas agrícolas y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y la erosión. Arica y Parinacota se destacarán por su infraestructura avanzada y una gestión eficiente de recursos, asegurando un desarrollo económico equitativo y la conservación ambiental de sus territorios.

- Asegurar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico priorizando la mejora de la información hídrica, el desarrollo de estudios de biodiversidad y servicios ecosistémicos para la toma de decisiones, y el control de caudales. En particular para esta región, también se espera evaluar la sustentabilidad del acuífero transfronterizo y estudiar el comportamiento hidrogeológico en la frontera Chile-Perú, con especial atención a los impactos de los cambios en la disponibilidad de agua del sistema Lauca sobre los caudales de la cuenca del río San José. Asimismo, será necesario desarrollar medidas paliativas para mitigar los efectos de la calidad del agua en la producción agrícola de la región mediante sistemas avanzados de monitoreo.

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

- Desarrollar servicios de infraestructura resilientes a desastres socio-naturales y adaptados a los efectos del cambio climático en la región. Esto implica promover una estrategia integral que reduzca la exposición ante eventos de precipitación extrema, aluviones e inundaciones, protegiendo así a la población, servicios críticos y actividades productivas. Se incluye la necesidad de conservar y mantener las defensas fluviales en la zona alta del valle del río Lluta y río San José, para regular crecidas y mitigar daños a la infraestructura y zonas agrícolas afectadas durante el invierno altiplánico. También se espera generar un programa para la gestión sostenible y resiliente de relaves mineros, fortaleciendo la seguridad frente a eventos climáticos extremos y mejorando la resiliencia en la región.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región de Arica y Parinacota (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 138 iniciativas entre 2010 y 2022, distribuidas en conservación de recursos hídricos, consumo humano, desarrollo económico y resiliencia ante eventos extremos. Las iniciativas de infraestructura hídrica estructural corresponden, principalmente, a redes hidrométricas, desalinización, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, reúso de aguas

residuales, redes de aguas lluvias, captación de aguas, trasvase de aguas y drenaje de aguas. 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 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 Arica y Parinacota

Objetivos y problemas identificados en la región (O)		Tipo de iniciativas necesarias para alcanzar objetivos (A)		
Dimensión estratégica	Objetivos regionales específicos	Infraestructura estructural	Infraestructura no estructural	Medidas de Gestión
Seguridad Hídrica Nacional	D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	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	N/A
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	N/A
		Desalinización Reúso de aguas residuales (grises/servidas/lluvia) Recarga artificial de acuíferos	Estudios de desalación Estudio de reúso de aguas Estudios de aguas lluvias Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
D2. Producción sostenible y eficiencia hídrica	Fortalecer la infraestructura hídrica crítica para mejorar la competitividad y abordar los desafíos del agua, particularmente en la agricultura. Se propone desarrollar una infraestructura hídrica multipropósito y resiliente al clima que aproveche las soluciones basadas en la naturaleza para fortalecer los servicios ecosistémicos. También se enfatiza la importancia de la infraestructura estratégica de gestión del agua para permitir el desarrollo rural sostenible, considerando los sistemas hídricos naturales como un soporte fundamental para la planificación y el diseño de intervenciones. Esto incluye mejorar la infraestructura de riego, canalización y almacenamiento, así como aumentar las áreas cultivadas. Además, se apunta a mejorar la disponibilidad de agua mediante la reparación y construcción de infraestructura hidráulica, siendo el embalse de Chironta el principal proyecto. Una infraestructura adecuada para el almacenamiento de agua permitirá el uso eficiente de los recursos hídricos y respaldará el pleno desarrollo potencial del valle.	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
	Desarrollar ventajas tecnológicas y promover servicios de infraestructura especializados para sectores clave en la región, fomentando una transición socio ecológica justa para la gestión sostenible de los recursos hídricos, promoviendo prácticas y tecnologías para conciliar el consumo de agua con la disponibilidad, particularmente en áreas que enfrentan escasez. Para esto se requiere impulsar la investigación y la innovación para identificar nuevas fuentes de agua, permitiendo una gestión del agua eficiente, sostenible y asequible. Se espera promover mecanismos de incentivo para impulsar iniciativas que incrementen la eficiencia y el uso sostenible del agua, incorporando criterios ambientales. Esto incluye establecer un modelo de gestión integrada de cuencas fluviales, impulsar la investigación y la innovación, promover una gestión eficiente de las aguas subterráneas, implementar tecnología y prácticas para productos agrícolas diferenciados y fortalecer las organizaciones de usuarios del agua para una mejor administración de los recursos hídricos.	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
		N/A	Diagnóstico de OUA y DAA	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA Fortalecimiento y formalización de OUA Planes y políticas
		Redes hidrométricas y telemedición	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Creación de capital humano
	Desarrollar e implementar infraestructura supranacional y una gestión hídrica integral y resiliente, adaptada a las dinámicas territoriales y a los desafíos del cambio climático global. Esta infraestructura estratégica fortalecerá los servicios críticos relacionados con el agua, con un enfoque particular en el sistema acuífero transfronterizo presente en la cuenca Quebrada de La Concordia. Se debe realizar un levantamiento de información y establecer un sistema de monitoreo exhaustivo para obtener un conocimiento integral de este recurso vital. La gestión del acuífero transfronterizo será esencial para asegurar un uso eficiente y sostenible del agua, promoviendo la cooperación internacional y protegiendo los recursos naturales en el contexto de un clima cambiante.	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

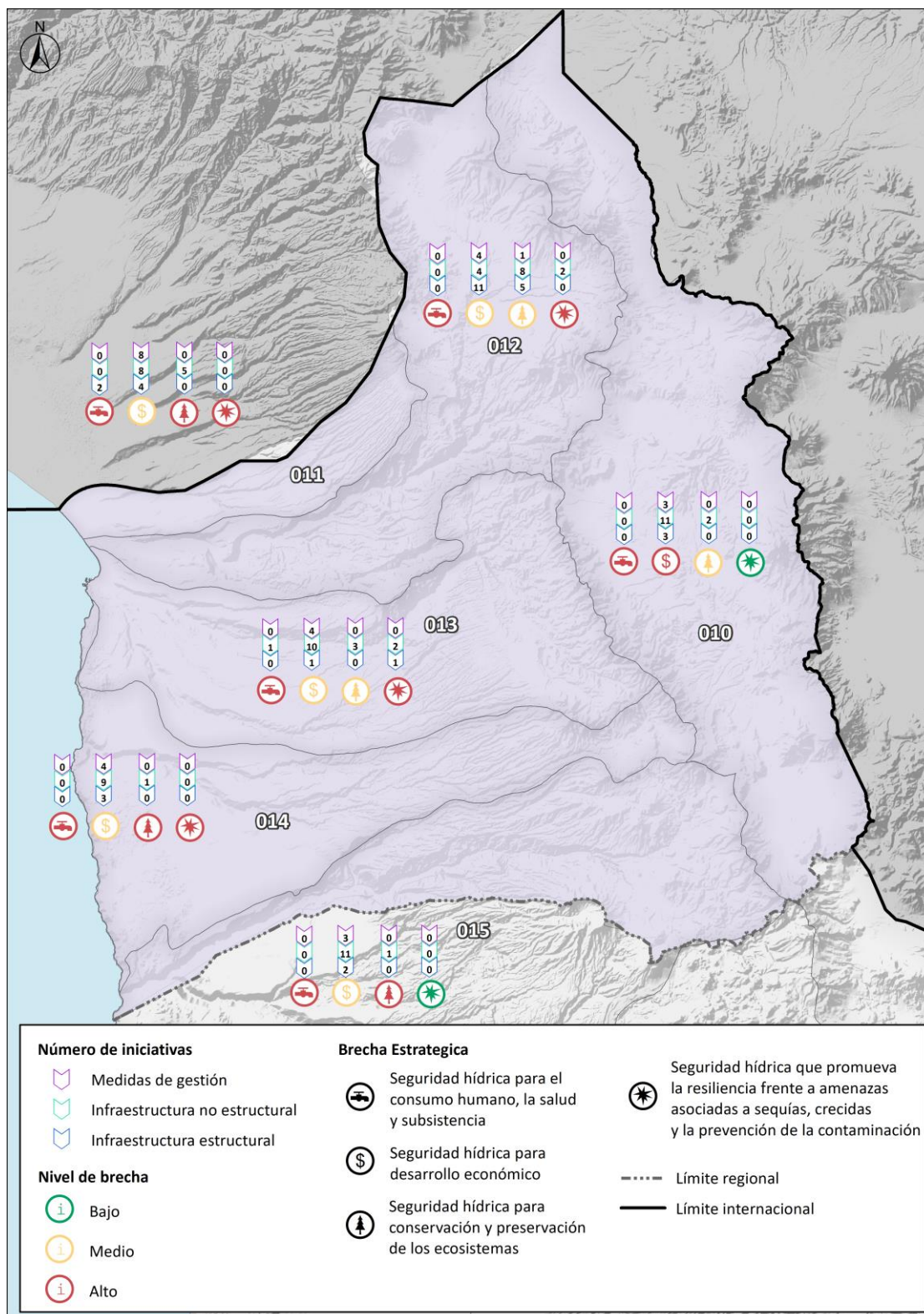
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3-1 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Arica y Parinacota (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	Asegurar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura y los sistemas productivos en Arica y Parinacota, adaptados a las capacidades territoriales. Se prioriza la protección de la biodiversidad y el equilibrio entre la conservación de ecosistemas acuáticos, la seguridad hídrica y la producción sostenible. Se espera implementar tecnologías avanzadas y programas específicos para mejorar la calidad del agua, diversificar y fortalecer la producción agrícola, y reducir impactos contaminantes. Además, se promoverá el uso sostenible del suelo, la recuperación de áreas degradadas y la implementación de prácticas agrícolas y tecnologías sustentables para prevenir la desertificación y la erosión. Arica y Parinacota se destacará por su infraestructura avanzada y una gestión eficiente de recursos, asegurando un desarrollo económico equitativo y la conservación ambiental de sus territorios.	Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua superficial y subterránea Estudios contaminación de aguas	Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Saneamiento y tratamiento de aguas servidas	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Creación de capital humano Manejo riesgos de contaminación de aguas
		Reúso de aguas residuales	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas
	Asegurar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico priorizando la mejora de la Asegurar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico priorizando la mejora de la información hídrica, el desarrollo de estudios de biodiversidad y servicios ecosistémicos para la toma de decisiones, y el control de caudales. En particular para esta región, también se espera evaluar la sustentabilidad del acuífero transfronterizo y estudiar el comportamiento hidrogeológico en la frontera Chile-Perú, con especial atención a los impactos de los cambios en la disponibilidad de agua del sistema Lauca sobre los caudales de la cuenca del río San José. Asimismo, será necesario desarrollar medidas paliativas para mitigar los efectos de la calidad del agua en la producción agrícola de la región mediante sistemas avanzados de monitoreo.	Redes hidrométricas y telemedición	Estudio calidad de agua superficial. y subterránea. Estudios contaminación de aguas	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
		Redes hidrométricas y telemedición	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Creación de capital humano Planes y políticas
		Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación y restauración de riberas y cauces	Manejo de normas ambientales e hídricas Manejo riesgos de contaminación de aguas Reservas de agua
		Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación y restauración de riberas y cauces Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	Manejo de normas ambientales e hídricas Reservas de agua Planes y políticas
D4. Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación	Desarrollar servicios de infraestructura resilientes a desastres socio-naturales y adaptados a los efectos del cambio climático en la región. Esto implica promover una estrategia integral que reduzca la exposición ante eventos de precipitación extrema, aluviones e inundaciones, protegiendo así a la población, servicios críticos y actividades productivas. Se incluye la necesidad de conservar y mantener las defensas fluviales en la zona alta del valle del río Lluta y río San José, para regular crecidas y mitigar daños a la infraestructura y zonas agrícolas afectadas durante el invierno altiplánico. También se espera generar un programa para la gestión sostenible y resiliente de relaves mineros, fortaleciendo la seguridad frente a eventos climáticos extremos y mejorando la resiliencia en la región.	Redes de aguas lluvias Drenaje de aguas	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Redes de aguas lluvias Drenaje de aguas	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas
		Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres Defensa fluvial y aluvional	Estudios de riesgo fluvial y aluvional Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	Manejo de quebradas Manejo de normas ambientales e hídricas Planes y políticas

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo anterior, en la Figura 4.3-1 se presenta un resumen del número de iniciativas catastradas en el acápite 3.1.2 y detalladas en el Anexo 01.04, 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 Arica y Parinacota

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre factores técnicos y disponibilidad de información

Tras revisar la cartera de acciones y proyectos en la región de Arica y Parinacota, se han identificado varios obstáculos que dificultan la implementación favorable de las iniciativas. Las fichas BIP de los proyectos revisados indican en sus conclusiones que abordan distintas problemáticas y necesidades de mejora.

En primer lugar, se ha observado que muchos proyectos se encuentran en etapas preliminares, tales como la pre-inversión o prefactibilidad, donde se requiere un análisis técnico-económico detallado de las soluciones alternativas y la elección de la solución óptima para abordar los problemas centrales. Esta situación es evidente en proyectos como las obras de control de crecidas y los mejoramientos de calidad del agua de diversos ríos de la región. La dependencia de estudios previos y la necesidad de profundizar en los análisis técnicos y económicos son barreras comunes que retrasan el avance de los proyectos, situación que se ha visto reflejada también en otras regiones.

Asimismo, se identifican discrepancias en los presupuestos detallados presentados, los cuales no siempre coinciden con los costos totales programados en las fichas BIP. Este desajuste es un obstáculo que afecta la viabilidad y la planificación efectiva de los proyectos. Adicionalmente, la falta de actualización de la información en las fichas EDI según los resultados de etapas anteriores genera incertidumbre y confusión en la gestión de recursos y en la continuidad de los proyectos.

