

**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 ATACAMA

REV. 0

Preparado para:



marzo de 2025

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	INTRODUCCIÓN	9
1.2	MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL	10
1.2.1	Visión objetivo	10
1.2.2	Objetivo estratégico general	11
1.2.3	Objetivos estratégicos específicos	11
CAPÍTULO 2	DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROYECTADO DEL DESARROLLO DEL SECTOR HÍDRICO DE LA REGIÓN	15
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN	15
2.1.1	Dimensión física	15
2.1.2	Clima	19
2.1.3	Dimensión socioeconómica y cultural	20
2.2	ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS	21
2.2.1	Agua potable urbana	21
2.2.2	Agua potable rural	23
2.2.3	Agrícola	26
2.2.4	Generación eléctrica	29
2.2.5	Minero	30
2.2.6	Industrial	31
2.2.7	Forestal	33
2.2.8	Pecuario	33
2.2.9	Acuícola	34
2.2.10	Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental	34
2.2.11	Análisis de demanda total en la región	35
2.3	ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA	38
2.3.1	Oferta hídrica	38
2.3.2	Eventos extremos	51
2.3.3	Calidad de aguas	53
CAPÍTULO 3	ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	57

3.1	INFRAESTRUCTURA HIDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES	57
3.1.1	Infraestructura hídrica existente al año 2023	57
3.1.2	Infraestructura hídrica propuesta en cartera pública existente	71
CAPÍTULO 4	BRECHAS HÍDRICAS	76
4.1	BRECHAS DE BALANCE HÍDRICO	76
4.2	BRECHAS ESTRATÉGICAS	83
4.2.1	Brechas de información	83
4.2.2	Brechas de seguridad hídrica para el derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	84
4.2.3	Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica	88
4.2.4	Brechas de seguridad hídrica para la conservación y preservación de los ecosistemas	91
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	94
4.2.6	Resumen de brechas estratégicas	96
4.3	BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA	98
4.3.1	Desarrollo matriz OAI	98
4.3.2	Identificación de brechas de Infraestructura	108
CAPÍTULO 5	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS DE INFRAESTRUCTURA, INNOVADORAS Y DE GESTIÓN	110
5.1	IDENTIFICACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	110
5.2	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	112
5.3	CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES	113
5.4	DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS DE TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS	119
5.5	VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	124
5.6	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA	124
5.6.1	Beneficios de Inversiones	124
5.6.2	Incidencia en Matriz Hídrica	129
CAPÍTULO 6	EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA	133
6.1	EVALUACIÓN MULTICRITERIO	133
6.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	136
6.3	PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES	137
CAPÍTULO 7	PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO	142

CAPÍTULO 8	PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	156
8.1	SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE	156
8.2	EL FUTURO EXISTE EN EL POTENCIAL DEL PRESENTE: POLÍTICAS PÚBLICAS E INNOVACIONES	159
8.3	GOBERNANZA PARA EL FUTURO DESEADO: EL ROL DEL MOP Y ACTORES CLAVE	159
8.4	FRENTE A LA INCERTIDUMBRE: VISIÓN COMÚN PARA LA RESILIENCIA	160
8.5	MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO	160
8.6	ADAPTACIÓN COMO CAMINO PARA NAVEGAR LA INCERTIDUMBRE	161
8.7	SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS	161
8.8	MONITOREO Y ESTRATEGIAS DE CONTINGENCIA	164
CAPÍTULO 9	BIBLIOGRAFÍA	165

FIGURAS

Figura 2.1-1	Hidrografía de la región de Atacama	17
Figura 2.1-2	Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Atacama.....	18
Figura 2.1-3	Escenarios emisiones del CMIP5 y trayectorias a 2100.	20
Figura 2.2-1	Clientes Residenciales regulados que se abastecen de agua potable urbana... ..	22
Figura 2.2-2	Estimación consumo mensual promedio histórico por Cliente Residencial regulado	23
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	28
Figura 2.2-4	Distribución de demanda total consuntiva regional (%), por uso - año 2023	36
Figura 2.2-5	Distribución de demanda total consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	37
Figura 2.2-6	Distribución de demanda total consuntiva no extractiva y no consuntiva regional (Mm ³ /año), por uso – actual y proyectada	38
Figura 2.3-1	Cuencas y subcuencas de la región de Atacama según clasificación BNA.....	39
Figura 2.3-2	Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la región de Atacama, por tipología	42
Figura 2.3-3	Restricciones de uso sobre fuentes superficiales, región de Atacama.....	43
Figura 2.3-4	Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Atacama	44
Figura 2.3-5	Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Atacama, por tipología	48
Figura 2.3-6	Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Atacama.....	49
Figura 3.1-1	Distribución de viviendas en región de Atacama 2017.....	60
Figura 3.1-2	Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua.....	61
Figura 3.1-3	Acceso a la red de agua potable según indicador BS12 en las viviendas rurales de la región de Atacama	62
Figura 3.1-4	Cobertura de sistemas de alcantarillado de la población rural de la región de Atacama según indicador BS13	63

Figura 3.1-5	Cobertura de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas de la población rural para el año 2022	63
Figura 3.1-6	Infraestructura principal asociada a los recursos hídricos de la región de Atacama	67
Figura 3.1-7	Red hidrométrica de la región de Atacama	70
Figura 4.1-1	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 030.....	78
Figura 4.1-2	Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 038.....	79
Figura 4.1-3	Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Atacama	80
Figura 4.1-4	Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Atacama.....	82
Figura 4.2-1	Resumen de Brechas Estratégicas por Cuenca Región de Atacama	97
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 Atacama.....	105
Figura 5.1-1	Diagrama de flujo Iniciativas Estratégicas.....	111
Figura 5.2-1	Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas	112
Figura 5.3-1	Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones.....	114
Figura 5.3-2	Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión.....	115
Figura 6.3-1	Diagrama de proceso para la generación de la cartera de inversión	138
Figura 6.3-2	Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Atacama.....	139
Figura 6.3-3	Cartera de inversión por tipo de iniciativa estratégica para la región de Atacama	140
Figura 6.3-4	Cartera de inversión por tipo de fuente de inversión para la región de Atacama	141
Figura 8.1-1	Distribución de demanda total regional (%), por uso - año 2023.....	158
Figura 8.7-1	Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas	162

TABLAS

Tabla 2.2-1	Estimación demanda Agua Potable Urbana actual y futura– Cuencas BNA región Atacama	21
Tabla 2.2-2	Estimación demanda hídrica Agua Potable Rural actual y futura, por cuenca BNA región de Atacama.....	24
Tabla 2.2-3	Proyección de población rural en áreas APR, por cuenca BNA región de Atacama	25
Tabla 2.2-4	Estimación demanda hídrica en áreas sin APR actual y futura, por cuenca BNA región de Atacama.....	25
Tabla 2.2-5	Proyección de población rural en áreas sin APR, por cuenca BNA región de Atacama	26
Tabla 2.2-6	Estimación demanda hídrica Agrícola actual y futura – Cuencas BNA Región Atacama	27
Tabla 2.2-7	Estimación demanda hídrica Generación Eléctrica actual y futura– Cuencas BNA Región Atacama	29
Tabla 2.2-8	Estimación demanda hídrica Minera actual y futura – Cuencas BNA Región Atacama	30
Tabla 2.2-9	Estimación demanda hídrica Industrial actual y futura – Cuencas BNA Región Atacama	32
Tabla 2.2-10	Estimación demanda hídrica Forestal actual y futura – Cuencas BNA Región Atacama	33
Tabla 2.2-11	Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futuro – Cuencas BNA Región Atacama	34
Tabla 2.2-12	Caudales de Reserva para protección ambiental – Cuencas BNA Región Atacama	35
Tabla 2.2-13	Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Atacama	36
Tabla 2.3-1	Oferta hídrica actual y proyectada de agua superficial en la región	45
Tabla 2.3-2	Escorrentía total y glaciar en periodo histórico 1985-2015.....	46
Tabla 2.3-3	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región de Atacama	50
Tabla 2.3-4	Oferta hídrica actual de agua subterránea en la región Atacama	51
Tabla 2.3-5	Precipitación Máxima en 24 Horas para T = 20 años	52
Tabla 2.3-6	Eventos extremos históricos en la región de Atacama, periodo 1912-2017	53