Por otra parte, varios proyectos presentan objeciones técnicas que indican la necesidad de una mayor profundidad en el análisis de alternativas estudiadas. Esto incluye aspectos agroeconómicos, impacto en la productividad agrícola y modelos de gestión. La revisión y cumplimiento de términos de referencia son esenciales para garantizar la viabilidad técnica y económica de las iniciativas. En algunos casos, como en los proyectos de mejoramiento de calidad del agua, se requiere un análisis exhaustivo de todas las posibles alternativas y fuentes de información existentes para determinar la solución óptima.

Finalmente, la información proporcionada en los diagnósticos iniciales y perfiles de proyecto a menudo carece de datos cruciales sobre la población objetivo, áreas de influencia y la situación sin proyecto. Esto limita la capacidad de evaluar de manera precisa el impacto y los beneficios potenciales de las iniciativas. Además, se observa la necesidad de ajustar las fichas IDI en concordancia con los cambios y actualizaciones que experimenten las iniciativas a lo largo de su desarrollo.

Estas conclusiones subrayan la importancia de abordar cada proyecto de manera integral y detallada, identificando y superando los desafíos técnicos y financieros que puedan surgir durante su ejecución. La coherencia y actualización de la información, así como la revisión exhaustiva de los términos de referencia, son cruciales para la implementación exitosa de los proyectos en la región de Arica y Parinacota.

ii. Sobre factores socioambientales

En la Región de Arica y Parinacota, el agua es un recurso esencial regulado por normativas, pero enfrenta conflictos debido a la competencia entre sectores como la agricultura, el turismo, la minería y los usos domésticos. Los estudiantes de enseñanza media de la comuna de Putre expresan preocupaciones sobre la disponibilidad y calidad del agua, especialmente aquellos que se identifican como parte de comunidades originarias. Además, muestran desconfianza hacia las autoridades y empresas mineras en relación con el uso del agua. Este conflicto refleja la tensión entre la preservación del recurso y su explotación para el desarrollo económico, destacando la necesidad de abordar estos problemas mediante políticas y programas de educación ambiental, reconociendo el papel de la pedagogía y la preparación de profesionales en este proceso (Amado, 2019).

Sobre los casos conocidos en la región de Arica y Parinacota relacionados a conflictos ambientales y por el agua, de acuerdo a “Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del Mercado” de (Sara Larraín, 2010), son los siguientes:

- **Minera Cerro Colorado (BHP Billiton) y la comunidad indígena de Cancosa:** El conflicto se enmarca en el uso excesivo de aguas subterráneas, lo que ha resultado en la degradación ambiental del territorio ancestral de la comunidad. La empresa ha excedido sus derechos sobre el agua, afectando los bofedales y la actividad agrícola y ganadera de Cancosa. Aunque se han propuesto soluciones, como bombear agua para recuperar los bofedales, el daño ambiental reflejó los impactos en la comunidad, tanto socioeconómicos como psicosociales. A pesar de las sanciones impuestas por incumplimiento ambiental, la empresa ha presentado recursos dilatorios, retrasando la resolución judicial. La comunidad ha buscado justicia a través de demandas legales, mientras que también busca el resurgimiento económico mediante el turismo.
- **Conflicto en el Oasis de Putre, ubicado en la cercanía del Parque Nacional Lauca:** Debido a la extracción de agua por parte de la minera Collahuasi, diversas organizaciones han luchado por detener la sobreexplotación y restaurar los acuíferos, mientras buscan que las autoridades garanticen el desarrollo sostenible. Aunque la Dirección General de Aguas reconoce el desequilibrio entre la demanda y la disponibilidad de agua, se detectó que se propició la explotación intensiva sin perjuicio para terceros o el ambiente. La comunidad demanda

estudios de impacto ambiental independientes y reformas legales para proteger los derechos territoriales indígenas. La situación, que afecta a toda la comuna, plantea un dilema entre la preservación de recursos naturales y las presiones económicas de la industria minera.

- Conflicto en Parinacota y Socoroma, pueblo aymara en torno a usurpación de derecho ancestral del agua por parte de embotelladora establecida en el año 1915: Lo que comenzó como una fuente vital para la agricultura y las aguas termales curativas se convirtió en un recurso comercial, con la empresa cambiando la naturaleza de los derechos de agua y amenazando la supervivencia de los pueblos aymaras y su economía local. Después de una larga lucha legal, la comunidad finalmente obtuvo una histórica victoria en 2009, cuando la Corte Suprema reconoció sus derechos sobre la vertiente Socavón, marcando un hito en la protección de los derechos indígenas sobre los recursos naturales y avanzando hacia una resolución justa de los conflictos sobre derechos de agua en Chile.

De acuerdo a la revisión de las últimas fiscalizaciones de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), destaca el caso de Andex Minerals Chile SpA, cuyo proyecto de exploración "Anocarire" carecía de autorización ambiental, ubicándose cercano a la Reserva Nacional Las Vicuñas. Esto provocó daños a la flora y fauna del área, con denuncias de afectación a llaretas y queñoas por la habilitación de caminos sin permisos adecuados, desencadenando una infracción gravísima según la SMA. Asimismo, la constructora SALFA S.A. enfrenta medidas provisionales debido a excesos de ruido en obras de construcción en Arica, que han afectado la calidad de vida de los residentes locales, destacando la necesidad de acciones correctivas para mitigar estos impactos negativos. Estos casos subrayan la importancia de un adecuado cumplimiento ambiental y consulta con comunidades locales para evitar conflictos en la región de Arica y Parinacota.

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 guio 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 01.05.

En la Tabla 4.3-2 se presenta el universo y las metas por tipología utilizadas para definir la cartera asociada a las iniciativas estratégicas. En el Anexo 01.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

Tabla 4.3-2 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	14	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	20	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	12	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	21	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	5	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	6	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	6	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	9	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	5	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	26	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	4	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	9	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	6	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	0	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	2	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	20	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	17	-	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	4	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	11	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	11	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	2	Planes de Aguas Lluvia según Vigencia y N° de habitantes sector Urbano	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año)
6-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales, cuencas transnacionales	5	Cuantificado según número de inversiones	-
6-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en cuencas transnacionales	1	Cuantificado según número de inversiones	-
6-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas, cuencas transnacionales	1	Cuantificado según número de inversiones	-
6-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves, cuencas transnacionales	1	Cuantificado según número de inversiones	-
6-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación, cuencas transnacionales	1	Cuantificado según número de inversiones	-
6-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas, cuencas transnacionales	0	Cuantificado según número de inversiones	-

Fuente: Elaboración propia

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

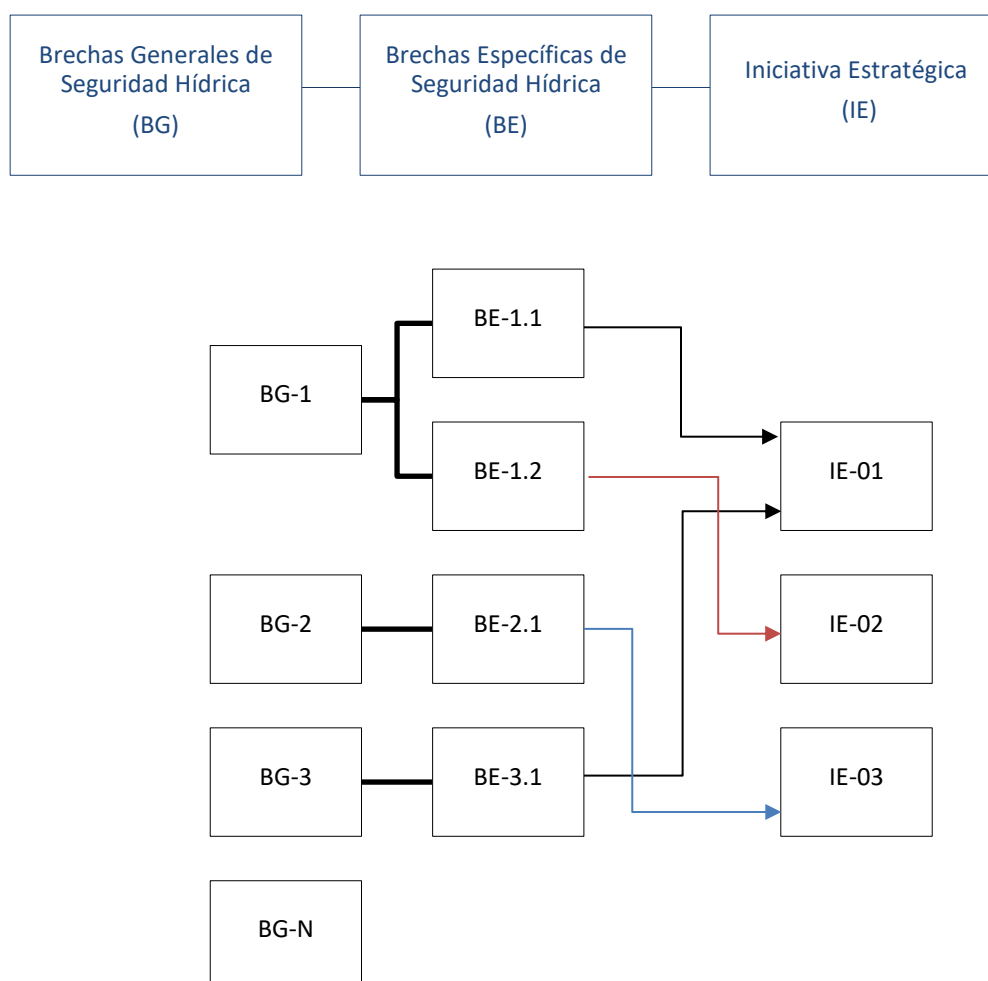
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 01.07 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 (AYP), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

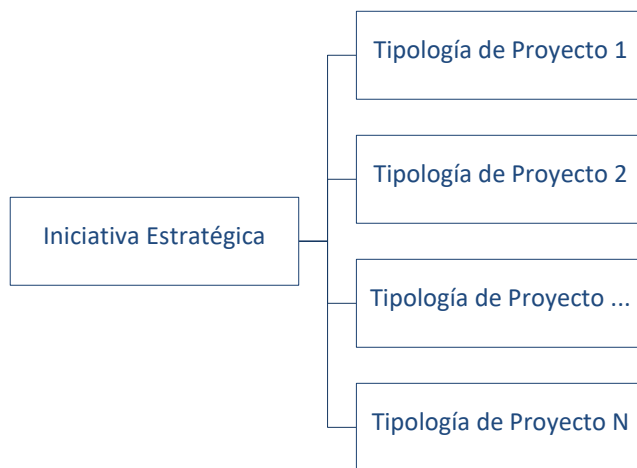
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

Iniciativas Estratégicas	Código Iniciativa Estratégica
Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	AYP-INI-EST-01
Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua	AYP-INI-EST-02
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas	AYP-INI-EST-03
obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza con énfasis en prevenir desertificación y erosión	AYP-INI-EST-04
Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, además del manejo de los flujos excedentes del invierno altiplánico	AYP-INI-EST-05
Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral de cuencas transnacionales	AYP-INI-EST-06

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 Arica y Parinacota las Tipologías de proyectos son los presentados en la Tabla 5.2-1.

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

AYP-INI-EST-01	TdP1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural
	TdP1-2	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural
	TdP1-3	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural
	TdP1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales
AYP-INI-EST-02	TdP2-1	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
	TdP2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras
	TdP2-3	Eficiencia en el Uso del Agua - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana
	TdP2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos
	TdP2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para Riego
	TdP2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios Plan de Seguimiento a Planes de Riego
	TdP2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego
AYP-INI-EST-03 y/o AYP-INI-EST-06	TdP3-1 TdP3-6	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales
	TdP3-2 TdP6-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas
	TdP3-3 TdP6-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas
	TdP3-4 TdP6-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves
	TdP3-5 TdP6-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación
	TdP3-6 TdP6-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas
AYP-INI-EST-04	TdP4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces
	TdP4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad
AYP-INI-EST-05	TdP5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas
	TdP5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas
	TdP5-3	Diseño, Construcción y Conservación de Obras de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES

Con las iniciativas estratégicas definidas en conjunto de sus tipologías de proyecto se procedió a conformar la cartera de preinversiones e inversiones de la región a nivel de cuencas. Es

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

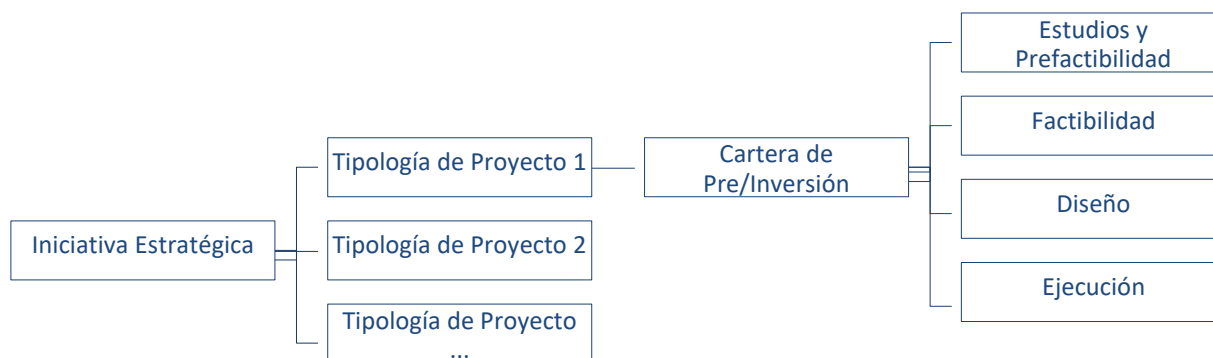


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégicas, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

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

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

Con esta información se consideraron los siguientes pasos:

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

- a. Cartera Quinquenal: primera prioridad
 - b. Cartera 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 (AYP), “IE” el numero correlativo de la Iniciativa estratégica, “TP” la tipología de proyecto a la que pertenece y NN un número de correlativo.