Tabla 2.3-7	Cuencas afectadas por eventos extremos en la región de Atacama, periodo 2017-2023	53
Tabla 3.1-1	Producción de agua y número de territorios operacionales por cuenca	58
Tabla 3.1-2	Planes de desarrollo vigentes según concesión en la región de Atacama.....	59
Tabla 3.1-3	Plantas desaladoras de agua de mar en la región de Atacama	65
Tabla 3.1-4	Obras de tramo colector presentes en la región de Atacama	69
Tabla 3.1-5	Estaciones de monitoreo de la región de Atacama	69
Tabla 3.1-6	Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción.....	71
Tabla 3.1-7	Iniciativas según tipologías y características básicas	72
Tabla 3.1-8	Iniciativas con estado de ejecución.....	73
Tabla 3.1-9	Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Atacama	73
Tabla 3.1-10	Inversión histórica MOP 2015-2023 según estrategias de acción	74
Tabla 4.1-1	Brechas Hídricas por Cuenca Región de Atacama.....	81
Tabla 4.2-1	Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de Atacama	86
Tabla 4.2-2	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de Atacama	89
Tabla 4.2-3 (continuación)	Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de Atacama	90
Tabla 4.2-4	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de Atacama	92
Tabla 4.2-5	Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de Atacama (continuación).....	93
Tabla 4.2-6	Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por cuenca región de Atacama	95
Tabla 4.3-1	Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Atacama	102
Tabla 4.3-2	Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Atacama	109
Tabla 5.1-1	Iniciativas Estratégicas	112
Tabla 5.2-1	Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas	113
Tabla 5.3-1	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ATA-INI-EST-01 .	116
Tabla 5.3-2	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ATA-INI-EST-02 .	116
Tabla 5.3-3	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ATA-INI-EST-03 y ATA-INI-EST-06	117
Tabla 5.3-4	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ATA-INI-EST-04 .	118

Tabla 5.3-5	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar ATA-INI-EST-05	118
Tabla 5.4-1	Precios Unitarios de Tipologías de Proyectos según Etapa MDSyF	120
Tabla 5.5-1	Costos totales propuesta por IE para dar respuesta a las brechas identificadas	124
Tabla 5.6-1	Criterios para la estimación de beneficios por Inversión (General)	126
Tabla 5.6-2	Criterios para la estimación de beneficios Matriz Hídrica	130
Tabla 6.1-1	Criterios de Evaluación de Inversiones y valorización para su priorización	135
Tabla 8.1-1	Balance Hídrico Estructural actual de la región de Atacama	158

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

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

1.1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

1.2 MARCO ESTRATÉGICO REGIONAL

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

1.2.1 Visión objetivo

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

En este contexto, se define una imagen objetivo donde la región de Atacama sea “[...] conocida por su vocación minera [...]”, y en el cual “[...] proyecta la gestión eficiente del recurso hídrico asegurando la provisión para toda la población, en conjunto con los servicios sanitarios rurales, la protección ante desastres [...]. Además, se prevé garantizar edificación pública resiliente y prioritaria, servicios sanitarios rurales y velando por la seguridad de los ciudadanos [...].”

Esta imagen también define una región que “[...] cuenta con capital humano, recursos físicos y tecnológicos idóneos para una gestión eficiente, eficaz, innovadora y de calidad, trabajando de manera coordinada y sinérgica entre las instituciones, para contribuir y habilitar el desarrollo humano y productivo con equidad e integración territorial, y con un enfoque sostenible, de acuerdo a la realidad de las comunidades de la región.[...].”

La región de Atacama, conocida por su vocación minera, rico borde costero, su característico desierto, cuenta con servicios de infraestructura que se conectan intra, inter regional e internacionalmente, tanto de manera terrestre, como aérea y marítima. Los servicios de infraestructura proveen además de seguridad ante desastres naturales, dando protección al territorio y las personas; apoyan una adecuada gestión del recurso hídrico; proveen de la edificación pública necesaria, y permiten el rescate y puesta en valor del patrimonio y el borde costero.

La región cuenta con capital humano, recursos físicos y tecnológicos idóneos para una gestión eficiente, eficaz, innovadora y de calidad, trabajando de manera coordinada y sinérgica entre las instituciones, para contribuir y habilitar el desarrollo humano y productivo con equidad e integración territorial, y con un enfoque sostenible, de acuerdo a la realidad de las comunidades de la región.

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos estratégicos regionales en materia hídrica, los cuales se han elaborado a través de la revisión y análisis de los planes de riego de las cuencas de Elqui, Límari y Choapa-Quilimarí, el (Plan Chile 30/30), el Plan Regional de Infraestructura y Gestión de Recursos Hídricos al 2021 (MOP, 2012), los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (DGA, 2020) desarrollados dentro de la región, Planes de Estrategias Regionales del (MMA, 2023), los estudios realizados mediante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y por último el inventario de planes del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2023).

1.2.2 Objetivo estratégico general

Promover el desarrollo de una infraestructura hídrica sostenible y resiliente que garantice el acceso equitativo al agua potable y al saneamiento, especialmente en zonas marginales y de difícil acceso, mediante la planificación y construcción de infraestructura integrada y eficiente, la gestión sostenible de los recursos hídricos, y la implementación de soluciones innovadoras como la recolección de nubes, la desalinización, el reciclaje de aguas grises y el reúso de aguas servidas tratadas. Esto incluye la inversión en investigación para desarrollar tecnologías y prácticas eficientes, la protección y restauración de ecosistemas acuáticos y la adaptación al cambio climático mediante la mejora de infraestructuras para mitigar los efectos de eventos extremos. Asimismo, se promoverá la modernización de la infraestructura hídrica para múltiples usos y la mejora en la gestión de datos que permitan fortalecer la toma de decisiones sobre la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos, con énfasis en la equidad social, la igualdad de oportunidades, la conservación de la biodiversidad y la preservación del patrimonio cultural y ecosistémico de la región.

1.2.3 Objetivos estratégicos específicos

1. Garantizar el derecho humano al agua a través de la implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes, que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente aquellas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Esto incluye la planificación y construcción de infraestructura integrada básica, la ampliación de la red de alcantarillado, y la gestión eficiente de los recursos hídricos para mejorar la calidad de vida, promover la equidad social e igualdad de oportunidades, con especial atención a las necesidades de género y a la diversidad de contextos territoriales.
2. Mejorar el bienestar de la población, particularmente en zonas vulnerables que enfrentan escasez de agua, mediante la promoción de soluciones innovadoras y sostenibles para el suministro de agua y el saneamiento. Esto abarca estrategias clave como: reducir la vulnerabilidad mejorando el acceso a agua potable y servicios de saneamiento, especialmente en zonas rurales; promover la equidad

asegurando el acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento; proteger el medio ambiente mediante el tratamiento y la reutilización de aguas residuales; generar nuevas fuentes de agua mediante la exploración de alternativas como la recolección de nubes, la desalinización y el reciclaje de aguas grises; e invertir en investigación e innovación para identificar soluciones de gestión del agua eficientes, sostenibles y asequibles.

3. Impulsar un desarrollo económico sostenible y resiliente al clima en la región, implementando una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos para garantizar su disponibilidad a largo plazo, especialmente en áreas que enfrentan escasez. Esto implica fortalecer sectores económicos alineados con la vocación minera de la región y actividades prioritarias como el turismo, la pesca y la agricultura. La resiliencia climática se logrará mediante la implementación de infraestructura hídrica multipropósito, utilizando obras de regulación y soluciones basadas en la naturaleza para proteger y restaurar las fuentes de agua.
4. Desarrollar ventajas tecnológicas vinculadas a los recursos naturales y el capital humano, promoviendo una transición social y ecológicamente justa para la gestión sostenible de los recursos hídricos a nivel de cuenca. Este enfoque múltiple implica fomentar prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua, patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua; también implica modernizar la infraestructura hídrica, permitiendo múltiples usos del agua y su reciclaje. Para esto la región deberá contar con recursos físicos y tecnológicos adecuados para permitir una gestión del agua eficiente, efectiva, innovadora y basada en la calidad, con prioridad en la inversión sostenible en las dimensiones económica, social y de protección ambiental, al tiempo que genera resiliencia a los impactos del cambio climático a lo largo de los años.
5. Garantizar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura, los sistemas económicos productivos y los asentamientos humanos, armonizando al mismo tiempo la protección de la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas. Esto implica implementar prácticas y tecnologías para el uso sustentable de la tierra, restaurar áreas degradadas y emplear una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos, asegurando la disponibilidad y calidad del agua. Esto se logrará mediante acciones como el manejo adecuado de superficies agrícolas, el monitoreo de humedales, la construcción de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y la implementación de prácticas productivas sustentables para la adaptación al

cambio climático, la conservación de áreas y ecosistemas sensibles, y la forestación y revegetación urbana.

6. Mejorar la gestión de datos sobre el agua y establecer infraestructura para monitorear su calidad y proteger los ecosistemas acuáticos, esto a través del uso de telemetría para datos hidrológicos o redes de estaciones de monitoreo de la calidad para aguas superficiales y subterráneas adaptadas a la cuenca y alineadas con estándares internacionales para brindar información detallada sobre el comportamiento de las fuentes hídricas para la toma de decisiones. Asimismo, se busca promover el desarrollo de estudios hidrogeológicos y un mayor monitoreo de los glaciares, los recursos criosféricos y sus vínculos con los ecosistemas y fuentes de agua. Con esto también se espera adquirir datos espaciales y temporales confiables para anticipar y responder a eventos extremos, como inundaciones y deslizamientos de tierra, que amenazan a la población y sistemas productivos. Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales mediante la promoción de la identificación y caracterización detallada de los paisajes naturales y seminaturales de la región, y la incorporación de reglas y planes especializados dentro de los instrumentos de planificación territorial para proteger ecosistemas críticos relacionados con el agua, como orillas de lagos, riberas, canales y humedales, al tiempo que se espera promover su uso estratégico como corredores urbanos que pueden salvaguardar la biodiversidad regional. También se espera promover la definición de los requisitos de caudal ambiental por cuenca individual y desarrollar acciones integrales para implementar y mantener estos caudales, lo cual será fundamental para sostener la funcionalidad natural de los sistemas acuáticos. Además, fomentar el desarrollo de estudios en profundidad de los servicios ecosistémicos más relevantes proporcionados por los cuerpos de agua de la región proporcionará información crucial para guiar su gestión integrada y sostenible a nivel regional.
7. Desarrollar e implementar infraestructura resiliente y sostenible que integre medidas para mitigar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, como promover el uso sostenible del suelo, mejorar la infraestructura verde y fomentar las soluciones basadas en la naturaleza. Esto contribuirá a mejorar la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales, proteger el territorio y las personas de los efectos del cambio climático, y facilitará garantizar la seguridad y continuidad de las actividades productivas. Además, se espera impulsar la construcción de infraestructura fluvial y de drenaje resiliente en los principales centros poblados, mejorar la capacidad de anticipación de inundaciones y

adaptar la infraestructura turística y las obras hidráulicas para resistir eventos extremos.

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

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

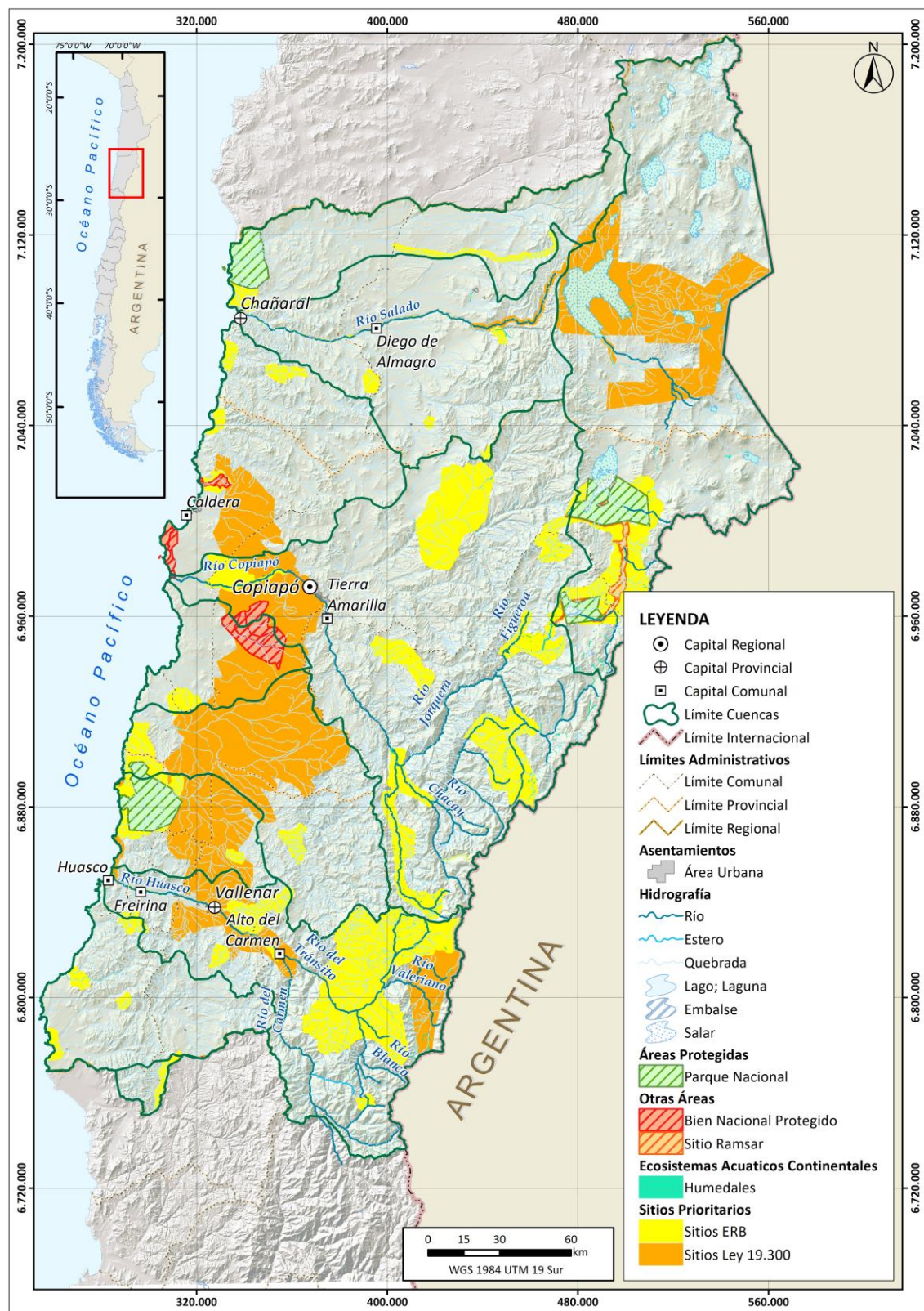
A continuación, se presentan las principales características de la región en términos físicos, climáticos y socio-económicos. El detalle de este trabajo se presenta de en el Anexo 04.01 del presente estudio.