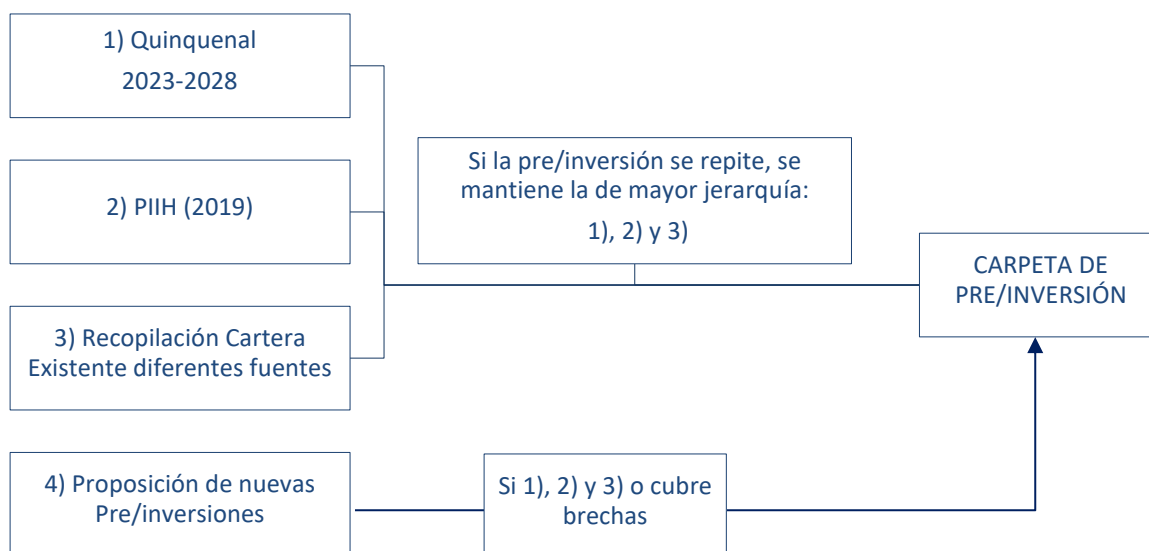


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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 AYP-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 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 01.07.

Fuente: Elaboración propia

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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
2-1	Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego. Posterior Diseño, Construcción y Operación de Alternativas Resilientes al Efecto del Cambio Climático	Se propone la ejecución de un Plan Estratégico de Gestión Hídrica o similar, en caso de que el estudio vigente haya sido ejecutado antes del año 2015 o en el caso de que sea necesaria su ejecución (se observan cuencas no estudiadas con sistemas hidrológicos).
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	Se recomienda realizar un estudio de viabilidad para la instalación de plantas de desalinización en cuencas donde existan localidades con más de 25 viviendas a una distancia de hasta 2 km de la costa. También se evalúa la proyección de sistemas de Agua Potable Rural (APR) en estas localidades, ofreciendo una alternativa a la proyección actual de APR. Este tipo de obras no se contempla en la zona austral de Chile.
2-3	Eficiencia en el Uso del Agua. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego. - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Se proponen proyectos de nuevas tecnologías para el consumo eficiente a nivel regional y su aplicación en Sistemas APR y Riego
2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Se proponen obras para la recuperación y recarga de acuíferos en cuencas donde existen antecedentes de Áreas de Restricción y Zonas de Prohibición para extracción de aguas subterráneas y además el Balance Hídrico Nacional indique si la cuenca posee una condición de estrés hídrico o cuenca crítica, sin considerar las cuencas altiplánicas.
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 AYP-INI-EST-03 y AYP-INI-EST-06

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluvimétricas en Cauces y/o Canales	Se proponen en puntos estratégicos antes o después de confluencias, zonas altas y desembocaduras, cubriendo los principales cauces y considerando cercanía de estaciones existentes (ver Anexo 01.07). Idealmente, que cada cuenca BNA tenga al menos una estación. Existen excepciones en las que no se justifica por tratarse de quebradas secas, cuencas muy pequeñas o bien ubicaciones muy poco accesibles (Campo de Hielo Sur, por ejemplo)
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	Superficial: en cada estación Fluvimétrica. Subterránea, al menos una en cada pozo de medición proyectado y en SHAC sin medición con igual condición de superficie que en 3.5
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Se proponen ubicaciones en áreas con poca cobertura de estaciones y que sea sean representativas de diversas zonas climáticas de Köppen para cada cuenca, considerando también la accesibilidad. Detalles en Anexo 01.07
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

Tabla 5.3-3 Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar AYP-INI-EST-03 y AYP-INI-EST-06

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 01.07.
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 AYP-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 AYP-INI-EST-05

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

Fuente: Elaboración propia

5.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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

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

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

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

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

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

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

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

N°	COD INI	IE	Código TP	Tipologías de Proyecto (TP)	Nombre de Pre/Inversión (Genérico)	Etapa MDSyF	Costo (M\$)	Innovadoras
39	ES-3-03			de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Diseño	350.000	no
40	ES-3-06				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Ejecución	2.600.000	no
41	ES-3-09				Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Ejecución	3.000.000	no
42	ES-3-02				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Factibilidad	650.000	no
43	ES-3-04				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Diseño	2.000.000	no
44	ES-3-07				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Ejecución	35.000.000	no
45	ES-3-10				Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Ejecución	4.500.000	no
46	ES-1-04	3 y 6	3-1 Y 6-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Ejecución	100.000	no
47	ES-1-01.1				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
48	ES-1-01.2				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3 y 6	3-2 Y 6-2	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 y 6	3-3 Y 6-3	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 y 6	3-4 Y 6-4	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 y 6	3-5 Y 6-5	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 y 6	3-6 Y 6-6	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 riberas, cauces y humedales	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos ambientales, económicos y sociales en el territorio	Ejecución	150.000	si

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
64	NE-3-01				Estudio Definición de franjas de restricción y Prohibición por riesgo de inundación, erosión u otro	Ejecución	350.000	si
65	NE-3-03				Estudio de Reforestación y forestación de cuencas en sectores con riesgo de erosión	Ejecución	150.000	si
66	ES-4-07.1				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Factibilidad	200.000	si
67	ES-4-07.2				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Diseño	200.000	si
68	ES-4-07				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Ejecución	3.000.000	si
69	ES-4-06.1				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Factibilidad	100.000	si
70	ES-4-06.2				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Diseño	150.000	si
71	ES-4-06				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Ejecución	1.200.000	si
72	ES-5-06.1				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Factibilidad	150.000	si
73	ES-5-06.2				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Diseño	200.000	si
74	ES-5-06				Construcción Sistema Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS)	Ejecución	1.000.000	si
75	ES-3-11.1				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	factibilidad	250.000	si
76	ES-3-11.2				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Diseño	400.000	si
77	ES-3-11.3				Construcción de áreas verdes de flora nativa para la protección de riberas y orillas, en río/estero	Ejecución	4.000.000	si
78	NE-1-04	4	4-2	Medida de Gestión: Implementación de Norma Secundaria de Calidad	Manejo de normas ambientales e hídricas, Reservas de agua, Planes y políticas	Ejecución	20.000	no
79	ES-4-03	5	5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Factibilidad	300.000	no
80	ES-4-03.1				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Diseño	400.000	no
81	ES-4-05				Construcción de Obras aluvionales, río/quebrada	Ejecución	3.000.000	no
82	ES-4-01				Plan de Manejo de Cauce, en río	Ejecución-Prefactibilidad	400.000	no
83	ES-4-02	5	5-2	Diseño, Construcción de Obras de Mejoramiento, Reposición, Restauración o Conservación de Defensas Fluviales, Manejo de Cauces y Riberas	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 Obras de Evacuación y	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización, Ciudad de	Ejecución-Prefactibilidad	350.000	no
88	ES-5-02				Construcción Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Factibilidad	250.000	no

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
89	ES-5-03			Drenaje de Aguas Lluvias	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

Por otra parte, cabe señalar que las inversiones vinculadas a resolver brechas de información se presentan en el Anexo 01.06.

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 01.07.

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\$)
AYP-INI-EST-01	53	55.608.482
AYP-INI-EST-02	78	107.485.323
AYP-INI-EST-03	41	10.307.794
AYP-INI-EST-04	21	83.936.453
AYP-INI-EST-05	24	99.347.690
AYP-INI-EST-06	9	4.434.295
TOTAL	226	361.120.037

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 01.07.

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 01.07.

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

COD INI	Etapas	Nombre Inversión PU	Incidencia	Consideraciones
ES-1-01.1F_G	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.1M_RN	Factibilidad	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.2F_G	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Fluviométricas o Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01.2M_RN	Diseño	Diseño y Construcción de Estaciones Meteorológicas/Ruta de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01F	Ejecución	Construcción de Estaciones Fluviométrica c/s Montaña	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01M	Ejecución	Construcción de Estaciones Meteorológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01G	Ejecución	Construcción de Estaciones Glaciológicas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-01RN	Ejecución	Construcción de Rutas de Nieve	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02.1	Factibilidad	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02.2	Diseño	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-02	Ejecución	Construcción de Sistemas de Telemétricos para Control en Línea	Sin Incidencia	
ES-1-03.1	Factibilidad	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-03.2	Diseño	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-1-03	Ejecución	Construcción y/o Ampliación de Red Piezométrica + Calidad	Sin Incidencia	
ES-1-04	Ejecución	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-01	Factibilidad	Prefactibilidad Construcción Sistema de Agua Potable Rural	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-01A	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Potable Rural	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-02	Factibilidad	Prefactibilidad Ampliación/Mejoramiento Sistema de Agua Servidas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-03	Factibilidad	Diseño de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-04.1	Factibilidad	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-04	Diseño	Diseño de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-05	Diseño	Diseño Construcción Sistema APR	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-05A	Diseño	Diseño Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Más Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-06	Diseño	Diseño Construcción/Ampliación Sistema SSR	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-07	Diseño	Diseño Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-08	Ejecución	Construcción Sistema APR	Más Demanda	caudal por Arranque
ES-2-08A	Ejecución	Ampliación/Mejoramiento Sistema APR	Más Demanda	caudal por Arranque
ES-2-09	Ejecución	Construcción/Ampliación Sistema SSR	Sin Incidencia	
ES-2-10	Ejecución	Construcción de Colectores de Aguas Servidas	Sin Incidencia	
ES-2-11	Ejecución	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	caudal por Arranca x factor de recuperación 0,8
ES-2-11.1	Diseño	Implementación de Sistemas de reúso de agua en zonas sin saneamiento	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-12	Ejecución	Implementación de Elementos Eficientes en el sistema de Agua Potable	Menos Demanda	Considera un 5% en el mejoramiento de la eficiencia de la red
ES-2-13	Ejecución	Conservación Infraestructura Sanitaria (Anual)	Sin Incidencia	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14.1	Factibilidad	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14.2	Diseño	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-2-14	Ejecución	Implementación de plantas desaladoras para disponibilidad de agua	Más Oferta	caudal por Arranque
ES-2-15	Ejecución	Construcción de Plantas de Tratamiento	Sin Incidencia	
ES-3-01	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras medianas de riego y acumulación	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-02	Factibilidad	Estudio de prefactibilidad de obras mayores de riego y acumulación	Más Oferta	Solo considera estudio y diseño no construcción
ES-3-03	Diseño	Diseño de obras medianas de riego y acumulación	Menos Demanda	Solo considera estudio y diseño no construcción

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

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA

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

Se basa en los siguientes principios generales:

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

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

6.1 EVALUACIÓN MUTICRITERIO

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

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

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

Ámbito	Ambiental	Tipologías de Obras		Social	Socioeconómico	Político Normativo	Estratégico nivel cuenca y regional
Indicador	Protección y recuperación de las fuentes de agua	Requiere ingreso a SEIA	Categoría Sustentabilidad de Obras	Obras vinculadas a Dimensiones de Seguridad Hídrica ⁽²⁾	Categoría de Multipropósito	Alineamiento político / normativo	PRIORIZACIÓN DE CUENCAS EN LA REGIÓN (viene del listado de cuencas priorizadas, depende del código de cuenca)
Escala	Alta [4]: Iniciativas destinadas a la protección y recuperación de los recursos hídricos Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: No requiere ingreso a SEIA Media [2]: Requiere análisis de pertinencia a SEIA Baja [1]: Requiere ingreso a SEIA	Alta [4]: Iniciativas innovadoras MOP (SbN, protección y recuperación de las fuentes de agua, recarga acuíferos, las habilitadas para el MOP por las leyes 21.639 y 20.998, otras) basadas en la Naturaleza u otras iniciativas no cubiertas por el MOP Media Alta [3]: Inversiones vinculadas a optimizar el uso del recurso hídrico Media Baja [2]: Embalses fuera del río o piscinas de acumulación Baja [1]: Iniciativas Tradicionales (Embalses en el río, Trasvase de agua entre distintas cuencas, otras obras grises no mencionadas anteriormente)	Alta [12]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [8]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media [7]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Media Baja [5]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] 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 [12]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Consumo Humano [D1-AP] Media Alta [8]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Producción sostenible y eficiencia hídrica [D2] Media Baja [7]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Conservación y preservación de los ecosistemas [D3] Media Baja [5]: Se identifica como iniciativa necesaria para resolver brechas estratégicas para la dimensión de Resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y la prevención de la contaminación [D4] Baja [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.

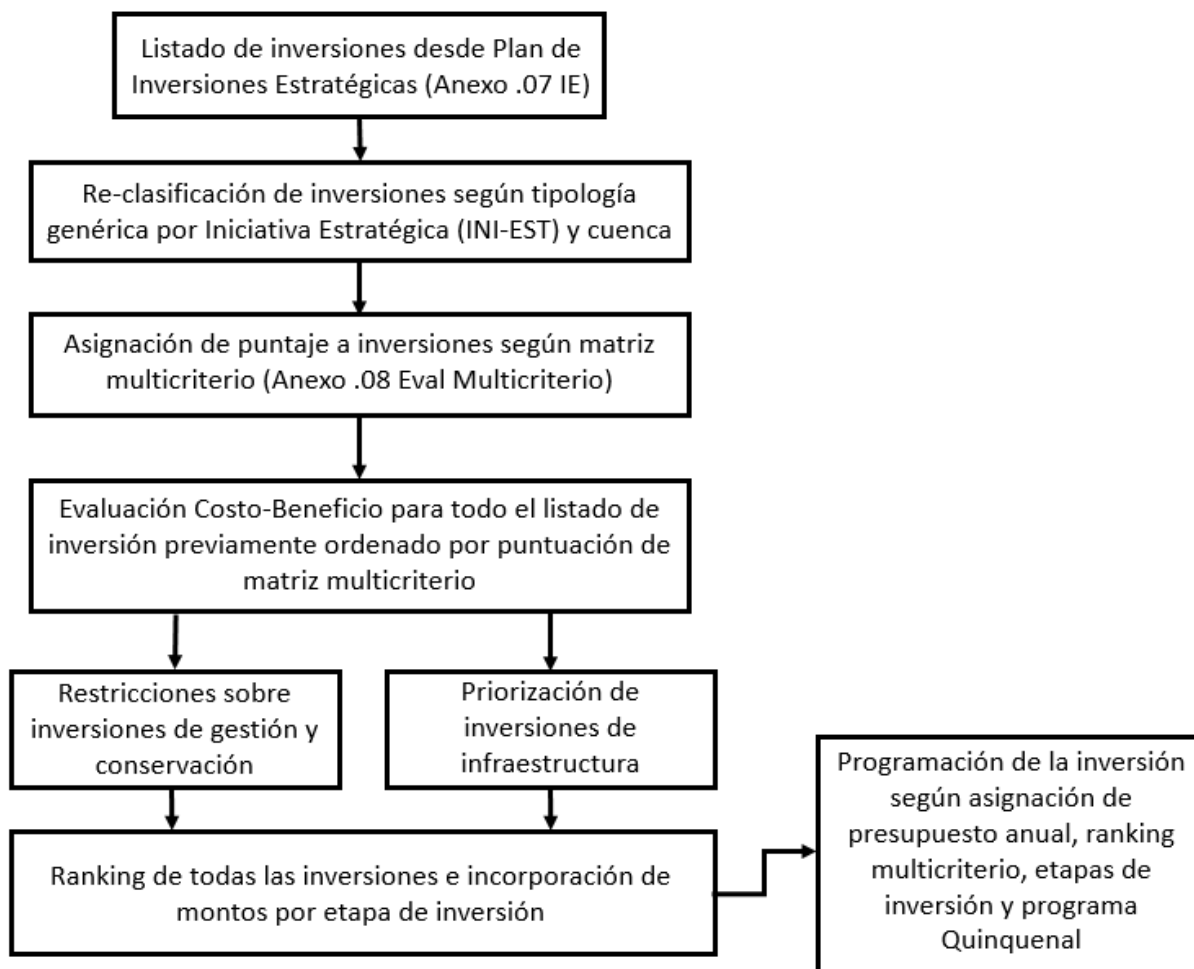
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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 Arica y Parinacota, este equivale a \$7.000.000 (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. Dentro del monto disponible anual ya se considera el monto de conservación para esta región.
- 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.

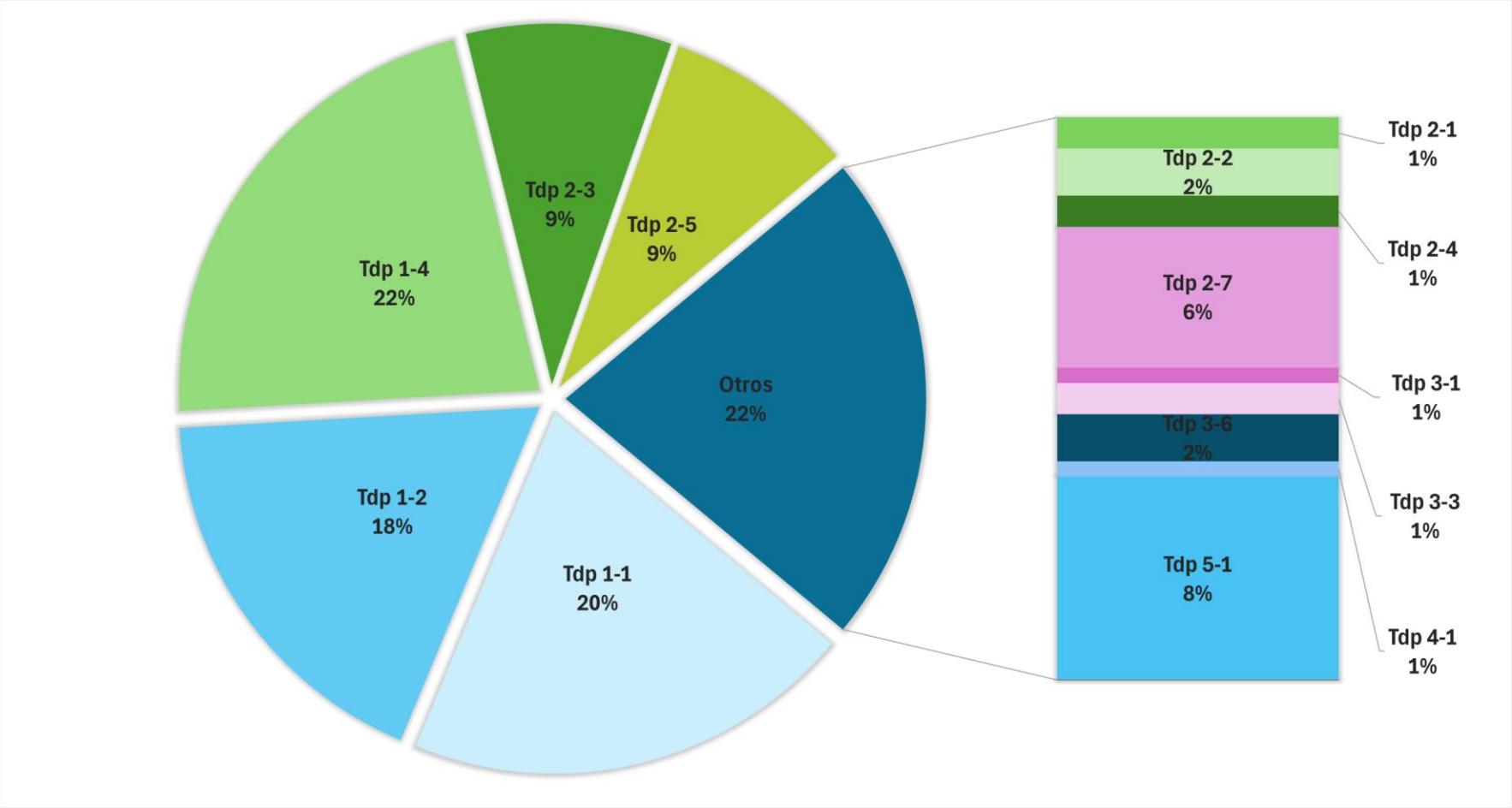
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

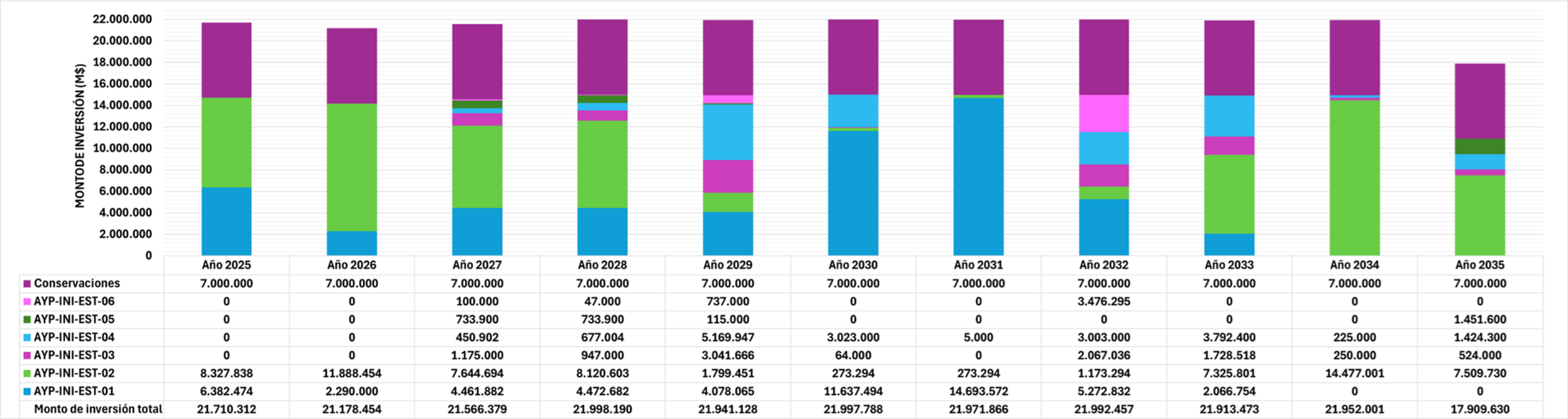
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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



Tipología de proyecto [Tdp]	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 (Estudios Básicos y Prefactibilidad en Iniciativa en tipología de Proyecto 2-1)
2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas Urbanas 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	Estudios, Diseño y Construcción de Obras para Protección
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 (Estudios Básicos y Prefactibilidad en Iniciativa en tipología de Proyecto 5-1)
6-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Fluviométricas en Cauces y/o Canales
6-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas
6-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas
6-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves
6-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación
6-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas

Fuente: Elaboración propia

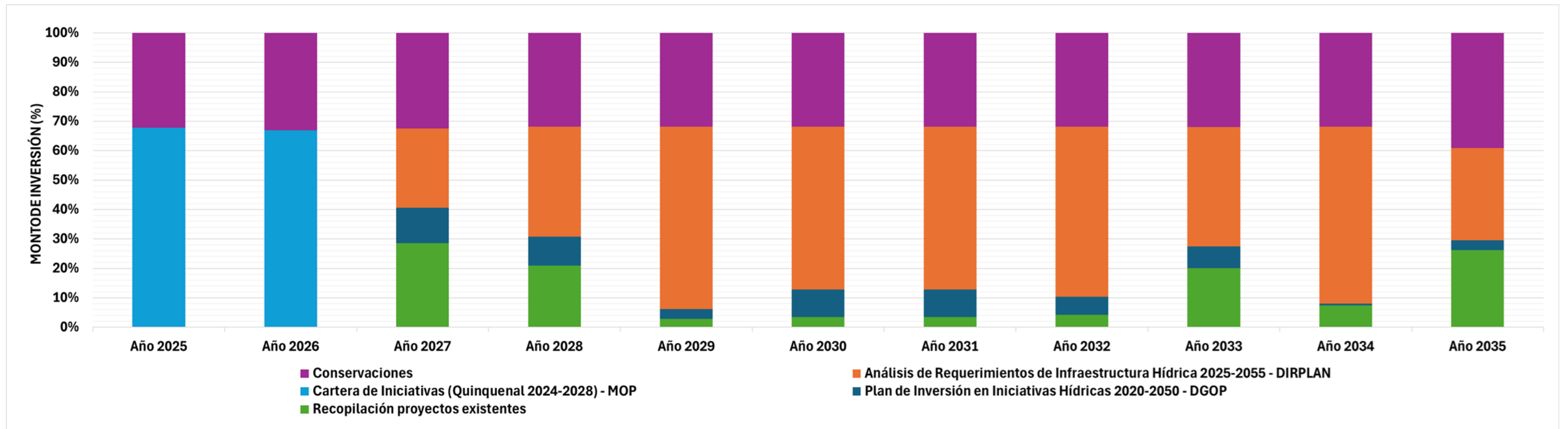
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto (en porcentaje del número total de inversiones) para la región de Arica y Parinacota



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua
INI-EST-03 y 06	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas nacionales y transnacionales
INI-EST-04	Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza con énfasis en prevenir desertificación y erosión
INI-EST-05	Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, además del manejo de los flujos excedentes del invierno altiplánico

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-3 Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Arica y Parinacota



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3-4 Composición de la cartera de inversión por tipo de fuente de inversión (en base al porcentaje del monto total anual) para la región de Arica y Parinacota

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, Ereiqat, & 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

En un contexto de cambio climático, urbanización y crecimiento económico, la región de Arica y Parinacota enfrenta importantes desafíos en la gestión sostenible de sus recursos hídricos. A nivel global, la variabilidad de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas han disminuido la disponibilidad de agua. Estas dinámicas globales afectan a una de las regiones más áridas de Chile, donde cuencas como la Quebrada de la Concordia (BNA 011), el río San José (BNA 013) y las cuencas Costeras entre el río San José y la Quebrada Camarones (BNA 014) son especialmente vulnerables.

El aumento poblacional y el desarrollo urbano en Arica, que concentra la mayoría de la población regional, han incrementado la presión sobre los sistemas de distribución de agua, los cuales registran pérdidas de hasta un 29,8%. Esto pone en riesgo la sostenibilidad del suministro frente a la creciente demanda. En las zonas rurales, especialmente en la provincia de Parinacota y las cuencas Altiplánicas, el acceso al agua potable sigue siendo limitado, con hasta un 31% de las viviendas rurales sin este servicio. Además, la agricultura, actividad económica clave en la región, opera con baja eficiencia en el riego (54% en promedio), aumentando la presión sobre cuencas como el río San José (BNA 013) y la Quebrada de la Concordia (BNA 011), donde se concentra gran parte de la actividad agrícola.