2.1.1 Dimensión física

En la región de Atacama, la geomorfología y geología están influenciadas por diversos factores, entre ellos, la actividad tectónica que predomina en la alta cordillera, donde se encuentran estratovolcanes activos y grandes llanuras formadas por material extrusivo. Destacan picos como el volcán Ojos del Salado y el nevado de Tres Cruces. La precordillera, con altitudes entre 3.000 y 4.500 msnm, muestra serranías transversales fuertemente erosionadas, mientras que la depresión intermedia, parte del desierto de Atacama, presenta valles agrícolas en su sector sur. Desde el punto de vista geológico, predominan rocas ígneas y sedimentarias, con una clara división en torno a los 27°S. La presencia de fallas importantes como la falla Atacama y la falla "La Ternera" indica una actividad tectónica significativa en la región (MOP, 2012).

En cuanto al drenaje, el aumento de las precipitaciones y la presencia de nieve en las altas cumbres permiten el desarrollo de cursos de agua, con un régimen de alimentación pluvionival. Destaca el río Copiapó, con una hoya hidrográfica extensa y una longitud considerable, alimentado por los tributarios Jorquera, Pulido y Manflas. El río Huasco, al sur de la región, también es relevante, con una hoya hidrográfica importante y un régimen de alimentación mixto. La hidrografía de la región se presenta en la Figura 2.1-1. Para más detalles sobre la geología y el drenaje en la región, se puede consultar el Anexo correspondiente (BCN, 2023).

En cuanto al ámbito ambiental, la región de Atacama alberga importantes reservas naturales, incluyendo parques nacionales como el Parque Nacional Nevado Tres Cruces y el Parque Nacional Pan de Azúcar, son fundamentales para la conservación de la biodiversidad y ofrecen paisajes impresionantes para el ecoturismo. Además, el recientemente declarado Parque Nacional Desierto Florido se suma a estas áreas protegidas, destacándose por su singularidad y belleza durante el fenómeno de floración (ver Figura 2.1-2). Sin embargo, la protección de humedales en la región de Atacama es insuficiente. Las cuencas Costeras Q. Pan de Azúcar – Río Salado, Río Salado, Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó, Río Copiapó, Río Huasco, y Costeras e Islas entre Río Huasco y Cuarta Región presentan una alta criticidad, con porcentajes de protección de humedales menores al 2%. Por su parte las cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico, Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal, y Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco presentan una criticidad media con valores que varían entre un 5 y 25% de protección de humedales. Esta situación refleja una alta criticidad en la brecha de degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales, salares u otro tipo de ecosistema acuático, evaluada en cada cuenca de la región (ver sección 4.2.4).



Fuente: Elaboración propia.

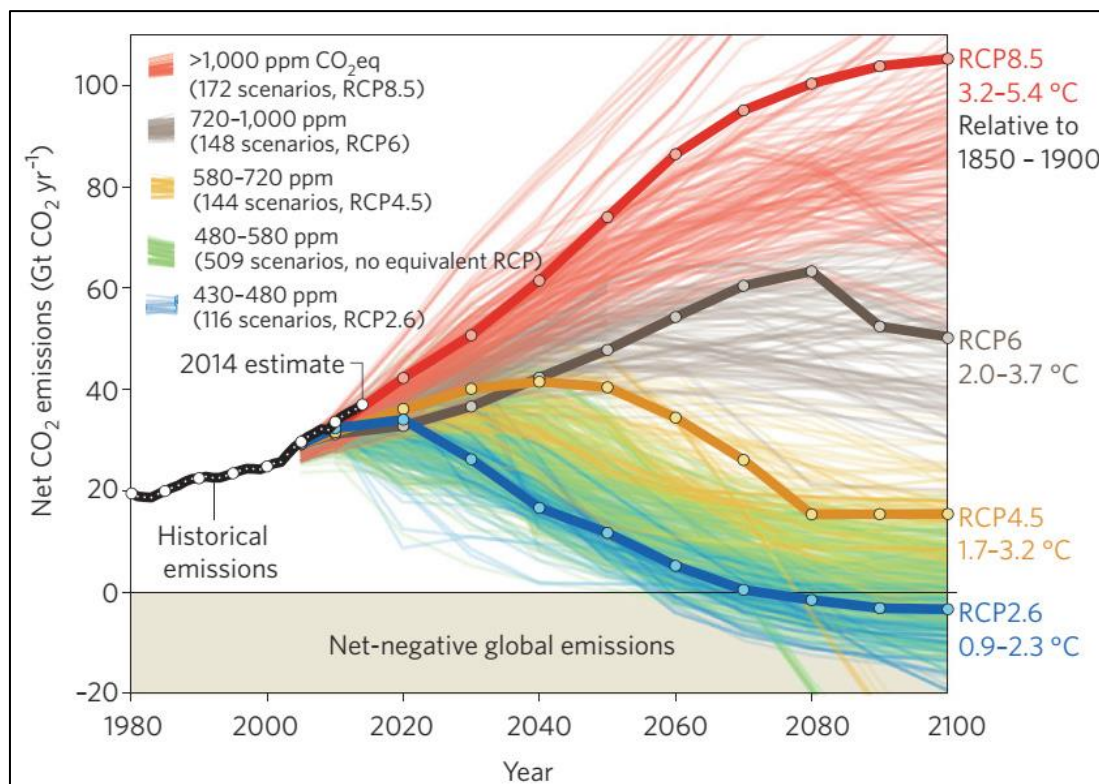
Figura 2.1-2 Distribución geográfica áreas protegidas, humedales y sitios prioritarios de región de Atacama

2.1.2 Clima

La región de Atacama se caracteriza por su diversidad climática, que va desde un clima desértico litoral con abundante nubosidad matinal y temperaturas anuales promedio de 16,1°C, hasta un clima desértico marginal de altura en la zona andina, con precipitaciones más abundantes y temperaturas más bajas. Esta variedad climática se refleja en cuatro subclimas distintivos. Más detalles sobre la distribución y características específicas de estos climas se pueden encontrar en el Anexo 04.01, en donde se presenta la clasificación climática de Köppen-Geiger; además de los diagramas ombrotérmicos 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 IPSL-CM5A-LR. Mayor información sobre los GCM seleccionados se presenta en Anexo 04.01.

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



Fuente: Havlik et al., (2014).

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

2.1.3 Dimensión socioeconómica y cultural

La región de Atacama se sitúa en la macrozona norte del país y tiene un área de 75.685 km². De acuerdo con lo registrado en el Censo, 2017, la región de Atacama presenta una población de 286.168 habitantes, de los cuales un 50,5% son hombres y un 49,5% son mujeres (INE, 2017). La variación porcentual en el periodo intercensal 2002-2017 equivale a un 12,5% y corresponde a la más baja de la Macrozona Norte. Del total de la población de la Región de Atacama, un 91% corresponde al área urbana y un 9% al área rural (INE, 2017). Con respecto a los pueblos originarios, se destaca la presencia del pueblo Diaguita con un 84,3% y el pueblo Mapuche con un 6,8% (INE, 2017).

El Producto Interno Bruto (PIB) de la Región de Atacama consignado por el Banco Central de Chile (BC) al año 2022, corresponde a \$6.166 mil millones de pesos, representando el 2,35% a nivel nacional. En términos sectoriales, el porcentaje del PIB regional asociado a las diferentes actividades económicas desarrolladas en la zona destaca la minería (49%), seguida por construcción (11,1%) y servicios financieros y empresariales (7,5%). Respecto al sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos, este alcanza un 4,8% del PIB regional, mientras que el sector agropecuario-silvícola tiene un 1,4% de participación (BC, 2022).