En cuanto a la calidad del agua, las cuencas del río Camarones (BNA 015), San José (BNA 013) y Lluta (BNA 012) presentan serios problemas de contaminación. El río Lluta muestra altos niveles de boro (16-25 mg/L) y erosión severa; el río San José registra concentraciones elevadas de arsénico y sulfatos; y el río Camarones tiene alta conductividad con predominio de cloruro de sodio. Además, las cuencas Quebrada de la Concordia (BNA 011) y Costeras R. San José - Q. Camarones (BNA 014) carecen de información suficiente, lo que limita un análisis integral de su calidad.

En el ámbito de la conservación, las cuencas de los ríos Lluta, Azapa y Camarones cuentan con áreas protegidas, destacando el Parque Nacional Lauca y la Reserva Nacional Las Vicuñas. No obstante, la protección de humedales es desigual: las cuencas Altiplánicas tienen una cobertura superior al 25%, mientras que las costeras, como el río San José - Quebrada Camarones (BNA 014), el río Camarones (BNA 015) y el río Lluta (BNA 012), presentan niveles críticos de protección inferiores al 5%, lo que subraya la necesidad de medidas de conservación más eficaces.

Finalmente, los eventos extremos en la región resultan de la interacción de factores climáticos y geográficos, como la distribución de tormentas y la variación de la isoterma 0°C. Entre 2017 y 2023, SENAPRED registró seis precipitaciones estivales altiplánicas que afectaron a 152 habitantes en Camarones y Putre, además de cuatro eventos de remoción en masa sin daños. En 2019, una inundación impactó las cuencas del río Lluta (BNA 012) y río San José (BNA 013), evidenciando la vulnerabilidad de la región frente a fenómenos climáticos extremos.

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:** Insuficientes servicios de infraestructura de alto estándar que incorpore nuevas fuentes de agua –como programas de reúso de aguas servidas– para enfrentar una disponibilidad de agua restringida por la variabilidad de las precipitaciones y el cambio climático. Además, este problema se intensifica por la ineficiencia en el uso del agua en la agricultura, donde la eficiencia de riego es de solo un 54% en promedio; y en los sistemas de agua potable urbana, donde las pérdidas en los sistemas de distribución alcanzan el 30%, lo que pone en riesgo la sostenibilidad del suministro ante la creciente demanda de agua en la región.
- **Sustentabilidad de los Servicios Ecosistémicos:** Falta de servicios de infraestructura orientados a fortalecer la conservación y recuperación de humedales, cauces y riberas y adaptados a los efectos del cambio climático en la región. Esto genera una planificación deficiente para la provisión de servicios ecosistémicos, en particular, complejiza la resolución de problemas de calidad de agua por las altas concentraciones de boro, arsénico y cloruros, que afectan tanto el riego como el abastecimiento de agua potable.

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” [ARI-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua” [ARI-INI-EST-02].
- “Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, además del manejo de los flujos excedentes del invierno altiplánico” [ARI-INI-EST-06].

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

7.2 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

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

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

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

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

7.2.1 Análisis de estancamiento crítico

La región de Arica y Parinacota se enfrenta a una crisis estructural en la gestión de los recursos hídricos, caracterizada por un incremento sostenido en los desafíos de seguridad hídrica. Este fenómeno responde a una confluencia de factores interrelacionados, incluyendo el crecimiento demográfico, la expansión de la actividad agroindustrial, las alteraciones en los regímenes hidrológicos debido al cambio climático y la sobreexplotación de los acuíferos. La interacción de estos elementos ha generado una situación de vulnerabilidad extrema que compromete la disponibilidad del recurso hídrico tanto para el consumo humano como para las actividades productivas y la conservación ecosistémica.

El crecimiento demográfico proyectado en la región prevé una demanda creciente de agua potable, tanto en volumen como en calidad. Sin embargo, la inequidad en el acceso al recurso es un problema persistente, particularmente en el ámbito rural, donde entre un 23% y un 31% de las viviendas catastradas no disponen de acceso a agua potable, mientras que aproximadamente el 23% de la población con acceso a agua potable carece de acceso a un sistema de alcantarillado adecuado. En las zonas urbanas de Arica y Putre, el abastecimiento de agua potable está garantizado en gran medida, aunque persisten problemas de eficiencia en su uso, registrando pérdidas en la distribución del agua potable que ascienden a un 30% a nivel regional. La carencia de infraestructura de saneamiento incrementa el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, profundizando la crisis hídrica en la región. Adicionalmente, las deficiencias en la disponibilidad de datos sobre la calidad y cantidad del agua, con brechas de información sobre catastros de vivienda que oscilan entre el 46% y el 76%, dificultan la planificación estratégica y la implementación de políticas públicas efectivas.

Desde una perspectiva sectorial, el incremento en la actividad agrícola constituye uno de los principales motores de la demanda hídrica, especialmente en los valles de Azapa y Lluta (códigos BNA 012 y 013, respectivamente), donde la presión sobre el recurso es crítica. Se proyecta que para el año 2055 la demanda del sector agropecuario aumentará en un 61%, lo que plantea serios cuestionamientos respecto a la sostenibilidad del uso del recurso. Aunque se han impulsado estrategias de optimización del riego y la introducción de cultivos más resistentes a la sequía, la actividad agrícola sigue dependiendo en gran medida de un suministro hídrico constante. La eficiencia en la aplicación del riego varía significativamente entre las diferentes cuencas hidrográficas, con valores que oscilan entre el 71% en la Quebrada de la Concordia (código BNA 011) y el 44% en las cuencas altiplánicas (código BNA 014). Estas diferencias evidencian la necesidad urgente de modernizar la infraestructura de riego y adoptar modelos de gestión hídrica que incorporen tecnologías avanzadas para la optimización del uso del recurso.

Otro aspecto crítico es la sobreexplotación de los acuíferos, que representan la principal fuente de abastecimiento de agua en la región. En el acuífero del Lluta y el del valle de Azapa, la tasa de extracción ha superado sistemáticamente los niveles de recarga, lo que ha generado una disminución sostenida en los niveles freáticos y un aumento del riesgo de intrusión salina en los acuíferos costeros, lo que compromete su calidad. A esta presión sobre los acuíferos se suma el crecimiento de la industria manufacturera asociada a la minería en la provincia de Arica, cuya demanda hídrica se estima que aumentará en un 43% para el año 2055. La ausencia de estrategias de diversificación del abastecimiento hídrico y la falta de regulación eficiente han intensificado la competencia entre sectores, generando conflictos socioambientales y un deterioro progresivo del recurso.

Las consecuencias del estancamiento crítico en la gestión hídrica trascienden la mera escasez del recurso y afectan múltiples dimensiones del desarrollo regional. En términos de seguridad hídrica, la creciente vulnerabilidad a eventos de sequía prolongados plantea serios riesgos para el abastecimiento de agua potable en las zonas urbanas de Arica y en localidades rurales de Camarones y General Lagos. La disminución de la calidad del agua debido a la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas representa otro desafío significativo, que requiere medidas para la protección y restauración de los ecosistemas hídricos, particularmente en el humedal del río Lluta y los bofedales altiplánicos.

Desde el punto de vista económico, la crisis hídrica tiene el potencial de desencadenar una reducción en la productividad agropecuaria, afectando la competitividad regional y generando impactos negativos en la seguridad alimentaria. La industria y el sector turístico, particularmente en la ciudad de Arica y el Parque Nacional Lauca, también enfrentarán limitaciones operativas derivadas de la escasez de agua, lo que podría traducirse en una desaceleración del desarrollo económico regional. Además, la falta de disponibilidad del recurso incrementará los costos de producción y distribución de agua potable, lo que a su vez afectará los costos de vida y la estabilidad socioeconómica de la población.

Para mitigar estas problemáticas y avanzar hacia un modelo de gestión hídrica resiliente y sostenible, es imperativo implementar un conjunto de estrategias y recomendaciones fundamentadas en la optimización de la infraestructura, la diversificación de las fuentes de abastecimiento y el fortalecimiento del marco normativo e institucional. En primer lugar, la conservación y modernización de los servicios sanitarios rurales en las localidades de Codpa, Belén y Ticnamar se presenta como una acción prioritaria, permitiendo garantizar el acceso equitativo al agua potable y reducir los riesgos asociados a la falta de saneamiento.

En paralelo, es fundamental desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento hídrico mediante la implementación de plantas desalinizadoras en la costa de Arica y la reutilización de aguas residuales tratadas en el valle de Azapa, lo que permitirá reducir la presión sobre los

acuíferos y garantizar un suministro más estable. La mejora en la eficiencia de los sistemas de riego debe complementarse con el fomento de prácticas agrícolas sostenibles en los valles de Lluta y Camarones, promoviendo cultivos de menor requerimiento hídrico y tecnologías de riego de precisión. La modernización de la infraestructura de distribución de agua en la ciudad de Arica y en las localidades de Putre y Visviri es otra medida crucial, ya que la reducción de pérdidas por filtraciones y fugas permitiría optimizar el uso del recurso en los sistemas urbanos y rurales.

El fortalecimiento del marco regulatorio e institucional es un componente esencial para garantizar la sostenibilidad de las estrategias de gestión hídrica. Esto incluye el establecimiento de normativas estrictas para la protección de los ecosistemas hídricos en la cuenca del río San José (código BNA 013), la regulación del acceso y uso del agua en sectores industriales y agrícolas, y la promoción de mecanismos de gobernanza participativa que integren a las comunidades locales en la toma de decisiones. Asimismo, la implementación de sistemas de monitoreo y gestión de datos hídricos permitirá mejorar la capacidad de respuesta ante crisis hídricas, facilitando la planificación basada en evidencia y la anticipación de escenarios adversos.

Finalmente, la conservación de los ecosistemas hídricos debe ocupar un lugar central en las políticas de gestión del agua. La restauración y protección de humedales, la garantía de caudales ecológicos mínimos en los ríos y la recarga artificial de acuíferos en las zonas de Camarones y Lluta son medidas esenciales para mantener la funcionalidad de los ecosistemas y preservar los servicios ambientales que estos proveen. La adopción de un enfoque integrado y multidisciplinario permitirá avanzar hacia una gestión hídrica adaptativa, que minimice los impactos negativos del estancamiento crítico y promueva un uso sostenible del recurso en beneficio de la población y del entorno natural de la región de Arica y Parinacota.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La Región de Arica y Parinacota enfrenta una progresiva intensificación de los desafíos de seguridad hídrica, producto de factores climáticos, el incremento en la demanda del recurso y las limitaciones estructurales en la infraestructura de distribución y almacenamiento. No obstante, la capacidad de respuesta institucional se ha mantenido relativamente robusta gracias a la implementación de políticas públicas orientadas a la modernización de la gobernanza del agua, la optimización en el uso del recurso y la incorporación de tecnologías avanzadas para la gestión hídrica. El desarrollo socioeconómico y productivo de la región, sumado a la creciente variabilidad climática, introduce desafíos estructurales en la planificación del recurso hídrico, exigiendo soluciones adaptativas de carácter multidimensional y estrategias basadas en la sostenibilidad y eficiencia operativa.

La brecha en el balance hídrico ha seguido su expansión en función de la combinación entre el incremento de la demanda y la reducción en la disponibilidad de fuentes seguras de abastecimiento. Desde una perspectiva demográfica, la evolución poblacional proyectada incidirá directamente sobre la presión en la disponibilidad del recurso hídrico. Para 2055, se espera un incremento del 24% en la población rural en la cuenca del Río San José (BNA 013), del 19% en las cuencas Altiplánicas (BNA 015) y del 13% en el resto de las cuencas. Adicionalmente, en las zonas sin presencia de Servicios Sanitarios Rurales (APR), la población aumentará en un 12%, lo que intensificará la demanda en las cuencas de la Quebrada de la Concordia (BNA 011), Río Lluta (BNA 012), Río San José (BNA 013) y Costeras Río San José-Quebrada Camarones (BNA 014). En paralelo, la demanda hídrica agrícola y de los sectores manufacturero y minero experimentará incrementos del 61% y 43%, respectivamente, para el mismo horizonte temporal. Estos datos evidencian la necesidad de articular planes estratégicos que equilibren la disponibilidad del recurso y su uso en actividades productivas y consumo humano, particularmente en centros urbanos como Arica y Putre.

El diagnóstico de la infraestructura hídrica revela limitaciones sustanciales en la capacidad de almacenamiento, conducción y distribución del recurso. Los embalses Camarones, ubicado en la cuenca del Río Camarones (BNA 014), Laguna Cotacotani en la cuenca Altiplánica (BNA 015) y Chironta en la cuenca del Río Lluta (BNA 012), acumulan conjuntamente una capacidad total de 81 Hm³, destinada íntegramente a riego agrícola, lo que restringe su uso para consumo humano en sectores urbanos y rurales. Asimismo, la red de canales de riego de la región, que comprende cerca de 770 km de extensión, se encuentra mayoritariamente concentrada en las cuencas del Río San José (BNA 013) y Río Lluta (BNA 012), representando un 65% del total regional. Esto resalta la importancia mantención y modernización de estas redes, con el objetivo de minimizar las pérdidas de agua por filtración y evaporación, lo que a su vez mejora la eficiencia en la distribución del recurso hídrico.

Por otra parte, en el ámbito de agua potable y saneamiento, se estima que entre un 23% y un 31% de las viviendas rurales catastradas carecen de acceso a agua potable, mientras que la incertidumbre respecto a la información sobre cobertura oscila entre 46% y 76%. Mientras que, aproximadamente un 23% de la población rural con acceso a agua potable de la región no posee acceso a sistemas de alcantarillado, con una brecha informativa respecto al catastro de viviendas que fluctúa por sobre el 50%, lo que evidencia una deficiencia en la planificación y gestión de infraestructura sanitaria, particularmente en las provincias de Arica y Parinacota. Asimismo, la eficiencia hidráulica de esta red es deficiente, registrando pérdidas en la distribución del agua potable que ascienden a un 30% a nivel regional, lo que subraya la necesidad de una modernización urgente de la infraestructura hidráulica y la implementación de medidas para reducir el desperdicio del recurso.

Se debe considerar que en este escenario los impactos de la crisis hídrica en la comunidad y los ecosistemas de la región son significativos. Las dificultades de acceso a agua potable y saneamiento en zonas rurales incrementan la vulnerabilidad sanitaria y social, exponiendo a las comunidades a riesgos de salud pública. La sobreexplotación del recurso también amenaza los ecosistemas hídricos y humedales clave, como el Humedal de Lluta, que desempeña un rol esencial en la regulación hidrológica regional. Adicionalmente, la reducción de la oferta hídrica conlleva un aumento en los costos de producción agrícola e industrial, afectando la competitividad económica de la región. A nivel sociopolítico, la intensificación de la escasez podría derivar en conflictos distributivos entre los distintos sectores usuarios del recurso, como la agricultura, la industria y el consumo doméstico, lo que resalta la necesidad de mejorar la gobernanza hídrica en la región.

Para mitigar estos desafíos, la región ha comenzado a adoptar tecnologías avanzadas en la gestión hídrica, con la implementación de plantas desalinizadoras y el desarrollo de proyectos multipropósito para garantizar el suministro sostenible del recurso. Actualmente, se encuentran operativas dos plantas desalinizadoras: una en Aguas Altiplano, con una capacidad de 200 L/s, y otra del Grupo EPM, con 75 L/s. No obstante, estas iniciativas requieren complementarse con la expansión de la red de distribución en sectores urbanos y rurales, asegurando una gestión equitativa del recurso y fortaleciendo su resiliencia ante el incremento de la demanda. En paralelo, se han promovido estrategias de reutilización y recarga artificial de acuíferos, junto con la implementación de sistemas de tratamiento de aguas servidas destinadas a su aplicación en riego y procesos industriales. Sin embargo, es fundamental expandir y fortalecer estas iniciativas para consolidar un modelo de gestión hídrica sostenible, especialmente en comunidades vulnerables con alta variabilidad en la disponibilidad del recurso.

La modernización de la infraestructura hidráulica ha sido identificada como una prioridad en este contexto, con inversiones focalizadas en embalses, redes de distribución y sistemas de potabilización, buscando garantizar un abastecimiento equitativo y eficiente en toda la región. En el sector agrícola, se han implementado mejoras en la eficiencia de aplicación del agua, optimizando los sistemas de riego con énfasis en cultivos estratégicos. Actualmente, la eficiencia de aplicación de riego en la región varía entre un 71% en la cuenca de la Quebrada de la Concordia y un 44% en las cuencas Altiplánicas, con un promedio regional de 54%, lo que subraya la urgencia de incorporar tecnologías de riego tecnificado para maximizar la productividad y reducir pérdidas. La implementación de estas estrategias permitirá equilibrar la oferta y demanda hídrica en la región, minimizando el impacto de la escasez y promoviendo un modelo de gestión resiliente que responda a las necesidades futuras del territorio.

La gobernanza del recurso hídrico se erige como un factor determinante para la sostenibilidad de la región. Se ha identificado la necesidad de fortalecer el rol de las Juntas de Vigilancia y otras Organizaciones de Usuarios de Agua, con un enfoque en la articulación territorial y la equidad en la distribución del recurso. En este contexto, las provincias de Arica y Parinacota requieren estrategias diferenciadas que atiendan sus particularidades hídricas y socioeconómicas. De igual forma, la educación y sensibilización sobre la gestión eficiente del agua son componentes clave para consolidar una cultura de sostenibilidad en la región.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

Este escenario describe una situación en la que la región logra mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda de agua, pero examina las limitaciones y desafíos estructurales que afectan la capacidad de respuesta del sistema hídrico regional frente a los desafíos de seguridad hídrica, identificando los principales factores económicos, institucionales, tecnológicos y ambientales que inciden en la seguridad hídrica.

Bajo dicho contexto, el análisis del escenario de capacidad limitada en la región de Arica y Parinacota expone una serie de implicancias en distintos niveles, desde el acceso a servicios básicos hasta la sostenibilidad del desarrollo económico y la conservación ambiental. En términos de equidad hídrica, la disparidad en el acceso a agua potable y saneamiento es particularmente crítica en las comunidades rurales de las provincias de Arica y Parinacota, donde entre un 23% y un 31% de las viviendas no cuentan con abastecimiento de agua potable regular. Asimismo, el 28% de la población rural con agua potable carece de acceso a redes de alcantarillado, situación que afecta principalmente a localidades aisladas en las comunas de General Lagos y Putre. Esta precariedad en la provisión de servicios básicos incrementa el riesgo sanitario y limita las posibilidades de desarrollo social y económico en las comunidades más vulnerables.

En términos productivos, la restricción en la disponibilidad hídrica impacta de manera significativa en sectores estratégicos como la agricultura, la minería y la industria manufacturera. Se estima que la demanda hídrica en la minería y la manufactura experimentará un incremento del 43% hacia 2055, lo que podría intensificar los conflictos intersectoriales por el acceso al recurso, especialmente en las cuencas de alto consumo como la del río Lluta (BNA 012) y la Quebrada de la Concordia (BNA 011). En el sector agrícola, la eficiencia en la aplicación del riego es subóptima, con un promedio regional del 54%, lo que compromete la productividad y la resiliencia del sector ante eventos de escasez hídrica. En los valles de Azapa y Lluta, donde predomina el riego gravitacional, la eficiencia fluctúa entre el 44% y el 71%, evidenciando la necesidad de modernizar los sistemas de riego y promover tecnologías más eficientes.

La infraestructura hídrica de la región también enfrenta deficiencias sustanciales. La red de distribución de agua potable presenta niveles críticos de ineficiencia, con pérdidas estimadas en un 30% en el año 2022, atribuibles a filtraciones y deterioro en los sistemas de conducción. Este problema es particularmente grave en la comuna de Arica, donde se encuentra el mayor centro urbano de la región; por otra parte, el suministro de agua potable en áreas rurales dispersa, particularmente en la comuna de Putre, resulta insuficiente. En términos de almacenamiento, la capacidad embalsada se distribuye entre las represas de Camarones (cuenca del río Camarones, BNA 015), Chironta (cuenca del río Lluta, BNA 012) y Laguna Cotacotani (cuenca altiplánica, BNA 010). Sin embargo, la falta de monitoreo continuo del volumen embalsado limita la eficiencia en la gestión de estos recursos.

Desde una perspectiva ambiental, la presión sobre los ecosistemas hídricos se ha intensificado debido a la expansión de actividades productivas y el crecimiento demográfico. La contaminación de los cuerpos de agua por descargas de aguas servidas sin tratamiento adecuado, y el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura contribuyen a la degradación de la calidad del recurso hídrico. Además, la reducción del caudal ecológico en humedales estratégicos, tanto en las cuencas altiplánicas como en las costeras, compromete la capacidad de estos ecosistemas para regular el ciclo hídrico y preservar la biodiversidad local.

Desde una perspectiva macroeconómica, la carencia de inversiones sostenidas en infraestructura hídrica ha consolidado un sistema de abastecimiento vulnerable a eventos hidrometeorológicos extremos. La centralización de la asignación presupuestaria obstaculiza la ejecución de proyectos estratégicos de modernización, lo que afecta la eficiencia del manejo hídrico y la capacidad de respuesta ante emergencias. Asimismo, la insuficiencia de incentivos económicos que fomenten la optimización del recurso y la implementación de esquemas de reúso agravan la vulnerabilidad del sistema hídrico regional.

En el ámbito institucional y normativo, la falta de un marco regulatorio adaptativo impide la rápida respuesta ante cambios en la disponibilidad hídrica. La rigidez de la normativa vigente limita la introducción de estrategias innovadoras para la optimización del recurso, mientras que la fragmentación en la gobernanza del agua restringe la articulación efectiva entre actores claves, como el sector agrícola, el minero y el de servicios sanitarios urbanos. Esta disociación intersectorial compromete el desarrollo de soluciones holísticas que permitan gestionar de manera integrada las diversas demandas hídricas en la región.

Para revertir los efectos de la capacidad hídrica limitada en la región, es fundamental implementar estrategias de gestión integrada que fortalezcan la resiliencia del sistema y optimicen el uso del recurso. La mejora de la infraestructura de saneamiento en zonas rurales debe ser prioritaria, mediante inversiones en la ampliación de redes de abastecimiento y alcantarillado en comunidades de las comunas de Putre, General Lagos y Camarones. Esta intervención no solo reduciría la brecha de acceso a servicios básicos, sino que también mejoraría la calidad de vida de la población.

La reducción de pérdidas en la red de distribución de agua potable representa otro eje estratégico para optimizar el manejo del recurso. La implementación de tecnologías de detección de fugas y programas de mantenimiento preventivo en la ciudad de Arica podría reducir significativamente los niveles de desperdicio y mejorar la eficiencia en la provisión del servicio. En paralelo, la diversificación de las fuentes de agua mediante la instalación de nuevas plantas desalinizadoras en la cuenca del río San José (BNA 013) y el impulso de iniciativas de reutilización de aguas residuales tratadas permitiría aumentar la disponibilidad de recursos hídricos alternativos y disminuir la presión sobre las fuentes convencionales.

En el sector agrícola, la modernización de los sistemas de riego en los valles de Azapa y Lluta es crucial para incrementar la eficiencia en la aplicación del agua. La adopción de tecnologías de riego tecnificado y la integración de modelos de agricultura de precisión podrían mejorar significativamente la productividad y reducir el desperdicio de agua. A nivel regulatorio, la implementación de normativas secundarias de calidad del agua es imprescindible para prevenir la contaminación y garantizar la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

Finalmente, el establecimiento de un sistema de monitoreo hidrometeorológico avanzado en las principales cuencas de la región permitiría fortalecer la capacidad de planificación y respuesta ante eventos extremos. Este enfoque contribuiría a la formulación de políticas basadas en evidencia y a la optimización de la asignación de recursos en función de la disponibilidad hídrica real.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

Para este escenario la gestión hídrica en la región de Arica y Parinacota se encuentra en un punto de inflexión, donde la combinación de factores geográficos, climáticos y socioeconómicos ha generado un entorno altamente desafiante. La escasez hídrica estructural derivada de su ubicación en una zona árida, junto con una creciente demanda del recurso por parte de los sectores agrícola, minero y turístico, ha exigido la implementación de un enfoque integral basado en la resiliencia, la sostenibilidad y la innovación tecnológica. En este contexto, el desarrollo de estrategias adaptativas ha sido

fundamental para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo, minimizando los impactos adversos del cambio climático y asegurando una distribución equitativa del recurso.

En este marco, la ampliación de los Sistemas de Servicios Sanitarios Rurales (SSR) en sectores como Pampa San Martín y Pampa Concordia ha sido clave para mejorar las condiciones de acceso al agua potable y saneamiento en comunidades rurales, reduciendo las brechas históricas en la provisión de servicios básicos y promoviendo la equidad territorial. Para abordar las brechas aún existentes, se han desplegado iniciativas orientadas a la implementación de SSR en zonas con déficit de infraestructura sanitaria, así como a la optimización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El despliegue de infraestructura de vanguardia ha sido determinante en este proceso. La instalación de plantas desalinizadoras en la Cuenca Quebrada La Concordia y en la parte baja del Valle de Azapa ha diversificado las fuentes de abastecimiento, permitiendo una menor dependencia de los acuíferos y cursos superficiales, los cuales se encuentran en constante riesgo de sobreexplotación. Paralelamente, la implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real mediante sensores y sistemas de telemetría ha optimizado la gestión operativa del recurso, facilitando la identificación de pérdidas en la red de distribución y permitiendo una respuesta eficiente ante fugas y anomalías en el suministro.

Por otra parte, la optimización del consumo hídrico en la industria y la minería ha generado un impacto positivo en la reducción del estrés sobre las fuentes naturales, promoviendo modelos de producción más sustentables. Desde una perspectiva de infraestructura estratégica, la construcción del Embalse Chironta y la habilitación de microtrancos en la cuenca del río San José han fortalecido la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica, garantizando un suministro más estable a lo largo del año. A su vez, la modernización de la infraestructura de riego y la expansión de la superficie agrícola tecnificada han incrementado la eficiencia en el uso del agua, permitiendo el desarrollo de modelos productivos más sostenibles y resilientes frente a escenarios de estrés hídrico prolongado. Complementariamente, la ejecución de obras de recarga artificial en el Valle de Azapa ha contribuido a la recuperación de los niveles freáticos, asegurando la sostenibilidad de los acuíferos en el largo plazo.

La conservación de los ecosistemas hídricos ha sido otro pilar fundamental en esta estrategia de gestión. La rehabilitación de humedales altoandinos ha permitido fortalecer la regulación natural del ciclo hidrológico y preservar la biodiversidad asociada a estos entornos vulnerables. Además, la implementación de esquemas de monitoreo permanente de calidad del agua ha posibilitado la detección temprana de fuentes de contaminación y la adopción de medidas correctivas oportunas. En paralelo, la regulación del caudal ambiental ha asegurado la continuidad ecológica de los ecosistemas fluviales, reduciendo el impacto de la intervención antrópica sobre los cuerpos de agua y sus zonas de influencia.

A nivel de prevención de desastres, el desarrollo de obras de control aluvional ha mitigado los riesgos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos, contribuyendo a la protección de las poblaciones y actividades económicas en las zonas de mayor vulnerabilidad.

Las implicancias de este modelo de desarrollo han sido ampliamente positivas. Se ha alcanzado una mayor autosuficiencia hídrica, reduciendo la dependencia de fuentes tradicionales y aumentando la resiliencia frente a sequías prolongadas. Sin embargo, persisten desafíos críticos que requieren una atención prioritaria. La modernización de infraestructuras aún es insuficiente en ciertas áreas, lo que genera pérdidas significativas de agua por deficiencias en la conducción y distribución. Asimismo, la falta de regulaciones más estrictas en materia de gestión de acuíferos y control de extracciones plantea riesgos de sobreexplotación, afectando la disponibilidad futura del recurso. Otro aspecto relevante es la necesidad de fortalecer los mecanismos de monitoreo y planificación, evitando que la falta de datos actualizados incremente la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos.