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA PARA DIFERENTES USOS

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

2.2.1 Agua potable urbana

El análisis de la demanda de agua potable urbana en las cuencas de la región de Atacama 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 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda ($Mm^3/año$)				
		2022	2025	2035	2022	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0	0	0
031	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	0	0	0	0	0
032	Río Salado	1.566	1.645	1.736	1.817	1.894
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	1.390	1.405	1.470	1.523	1.573
034	Río Copiapó	11.261	11.297	11.793	12.194	12.569
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0	0	0
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0	0	0	0	0
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco		-	-	-	-
038	Río Huasco	4.258	4.255	4.336	4.380	4.413
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	51	51	54	55	57
Total		18.526	18.653	19.389	19.969	20.506

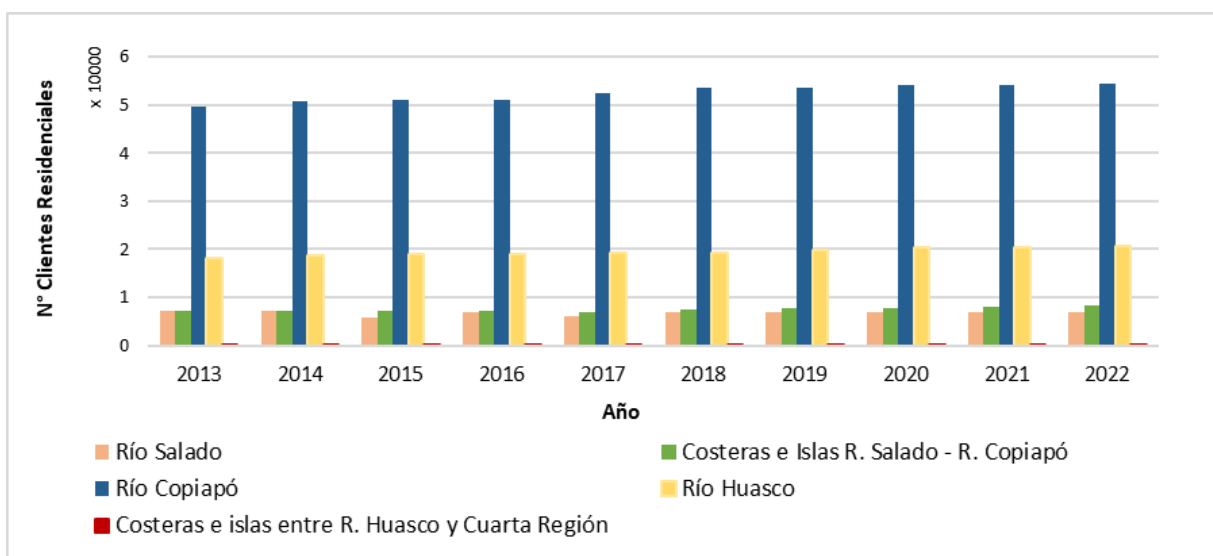
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2017).

Según se desprende de la Tabla 2.2-1, la proyección futura muestra una tendencia al alza en todas las cuencas, asociada al aumento de la población urbana que demanda el recurso

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

hídrico en las cuencas. Asimismo, se observa que la mayor demanda se concentra en la cuenca del Río Copiapó (Código cuenca N°034), en donde opera el sistema de producción de agua potable Copiapó – Tierra Amarilla, que abastece a la mayor parte de la población de la región.

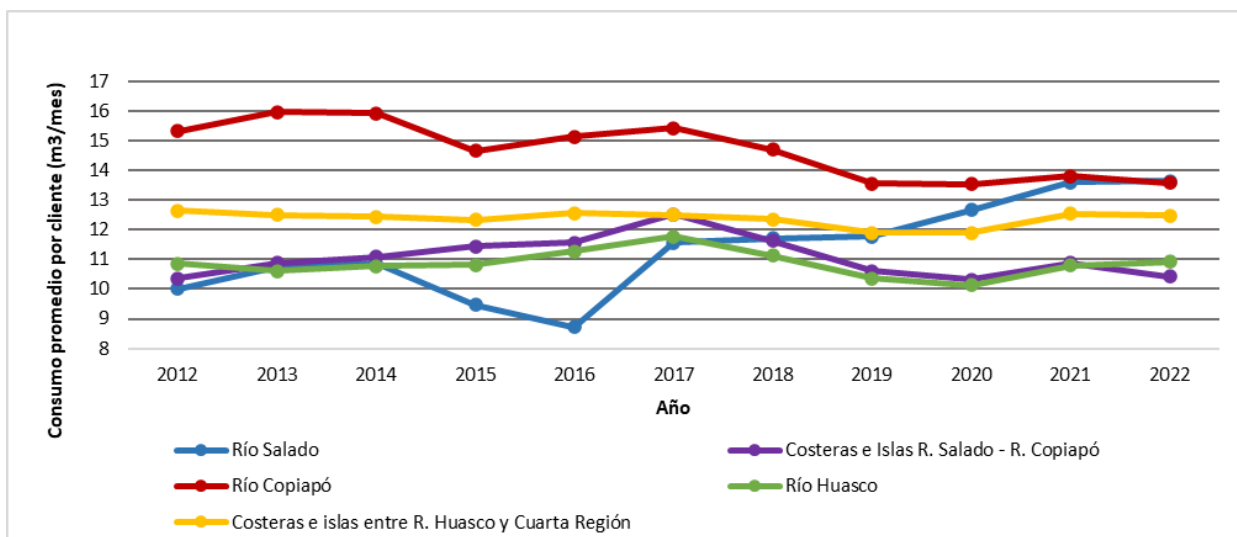
En relación a lo anterior, se identifica que el mayor número de clientes corresponde a Clientes Residenciales los que representan el 94,3% del total de clientes de la región. Respecto a la tasa de crecimiento, en los últimos 10 años, los clientes residenciales presentan en promedio un aumento de un 0,01%. En la Figura 2.2-1 se muestra la distribución de Clientes Residenciales por cuenca entre los años 2013 y 2022.



Fuente: SISS (2023)

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

En relación al consumo mensual promedio, se observa una leve baja a nivel general, principalmente en la cuenca del Río Copiapó (código BNA 034), sin embargo, la cuenca del Río Salado (código BNA 032) se presenta al alza desde el año 2016 a la actualidad (Figura 2.2-2).



Fuente: SISS (2023)

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

En cuanto a las fuentes de abastecimiento, estas son de carácter mixto considerando fuentes superficiales, subterráneas y agua desalada, donde destaca la Planta de Tratamiento de Agua de Mar de Caldera (PDAM) la cual está diseñada para suministrar agua desalinizada hasta 1.200 l/s para los clientes residenciales de la región. Actualmente, la planta abastece al 100% de los clientes de Caldera y está produciendo a un 21% de su capacidad (Nueva Atacama, 2022).

No obstante, el incremento de clientes y de consumo generan preocupación en cuanto a la cobertura de agua potable urbana, principalmente debido a la escasez hídrica, donde la región de Atacama presenta una histórica suma de catorce (14) decretos de escasez hídrica desde el 2008 a la fecha (DGA, 2023), contando con un decreto vigente hasta noviembre de 2024.

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 Atacama.

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 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2022	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	17	17	17
031	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	0	0	9	9	9
032	Río Salado	0	0	9	9	9
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	0	0	34	34	34
034	Río Copiapó	192	194	257	258	259
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	9	9	9
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	16	16	34	35	35
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	60	60	164	165	165
038	Río Huasco	723	730	763	766	767
039	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	156	158	165	165	166
Total		1.147	1.158	1.461	1.467	1.470

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, asociada al aumento de población rural que demanda el recurso hídrico en las cuencas. Es importante destacar, en las cuencas Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico (Código cuenca N°030), Costeras Quebrada Pan de Azúcar – Río Salado (Código cuenca N°031), Costeras e Islas Río Salado – Río Copiapó (Código cuenca N°033) y Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral (Código cuenca N°035), se estima un crecimiento poblacional principalmente asociado a asentamientos mineros. Asimismo, se observa que la mayor demanda se centra en la cuenca de Río Huasco, en donde se concentra la mayor población rural.