A nivel de gobernanza, el establecimiento de acuerdos binacionales ha permitido fortalecer la gestión compartida del acuífero transfronterizo, asegurando una distribución equitativa y sostenible. En el ámbito de la concienciación social, la promoción de campañas educativas sobre uso eficiente del agua ha favorecido la adopción de mejores prácticas en la ciudadanía y los sectores productivos. Además, el reforzamiento de las normativas de calidad del agua ha elevado los estándares ambientales, exigiendo un mayor compromiso de las industrias en la reducción de su impacto hídrico. Finalmente, la inversión en innovación y desarrollo ha sido clave para fomentar la adopción de tecnologías avanzadas de riego y reciclaje de aguas residuales, fortaleciendo la capacidad adaptativa del sector agrícola y urbano.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

La región de Arica y Parinacota se caracteriza por concentrar sus principales recursos hídricos en las cuencas Altiplánicas (BNA 010), Río Lluta (BNA 012) y Río San José (BNA 013). No obstante, las demandas hídricas se sitúan predominantemente en las zonas bajas de las cuencas, destacando la Quebrada de la Concordia (BNA 011), el Río Lluta (BNA 012) y las Costeras entre el Río San José y la Quebrada Camarones (BNA 014). Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1Figura 2.2-4. El sector agrícola presenta la mayor demanda, mientras que se proyecta un aumento del 57% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, atribuible principalmente a la expansión agrícola^{9 10} y a la baja eficiencia en el riego, que se estima en un 54% promedio regional. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Río San José (BNA 013) y Quebrada de la Concordia (BNA 011).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, siendo las más afectadas las Costeras del Río San José - Quebrada Camarones (BNA 014) y la Quebrada del Río Camarones (BNA 015), con descensos del 26% y 32%, respectivamente. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que las cuencas de la Quebrada de la Concordia (BNA 011), el Río San José (BNA 013) y las Costeras entre el Río San José y la Quebrada Camarones (BNA 014) presentan un déficit hídrico estructural, caracterizado por demandas que superan la oferta disponible con un 50% de probabilidad de excedencia y con restricciones de uso en sus fuentes subterráneas, lo que las vuelve especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región¹¹, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta

⁹ Asociado al aumento de superficies de praderas mejoradas con un aumento del 245% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Reducción de la superficie dedicada a frutales y forrajeras permanentes.

¹⁰ Censos Agropecuarios de los años 1997, 2007 y 2021 (INE, 2007; INE, 2021)

¹¹ Entendidos como las brechas o problemáticas relacionadas indirectamente a la disponibilidad de agua, las cuales dificultan el cumplimiento de los objetivos de SH.

considerables presiones. En las zonas urbanas, si bien la cobertura alcanza un 94,1%, los sistemas de distribución registran pérdidas físicas del 30% en promedio¹². En las áreas rurales, entre el 23% y 31% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que la falta de información afecta hasta el 76,1% de las viviendas rurales, limitando el desarrollo de estrategias integrales. Además, el 23% de la población rural con acceso a agua potable carece de sistemas de alcantarillado. La región enfrenta limitaciones significativas en la promoción de iniciativas orientadas a incrementar la eficiencia y el uso sostenible del agua. Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que las cuencas Altiplánicas (BNA 010), Quebrada de la Concordia (BNA 011) y Quebrada del Río Camarones (BNA 015) no cuentan con proyectos planificados.

La calidad del agua representa un problema crítico en las cuencas de la Quebrada del Río Camarones (BNA 015), el Río San José (BNA 013) y el Río Lluta (BNA 012), debido a altos niveles de contaminación y erosión. Las cuencas costeras exhiben una baja protección ecosistémica: mientras las cuencas Altiplánicas tienen más del 25% de su superficie protegida, las Costeras del Río San José-Quebrada Camarones (BNA 014) y el Río Lluta (BNA 012) apenas alcanzan el 5%, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Las cuencas de la Quebrada de la Concordia (BNA 011), el Río Lluta (BNA 012), el Río San José (BNA 013) y las Costeras entre el Río San José-Quebrada Camarones (BNA 014) presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones y aluviones. Los sistemas de drenaje resultan insuficientes, lo que agrava los impactos de estos eventos

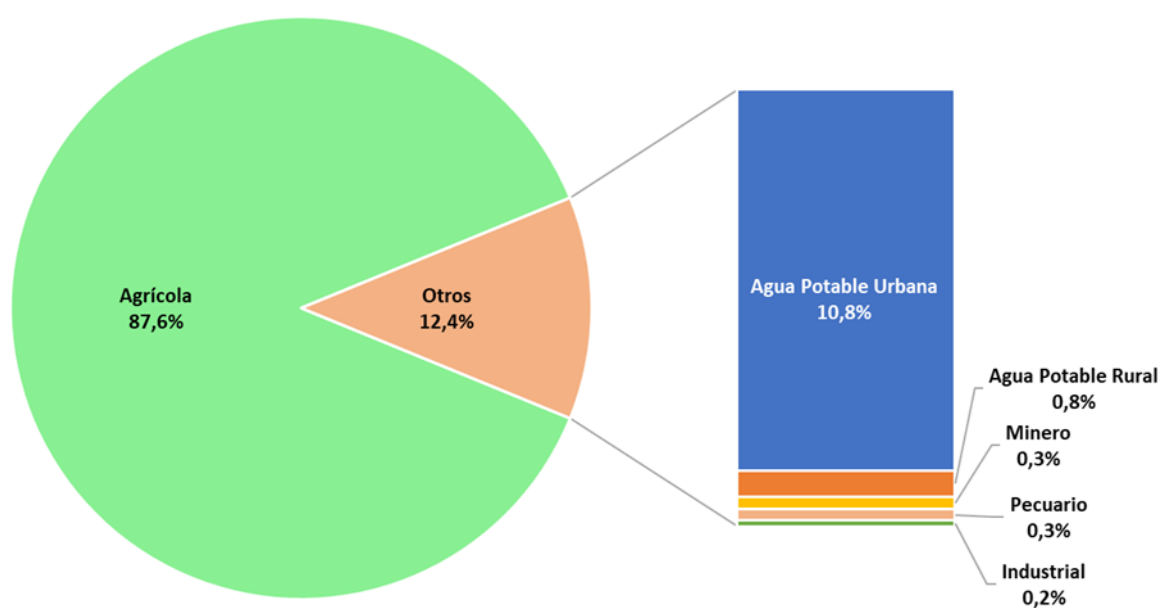


Figura 8.1-1 Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023

¹² Para el periodo comprendido entre 2012 -2022.

Tabla 8.1-1 Balance Hídrico Estructural actual de la región de Arica y Parinacota

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹³	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹⁴
			Superficiales	Subterráneas	
010	Altiplánicas	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
011	Quebrada de la Concordia	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural
012	Río Lluta	Con recursos	No	Sí	Estrés hídrico
013	Río San José	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural
014	Costeras Río San José - Quebrada Camarones	Déficit hídrico estructural	No	Sí	Déficit hídrico estructural
015	Quebrada Río Camarones	Estrés hídrico	No	No	Estrés hídrico

Fuente: Elaboración propia.

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

En la región de Arica y Parinacota se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) específicamente para las cuencas de la Quebrada de la Concordia (BNA 011), Río Lluta (BNA 012) y Río San José (BNA 013). Paralelamente, en el ámbito productivo se han formulado Planes de Riego orientados a promover un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos destinados al riego en estas cuencas. Actualmente, la región cuenta con tres planes activos en las cuencas mencionadas. Sin embargo, se identifica la necesidad de extender el desarrollo de estos instrumentos de gestión, tanto 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.

¹³ 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.

¹⁴ 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, y promoviendo soluciones sostenibles. En la región de Arica y Parinacota, actores como el Gobierno Regional, SEREMI MINAGRI, INDAP, CNR, SISS, OUAs¹⁵, agricultores y empresas agrícolas 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 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 Arica y Parinacota, la estrategia se centra en desarrollar una gestión integral de los recursos hídricos, con especial énfasis en la conservación de ecosistemas esenciales como los bofedales altoandinos. Asimismo, se prioriza el acceso equitativo al agua, alineado con principios de sostenibilidad y adaptación al cambio climático. Las políticas y proyectos en la región buscan garantizar una administración eficiente y transparente del recurso hídrico, asegurando que las acciones se adapten a las particularidades territoriales y promuevan soluciones de largo plazo.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la demanda hídrica urbana aumenta un 8% al 2035 (cuenca Río San José), con pérdidas del 30% en distribución, agravadas por una eficiencia de riego del 54% a nivel regional y una demanda industrial proyectada en +43% al año 2055. La vulnerabilidad se exacerba por la reducción del 32% en caudales (principalmente en cuenca Río Camarones) y contaminación por boro/arsénico en principales fuentes de abastecimiento humano. En un escenario de *Desafío Gestionable*, mantiene la capacidad de respuesta institucional pese a disminución del 26% en

¹⁵ SEREMI MINAGRI: Secretaría Ministerial Regional del Ministerio de Agricultura; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; CNR: Comisión Nacional de Riego; SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua.

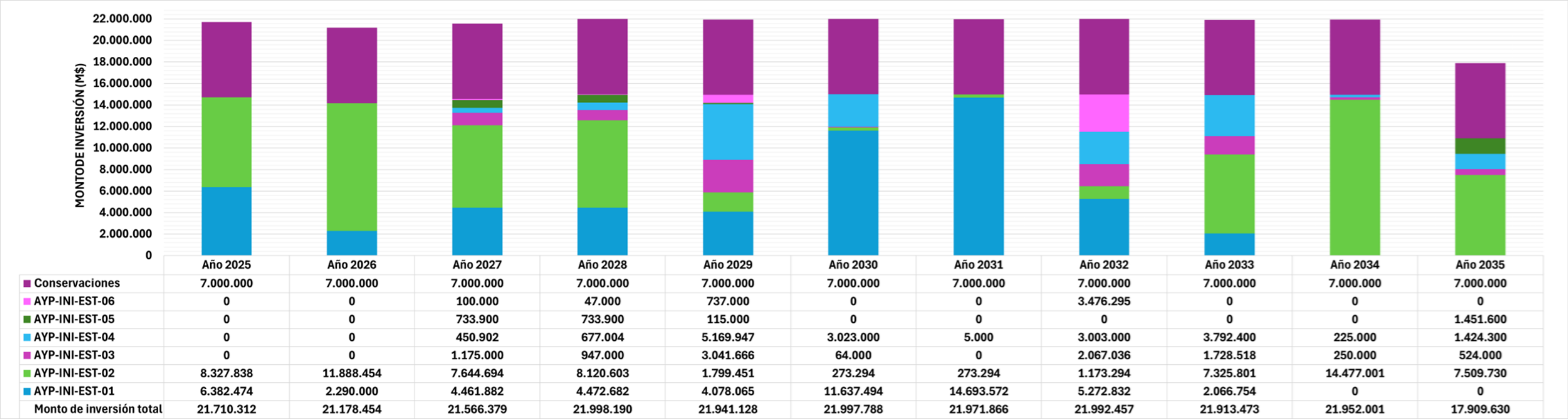
oferta hídrica (principalmente cuenca Río San José- Quebrada Camarones) y brechas de acceso al agua potable del 76% en zonas rurales, priorizando infraestructura existente (total de volumen en embalses de 81 hm³) y tecnologías para optimizar la eficiencia agrícola (+61% al 2055). Un escenario de *Capacidad Limitada*, evita la ampliación de desafíos de seguridad hídrica, pero enfrenta limitaciones institucionales (ej.: redes de monitoreo cubren solo un 60% de áreas críticas) y riesgos de contaminación minera. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, logra estabilidad mediante políticas integradas, reducción de pérdidas hídricas, conservación de humedales (<5% protegidos) y adopción de desaladoras, asegurando caudales ecológicos y resiliencia productiva.

8.6 ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE

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

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

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



Leyenda	Descripción iniciativas
INI-EST-01	Ampliación, conservación y mejoramiento operacional y tecnológico de SSR en agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas
INI-EST-02	Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en la calidad del agua
INI-EST-03	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral, asociado a una gestión integrada de cuencas
INI-EST-04	Obras y medidas de protección y recuperación de sistemas ecosistémicos naturales, basadas en la naturaleza con énfasis en prevenir desertificación y erosión
INI-EST-05	Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población, además del manejo de los flujos excedentes del invierno altiplánico
INI-EST-06	Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral de cuencas transnacionales

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.7-1 Cartera de Inversión distribuida por tipo de Iniciativas Estratégicas

Entre las IE más relevantes de la región, destaca la “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Agua Potable”, orientada a garantizar el derecho al agua. Asimismo, la iniciativa “Fuentes de Abastecimiento Sustentables para Consumo Humano y Riego” busca asegurar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. La iniciativa “Implementación de un Sistema de Seguimiento y Monitoreo Integral” tiene como objetivo fortalecer la gestión de cuencas mediante información hidrométrica actualizada, facilitando una planificación eficiente y soluciones adaptadas a los problemas de calidad y acceso al agua. Por último, la iniciativa “Obras y Medidas de Protección y Recuperación de Sistemas Ecosistémicos Naturales, Basadas en la Naturaleza” se encuentra orientada a fortalecer la conservación y recuperación de humedales, cauces y riberas asegurando la provisión de servicios ecosistémicos.