En la Tabla 2.2-3 se presenta la proyección de la población rural en áreas que cuentan con APR en las cuencas de la región de Atacama, donde se observa un incremento en la población rural para el año 2055 respecto de la población actual de un 8% para la cuenca del Río Copiapó (código BNA 034) donde se proyecta la implementación de nuevos sistemas de servicios sanitarios, y un 3% para el resto de las cuencas de la región.

Tabla 2.2-3 Proyección de población rural en áreas APR, por cuenca BNA región de Atacama

Cód. Cuenca	Cuencas	Población rural en áreas con APR (hab)				
		2022	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0	0	0
031	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	0	0	0	0	0
032	Río Salado	0	0	0	0	0
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	0	0	0	0	0
034	Río Copiapó	2.177	2.197	2.358	2.368	2.371
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0	0	0
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	304	307	311	313	313
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	1.271	1.282	1.301	1.307	1.308
038	Río Huasco	14.751	14.884	15.104	15.166	15.183
039	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	1.990	2.008	2.038	2.046	2.048
Total		20.493	20.677	21.113	21.200	21.223

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la Tabla 2.2-4 presenta la proyección de demanda futura para las áreas sin presencia de sistemas APR, donde se observa una proyección del 3% de aumento en el consumo para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región.

Tabla 2.2-4 Estimación demanda hídrica en áreas sin APR actual y futura, por cuenca BNA región de Atacama

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda Áreas sin APR (Mm3/año)				
		Actual	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	17	17	18	18	18
031	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	10	10	10	10	10
032	Río Salado	10	10	10	10	10
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	34	34	35	35	35
034	Río Copiapó	51	51	52	52	52
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	9	10	10	10	10
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	18	18	18	18	18
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	103	104	105	105	106
038	Río Huasco	23	23	23	23	23
039	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	5	5	5	5	5
Total		280	282	286	286	287

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se presenta por último la Tabla 2.2-5 donde se observa la proyección de población en áreas sin APR al 2055, con un aumento del 3% en la población rural respecto de la población actual.

Tabla 2.2-5 Proyección de población rural en áreas sin APR, por cuenca BNA región de Atacama

Cód. Cuenca	Cuencas	Población rural en áreas sin APR (hab)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	950	955	969	973	974
031	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	524	527	535	537	538
032	Río Salado	524	527	535	537	537
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	1.859	1.870	1.898	1.905	1.908
034	Río Copiapó	2.791	2.806	2.848	2.860	2.863
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	518	521	528	531	531
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	977	982	997	1.001	1.002
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	5.641	5.673	5.757	5.780	5.787
038	Río Huasco	1.248	1.256	1.274	1.279	1.281
039	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	253	254	258	259	259
Total		15.284	15.371	15.599	15.663	15.680

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Agrícola

Para estimar la demanda de agua para riego agrícola en la región de Atacama, 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 (DGA, 2022). Las eficiencias de los sistemas de riego se determinaron mediante el cruce de información disponible en los Censos, ODEPA y la Comisión Nacional de Riego, proyectándola a futuro en función de las tendencias de los datos del Censo. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-6, indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 04.02.

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

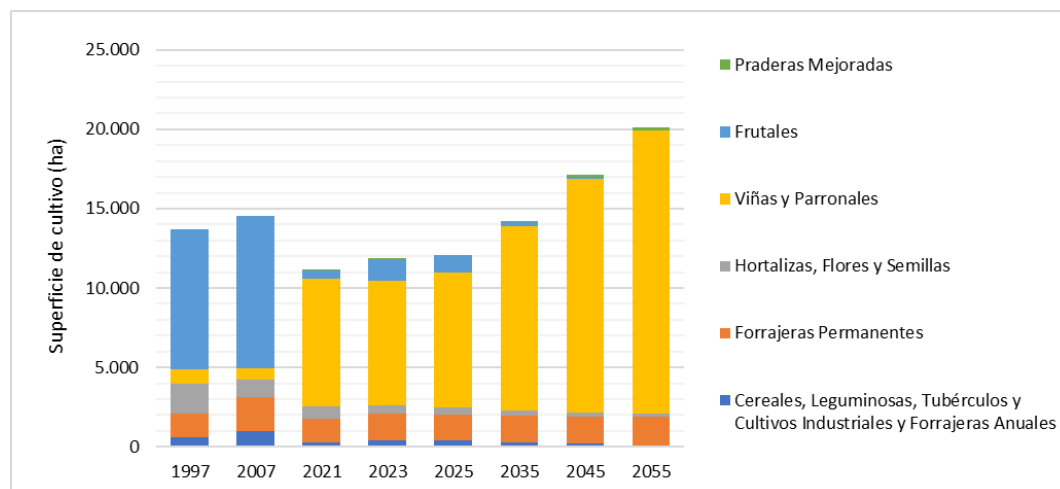
Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	13.203	12.525	12.711	14.545	16.815
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	248	232	167	121	91
032	Rio Salado	418	390	280	203	155
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	6.952	6.259	5.650	6.611	7.724
034	Rio Copiapó	74.263	75.886	97.254	125.029	158.549
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	3.227	2.911	2.715	3.367	4.082
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	32.656	30.774	28.599	28.322	29.276
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	33.487	32.434	33.324	33.113	33.659
038	Rio Huasco	48.298	44.010	36.462	37.590	42.232
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	41.654	39.268	34.437	30.569	28.647
Total		254.406	244.689	251.599	279.470	321.230

Fuente: Elaboración propia.

Según se desprende de la Tabla 2.2-6 se espera en la región un incremento del 26% en la demanda de agua para el período comprendido entre los años 2023 y 2055. Este incremento se evidencia en el 50% de las cuencas de la región, mientras que en las cuencas restantes se observa una tendencia a la baja. El aumento previsto de la demanda, basado en datos censales históricos, se atribuye principalmente al aumento de la superficie cultivada de viñedos, parronales y praderas mejoradas. Es importante destacar que las variaciones en la demanda, tanto al alza como a la baja, en el período 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 revelan un cambio significativo en el cultivo predominante durante los últimos 14 años. Se observa un desplazamiento desde una mayor cantidad de frutales cultivados en el 2007 hacia viñas y parronales en el 2021. Se estima que esta tendencia se mantendrá constante según las proyecciones hasta el año 2055. Este cambio en el tipo de cultivo podría atribuirse a la mejor adaptación de las viñas y parronales a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros frutales³.

³ <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8543/NR33603.pdf?sequence=42&isAllowed=y>



Fuente: Elaboración propia en base a INE (1997), INE (2007) e INE (2021).

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 viñas y parronales como uno de los principales consumidores de agua según las proyecciones que abarcan desde el año 2023 al 2055. Para el año 2023, se estima una demanda de 143.538 Mm³, con una tendencia creciente hasta alcanzar los 269.352 Mm³ para el año 2055. Esto representa un aumento del 88% en la demanda hídrica, consolidando a este cultivo como el de mayor necesidad de agua. Este aumento se debe a varios factores, por un lado, el cambio climático está afectando las tasas de evapotranspiración, lo que incrementa la cantidad de agua necesaria para mantener la productividad de los cultivos, siendo el principal factor, ya que la superficie del cultivo no cambia significativamente. La eficiencia en el uso del agua y las prácticas de riego debieran jugar un papel muy significativo en la proyección, así como la adopción de tecnologías de riego más eficientes, como el riego por goteo, considerando la escasez hídrica de la región.

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

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

2.2.4 Generación eléctrica

A partir de los registros históricos de generación eléctrica obtenidos desde el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), se realizó una estimación de la demanda hídrica para la generación eléctrica en la región. Es importante destacar que 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 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm³/año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0	0	0
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0	0	0	0	0
032	Rio Salado	0	0	0	0	0
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	0	0	0	0	0
034	Rio Copiapó	0	0	0	0	0
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0	0	0
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0	0	0	0	0
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	0	0	0	0	0
038	Rio Huasco	29.984	54.225	55.460	56.695	57.931
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	0	0	0	0	0
Total		29.984	54.225	55.460	56.695	57.931

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 del Río Huasco, donde se encuentra la central hidroeléctrica de paso Río Huasco. Las proyecciones futuras indican un aumento en esta demanda, en línea con la tendencia al alza observada en los datos históricos de generación eléctrica en los últimos años.

Aunque se prevé un incremento en la demanda de agua hasta el año 2055, es relevante destacar que, según datos del Ministerio de Energía del año 2023, la generación eléctrica regional alcanzó un 69% a través de fuentes renovables, destacándose la energía solar y eólica con una participación significativa, y en menor medida la hidráulica (MINENERGIA, 2023).

2.2.5 Minero

Se estimó la demanda hídrica ejercida por las principales faenas mineras identificadas (toda ella de tipo consuntiva), pertenecientes a la minería del cobre y al resto de la minería metálica, representada por las producciones de oro y hierro. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-8 indicando los volúmenes anuales demandados.

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 La Minera Chile” (COCHILCO, 2023) correspondiente al año 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 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuencas	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0	0	0
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0	0	0	0	0
032	Río Salado	1.514	1.265	996	1.292	1.033
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	1.231	1.288	1.718	2.025	2.610
034	Río Copiapó	10.390	8.881	7.634	9.490	8.187
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0	0	0
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0	0	0	0	0
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	2.141	2.241	2.988	3.523	4.540
038	Río Huasco	157,81	127,05	72,90	130,86	104,61
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	112,92	107,27	93,16	171,89	221,51
Total		15.547	13.909	13.502	16.633	16.696

Fuente: Elaboración propia.

La proyección futura de la demanda hídrica en la región, como se observa en la Tabla 2.2-8, indica una tendencia ascendente en general. Este incremento se atribuye principalmente al aumento en la producción histórica, que sirvió como base para calcular las proyecciones de demanda. Se estima que para el año 2055, la demanda podría aumentar en un 7% con respecto al nivel registrado en 2023. 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 producciones históricas las cuales fueron sujetas a análisis de tendencia. En estos registros no se evidencia una tendencia lineal a lo largo de los años, lo cual se refleja en la proyección futura.

Los datos coinciden con las proyecciones de la Comisión Chilena del Cobre, que sitúa a la región de Atacama entre las tres regiones que aumentarán su participación en la producción nacional, pasando del 9,1% en 2018 al 14,5% en 2030 (COCHILCO, 2019). Además, la minería actualmente constituye el 49% del PIB regional, según el Banco Central, destacándose como una de las principales actividades económicas (BC, Cuentas Nacionales, 2022).

Se debe considerar que las proyecciones de demanda estimadas están sujetas a cierta incertidumbre debido, principalmente, a la expectativa de que en el futuro el uso de agua de mar aumente significativamente. Esta perspectiva cobra mayor relevancia dado el contexto de severa sequía que afecta a la región, lo cual está impulsando el desarrollo de proyectos mineros que requieren el uso de agua de mar como principal recurso (COCHILCO, 2019).

Actualmente, de acuerdo al informe Infraestructura Hídrica Compartida de COCHILCO (2023), existen tres (3) planta desalinizadora en operación y una (1) plantas en construcción. Mayor detalle se presenta en el acápite 3.1.1.6.

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

2.2.6 Industrial

La demanda hídrica industrial es estimada a partir de volúmenes declarados y que son emitidos a sistemas de alcantarillado o fuentes superficiales. A partir de lo anterior, se consideraron dos (2) fuentes principales de información: uno correspondiente al Sistema de Facturación Clientes y Cobertura (SIFAC II) de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS, 2023) asociado a industrias que son parte del área de concesión de una empresa

sanitaria y otro el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) de la Superintendencia del Medio Ambiente asociado a las unidades fiscalizables.

Respecto al SIFAC II, no fueron consideradas aquellas industrias con servicio de agua potable, esto dado que dicha demanda forma parte de la demanda de agua potable urbana (acápite 2.2.1). En consecuencia, han sido consideradas desde el SIFAC II solo aquellas industrias que utilizan la red de alcantarillado de aguas servidas y extraen agua desde unas fuentes distintas a la red de agua potable. Los resultados se presentan en la Tabla 2.2-9 indicando los volúmenes anuales demandados. El detalle de la metodología llevada a cabo se encuentra en el Anexo B del Informe Nacional, y las planillas de cálculo se encuentran en el Anexo 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0	0	0
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0	0	0	0	0
032	Río Salado	0	0	0	0	0
033	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	3.828	4.077	5.319	6.562	7.804
034	Río Copiapó	10.724	11.420	14.900	18.380	21.861
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0	0	0
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0	0	0	0	0
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	0	0	0	0	0
038	Río Huasco	0	0	0	0	0
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	1.674	1.782	2.325	2.868	3.412
Total		16.226	17.279	22.544	27.810	33.077

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 104% 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 2,2% del PIB regional. Además, tuvo un incremento de un 55% 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 2009 de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2009). Fueron consideradas únicamente las superficies plantadas con especies forestales exóticas las cuales, posteriormente, fueron relacionadas con las necesidades hídricas evapotranspirativas, mediante las precipitaciones anuales de cada subcuenca de la región. Los resultados se presentan en 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 04.02.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	67,74	68,07	68,66	70,30	70,30
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
032	Río Salado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33
034	Rio Copiapó	105,05	105,56	106,48	109,01	109,01
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	126,01	126,62	127,73	130,77	130,77
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	127,35	127,97	129,09	132,16	132,16
038	Rio Huasco	543,05	545,69	550,45	563,55	563,55
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	157,93	158,69	160,08	163,89	163,89
Total		1.127,44	1.132,91	1.142,81	1.170,01	1.170,01

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.

2.2.8 Pecuario

Para la estimación de la demanda hídrica del sector pecuario representada principalmente por las producciones bovina, ovina, caprina, avícola y porcina, se emplearon los Censos

Agropecuarios de los años 1997, 2007 (INE, 2007) y encuestas ODEPA (2021). 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 04.02.

**Tabla 2.2-11 Estimación demanda hídrica Pecuaria actual y futuro – Cuencas BNA
Región Atacama**

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	10,35	10,70	12,48	13,38	14,47
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0,62	0,64	0,73	0,77	0,82
032	Río Salado	3,05	3,25	4,23	4,73	5,29
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	1,49	1,55	1,86	2,01	1,27
034	Río Copiapó	72,41	75,19	89,75	97,35	98,50
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	4,11	4,36	5,61	6,24	6,31
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	10,28	10,39	11,39	12,09	12,08
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	41,03	43,32	55,05	61,07	68,14
038	Río Huasco	226,47	235,86	285,08	310,82	318,45
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	42,63	44,67	54,88	59,99	66,19
Total		412,44	429,93	521,05	568,45	591,53

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2.2-11 se observa una tendencia general al aumento de la demanda hídrica a nivel de cuenca durante el periodo comprendido entre los años 2023 y 2055. Esta demanda está principalmente asociada a especies como el ganado caprino, equino y bovino.

2.2.9 Acuícola

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

2.2.10 Caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental

El caudal de reserva de uso turístico y protección ambiental se ha determinado en aquellas estaciones de la red fluviométrica de la DGA cercanas y potencialmente representativas del flujo de agua mínimo asociado a áreas de conservación existentes en las cuencas, presentadas en la Tabla 2.2-12. 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 04.02.

En la región se ha estimado un caudal de reserva para las siguientes áreas de conservación: Sitio Prioritario Salar de Pedernales y sus alrededores (SP1-058) y Parque Nacional Nevado

Tres Cruces (WDPA-027) en la cuenca Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico, Sitio Prioritario Río Manflas (SP2-154) y Río Copiapó (SP2-151) en la cuenca Río Copiapó, Sitio Prioritario RNP Huascoaltinos (SP2-157) y Río Huasco (SP2-153) en la cuenca Río Huasco.