Estas iniciativas estratégicas se traducen a inversiones como:

- M\$ 11.587.000 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 3.150 personas distribuidas en las cuencas del Río San José (equivalente al 50% de la inversión total para este ítem), río Lluta (BNA 012), Costeras río San José-Quebrada Camarones (BNA 14) y Quebrada de la Concordia (011), lo cual permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable.
- M\$ 5.240.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 16 estudios de recursos hídricos y 2 estudios de riego. El 50% de la inversión se centra en estudios a escala regional, y un 25% es destinado solo a estudios para alternativas de nuevas fuentes en la cuenca Quebrada de la Concordia (BNA 011).
- M\$ 197.400 de inversión para el Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras, con un beneficio para 170 personas en las cuencas Costeras río San José-Quebrada Camarones (BNA 14) y Quebrada de la Concordia (011).
- M\$ 24.945.000 de inversión para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua a través del Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego, beneficiando a más de 2.000 ha a nivel regional; y el Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable beneficiando a más de 19.000 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.
- M\$ 1.700.000 de inversión para el Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos, equivalente a más de 1.500.000 m³ de volumen de recarga de agua, aumentando la oferta en la matriz hídrica.
- M\$ 26.529.000 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 420 hectáreas de riego en la región.
- M\$ 1.190.000 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\$ 19.366.300 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 35 hm³/año y; M\$ 17.212.400 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 80 hectáreas.
- M\$ 7.000.000 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Hidrométricas, donde más del 50% del monto total está destinado a estaciones para el monitoreo de calidad de agua distribuido, principalmente, en las cuencas de río San José (BNA 013), Río Lluta (BNA 012) y Altiplánicas (BNA 010).
- M\$ 83.186.500 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Medidas de Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces, donde el 59% de la inversión está destinado a Construcción de Áreas Verdes de Flora Nativa, el 38% a Mejoramiento de Riberas y/o Orillas Naturales, y el 3% restante se encuentra destinado a medidas de Construcción de Obras de Regulación e Infiltración.
- M\$ 80.000 de inversión en Estudios de Regulación Hídrica y Gestión de Suelos, equivalente a 4 estudios de Manejo de Normas Ambientales e Hídricas, Reservas de agua, Planes y Políticas. El 75% de la inversión está destinado a la cuenca Quebrada de la Concordia (011) y el 25% de la inversión tiene un enfoque regional.

8.8 MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA

El estudio aborda megatendencias globales como cambio climático, urbanización, intensificación agrícola y dinámicas demográficas, que redefinen la disponibilidad y demanda de agua. Para enfrentar vulnerabilidades y oportunidades, se proponen cinco tipos de acciones anticipatorias: las acciones mitigadoras incluyen modernizar infraestructura de riego (eficiencia actual 54%) y reducir pérdidas en canales (40%). La cobertura se fortalece con plantas desaladoras (proyectadas en Quebrada La Concordia) y diversificación de fuentes, contrarrestando la reducción del 30% en recarga de acuíferos. Las oportunidades priorizan tecnologías de reúso de aguas residuales y optimización industrial-minera (+43% demanda al 2055). Los beneficios emergen de políticas de conservación (protección de humedales y caudales ecológicos) y actualización de Instrumentos de Planificación Territorial (3 comunas con IPT obsoletos). Acciones preventivas involucran sistemas de monitoreo hidroclimático (eventos extremos +65%) y acuerdos binacionales para acuíferos transfronterizos, reforzando gobernanza y reduciendo conflictos socioambientales. Estas estrategias, respaldadas por inversión en datos actualizados y participación multisectorial, robustecen la adaptabilidad frente a incertidumbres climáticas y presiones demográficas (crecimiento poblacional 0,91% anual).

CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA

- ACADES. (2023). *Proyectos de reúso y desalinización en Chile*. (A. C. A.G., Editor) Obtenido de Primer catastro de proyectos y plantas desalinizadoras de agua de mar: <https://www.acades.cl/proyectos/>
- Aguas del Altiplano. (2023). *Aguas del Altiplano*. Obtenido de https://www.aguasdelaltiplano.cl/p_238-252_concesionnew
- Aguas del Valle. (2018). Obtenido de Aguas del Valle: <https://www.aguasdelvalle.cl/empresas/nosotros/plan-de-desarrollo-vigente/>
- Aguas La Serena. (2021). *Aguas La Serena*. Obtenido de <https://www.alser.cl/plan.php>
- Amado, C. (2019). *PERCEPCIONES DE USO DEL AGUA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LOS ALUMNOS DE ENSEÑANZA MEDIA, COMUNA DE PICA REGION DE TARAPACÁ*. Santiago.
- BC. (2022). *Banco Central: 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 Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region15/clima.htm>
- BCN. (2023). *Clima y vegetación Región de Coquimbo*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region4/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region15/hidrografia.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region15/hidrografia.htm>
- BIG DATA ULS. (2023). *Embalses Región de Coquimbo, BigData ULS 2022*. Obtenido de <https://bigdatauls.userena.cl/dashboards/embalses-region-de-coquimbo/>
- Bolados A., M., Roa A., S., & Aedo A., M.-V. (2023). Análisis de las brechas e iniciativas hídricas propuestas en los planes estratégicos de gestión hídrica (PEGH): un acercamiento a la

- gobernanza para su implementación. *Sequía y escasez hídrica: mejoras institucionales y regulatorias en materia de aguas: IV Jornadas del régimen jurídico de las aguas*, 520. 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. (2024). Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente. *Coordinador Eléctrico Nacional*, <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>.
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNE. (2018). Solicitud de informacion por transparencia.
- CNE. (2023). Solicitud de informacion por transparencia.
- CNR. (2016). *Estudio básico para desarrollar Plan de Riego en Región de Arica y Parinacota*.
- CNR. (2016). *Planes de Riego cuencas: qda. Concordia; río Lluta; río San José (Valle de Azapa)*.
- CNR. (2017). *Estudio Básico: Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Región de Tarapacá*.
- CNR. (2019). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR - Bocatomas*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- CNR. (2020). *Mapa y Fichas de Infraestructura de Riego y Catastros - Levantamiento de información CNR - Canales*. Obtenido de <https://esiir.cnr.gob.cl/>
- COCHILCO. (2022). *Anuario de la Minería de Chile*. Santiago.
- COCHILCO. (2023). *Infraestructura Hídrica Compartida*.
- CONAF. (2014). Obtenido de <https://www.conaf.cl/>
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/>
- DGA. (2013). *Caracterización de la Cuenca del Río San José para la Implementación de un Programa de Recarga Artificial de Acuíferos*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/125679>
- DGA. (2013). *Caracterización de la Cuenca del Río San José para la Implementación de un Programa de Recarga Artificial de Acuíferos*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/125679>
- DGA. (2013). *Estudio de Caracterización de la Cuenca del Río San José para Evaluación e Implementación de Recarga Artificial del Acuífero de Azapa*.
- DGA. (2014). *Estudio Metodología para la Delimitación y Sectorización de Acuíferos a Nivel Nacional*.
- DGA. (2014). *Metodología para la delimitación y sectorización de acuíferos a nivel nacional*.
- DGA. (2016). *Análisis integral de soluciones a la escasez hídrica, Región de Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/32733>

- DGA. (2016). DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DEL RÍO CAMARONES, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.
- DGA. (2017). *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d28ba07a-b472-4b6d-96db-628a3d3851e5/content>
- DGA. (2017). *ESTIMACIÓN DEMANDA Y PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUAS*.
- DGA. (2020). *Embalses - Inventarios*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>
- DGA. (2020). *Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Copiapó*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/7673>
- DGA. (2020). *Plan Estratégicos de Gestión Hídrica*.
- DGA. (2021). *Diagnóstico hidrogeológico del acuífero del río Camarones, Región de Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/bitstream/handle/20.500.13000/125421/SUB5932v2.pdf?sequence=26&isAllowed=y>
- DGA. (2022). *HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA OFERTA NATURAL DE AGUA HISTÓRICA Y FUTURA EN CHILE*.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica del Acuífero del Valle de Azapa*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126133>
- DGA. (2022). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica del Acuífero del Valle de Azapa*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126133>
- 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. (2023). *Áreas de restricción*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/areasderestriccion.aspx>
- DGA. (Noviembre de 2023). *Catastro publico de aguas*. Obtenido de [Derechos Concedidos XV : https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx](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*. Santiago.
- DOH. (2021). *Análisis de inversión en infraestructura y gestión hídrica: Plan de inversión en iniciativas hídricas 2020-2050*. Santiago.
- DOH. (2021). *Listado de Sistemas de Agua Potable Rural en Chile*. Obtenido de <https://datos.gob.cl/lv/dataset/listado-de-sistemas-de-agua-potable-rural-en-chile>
- DOH. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- DOH. (2023). *Listado de Servicios Sanitarios Rurales*. Santiago, Chile.
- El Morrocotudo. (2021). *¿Cómo que no hay relaves?: Organizaciones y comunidades de Arica y Parinacota solicitan actualizar registro*. Recuperado el 07 de Enero de 2024, de <https://www.elmorrocotudo.cl/noticia/medioambiente/como-que-no-hay-relaves-organizaciones-y-comunidades-de-arica-y-parinacota-sol>
- 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*.
- Fuss, S., Canadell, J., Peters, G., Tavoni, M., Andrew, R., Ciais, P., & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nature climate change*, 850-853.
- GEF. (2022). *Diagnóstico ambiental actual y fuentes emisoras del Humedal Costero del Río Elqui, Región de Coquimbo*.
- GORE Arica y Parinacota. (2018). *Estrategia regional de desarrollo Arica y Parinacota 2017-2030*.
- GORECoquimbo. (2020). *Estrategias Regional del Desarrollo*. <https://www.gorecoquimbo.cl/estrategia-regional-de-desarrollo/gorecoquimbo/2015-05-08/164205.html>.
- INE. (2007). *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*.
- INE. (2017). *Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de Resultados CENSO 2017: <http://resultados.censo2017.cl/>
- INE. (2017). *Resultados Censo 2017*. Obtenido de <http://resultados.censo2017.cl/>

- INE. (2021). *Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR)*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/sicvir>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- INE. (2023). *CASEN Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Mardones y Garreaud. (2020). Future Changes in the Free Tropospheric Freezing Level and Rain-Snow Limit: The Case of Central Chile.
- MinEnergía. (2022). *Compendio Cartográfico - Proyectos e Instalaciones de generación eléctrica en Chile*. Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/compendio_cartografico_junio_2021_0.pdf
- MinEnergía. (2023). *IDE Energía*. Obtenido de <https://arcgis2.minenergia.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=9af6d41356bf4b54b5dab6416edbdb23>
- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Arica y Parinacota*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=2
- MOP. (2019). *Análisis de inversión en infraestructura y Gestión Hídrica 2020-2050*.
- MOP. (2021). *Análisis de Inversión en Infraestructura y Gestión Hídrica 2020 -2050*.
- MOP. (2021). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA RIO LLUTA*.
- MOP. (2021). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico*.
- MOP. (2022). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE AZAPA*.
- MOP. (2022). *PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA QUEBRADA DE LA CONCORDIA*.
- MOP. (2023). *Gobierno inaugura embalse Chironta en Arica que mejorará la capacidad de riego de cerca de 2.900 hectáreas de cultivos*. Obtenido de <https://www.mop.gob.cl/gobierno-inaugura-embalse-chironta-en-arica-que-mejorara-la-capacidad-de-riego-de-cerca-de-2-900-hectareas-de-cultivos/>
- MOP. (2023). *Gobierno inaugura embalse Chironta en Arica que mejorará la capacidad de riego de cerca de 2.900 hectáreas de cultivos*. <https://www.mop.gob.cl/gobierno-inaugura-embalse-chironta-en-arica-que-mejorara-la-capacidad-de-riego-de-cerca-de-2-900-hectareas-de-cultivos/>.
- MOP. (2023). *Inventario de Planes MOP 2023*. Obtenido de Plan de Infraestructura para Caletas Rurales Región de Coquimbo:

- https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/inventarioplanes/Documents/Inventario_de_Planes_MOP_2023.pdf
- MOP. (2023). Inversión Historica .
- Nacional, C. E. (2022). *Reportes, Estadísticas y Plataformas de Uso Frecuente*, CEN. Santiago: <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>.
- ODEPA. (2021). Obtenido de Resultados del VII Censo Agropecuario y Forestal: <https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/estadisticas/estadisticas-productivas/resultados-del-viii-censo-agropecuaria-y-forestal>
- ODEPA. (2022). Catastros Frutícolas. Santiago, Chile.
- Ortega, H. C. (2007). Aportes sedimentarios de los Rios Lluta y San Jose en la zona costera de la Rada de Arica, Chile. *Idesia* , <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000200005>
- Parinacota, G. R. (2022). *SSR Arica y Parinacota*. Obtenido de <https://ssr-arica.cl/wp-content/uploads/2022/12/lineabase.pdf>
- PNRD. (2020). Política Nacional de Desarrollo Rural . <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/72826/Pol%c3%adica-Nacional-de-Desarrollo-Rural.pdf>.
- Publicas, M. d. (2018). Plan Chile 30/30. [/https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf](https://planeamiento.mop.gob.cl/Carpeta/sites/3/2023/05/plan_chile_3030.pdf).
- RECT. (2021). Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias de Contaminantes del RETC 2021. <https://retc.mma.gob.cl/books/informe-consolidado-de-emisiones-y-transferencias-de-contaminantes-del-retc-2021-2/>.
- Sara Larraín, P. P. (2010). *Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del Mercado*.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrdsenapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- Sernapesca. (2024). *Dpto Gestión de la Información, Atención al Usuario y Estadísticas Sectoriales*.
- 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. (2022). *Superintendencia de Servicios Sanitarios*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-channel.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). Planes de desarrollo vigentes. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6399.html>.
- SISS. (2023). SIFAC II . *Sistema de Facturación Clientes y Coberturas*.
- SiSS. (2023). *Sistema de Gestión Unidad Información - 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>
- Valle, A. d. (2022). *Memorias anuales*. Obtenido de <https://www.aguasdelvalle.cl/personas/nosotros/inversionistas/informacion-financiera/memorias-anuales/>
- Vicuña, S., Daniele, L., Farías, L., González, H., Marquet, P., Palma-Behnke, R., . . . Winckler, P. (2022). Desalinización: Oportunidades y desafíos para abordar la inseguridad hídrica en Chile. *Comité Asesor Ministerial Científico sobre Cambio Climático; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.*, 189.
- 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.