Para la región de Atacama, 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 Atacama

Caudal de reserva para protección ambiental (MMm3)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	2,1	2,0	2,3	2,2	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,1	2,1	26,5
Río Copiapó	25,7	21,3	19,2	16,7	16,3	15,3	15,0	15,2	13,6	13,8	14,8	20,5	207,4
Río Huasco	44,4	35,6	32,3	30,0	28,6	26,7	29,8	26,8	24,5	31,9	37,1	46,2	393,9
Total	72,2	58,9	53,7	48,9	47,2	44,1	47,0	44,3	40,4	48,1	54,1	68,9	627,8

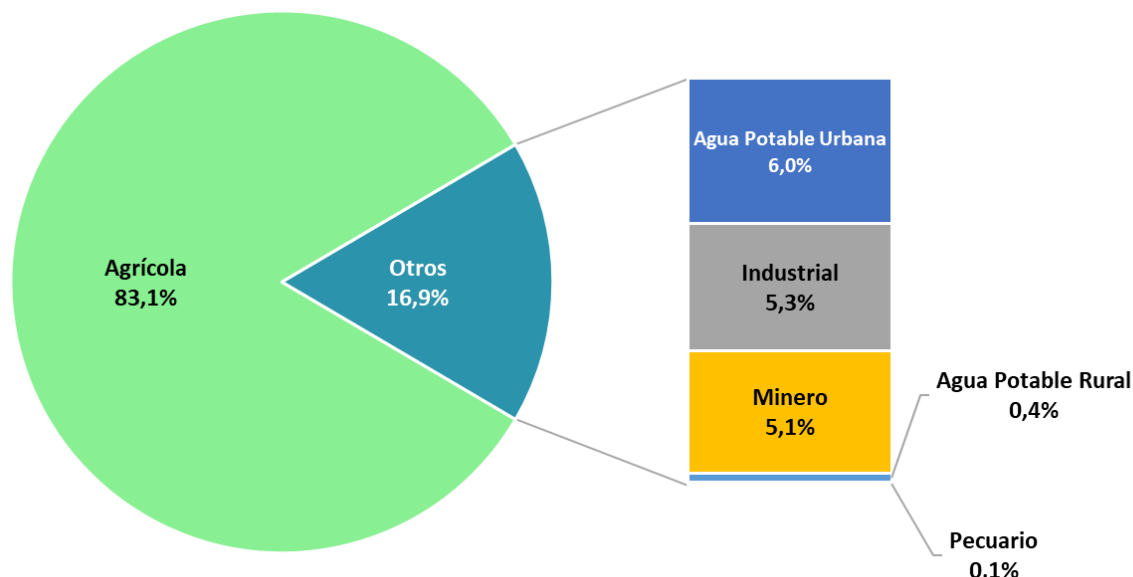
Fuente: Elaboración propia.

2.2.11 Análisis de demanda total en la región

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

i. Análisis de demanda extractiva total en la región

A continuación, en la Figura 2.2-4, se presenta la distribución del total de la demanda hídrica consuntiva en la región de Atacama en el año 2023, destacando el sector agrícola, industrial y minero como los principales demandantes consuntivos de agua para usos productivos. El resumen de las demandas se presenta en el Anexo 04.02.



Fuente: Elaboración propia.

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

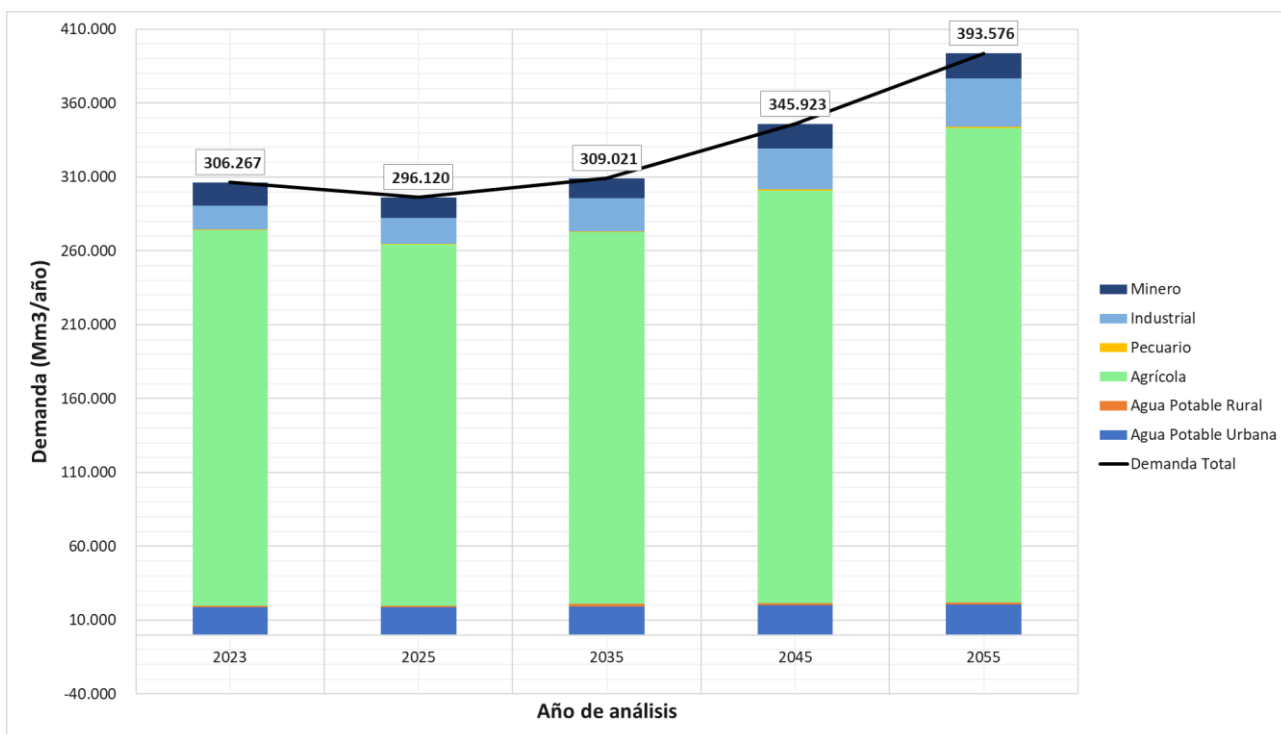
En la Tabla 2.2-13 y Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2-5 se presentan las demandas consuntivas proyectadas por uso, para toda la región. En esta última se puede observar que, dadas las condiciones base utilizadas para la estimación de las demandas en los acápite anteriores, se espera un aumento de aproximadamente un 29% de las demandas totales en el periodo 2023-2055, asociado principalmente al sector agrícola que corresponde a un 77% del aumento de la demanda consuntiva total, seguido por el sector industrial que representa un 19% del incremento de la demanda consuntiva total.

Tabla 2.2-13 Resumen de demandas consuntivas – Cuencas BNA región Atacama

Cód. Cuenca	Cuenca	Demanda (Mm ³ /año)				
		2023	2025	2035	2045	2055
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	13.213	12.536	12.740	14.575	16.846
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	249	233	178	132	102
032	Río Salado	3.501	3.303	3.026	3.327	3.097
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	13.402	13.031	14.193	16.757	19.746
034	Río Copiapó	106.902	107.753	131.929	165.449	201.524
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	3.231	2.915	2.730	3.383	4.098
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	32.683	30.801	28.644	28.369	29.323
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	35.729	34.779	36.532	36.862	38.433
038	Río Huasco	53.664	49.358	41.920	43.179	47.836
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	43.692	41.411	37.129	33.890	32.570
Total		306.267	296.120	309.021	345.923	393.576

Fuente: Elaboración propia.

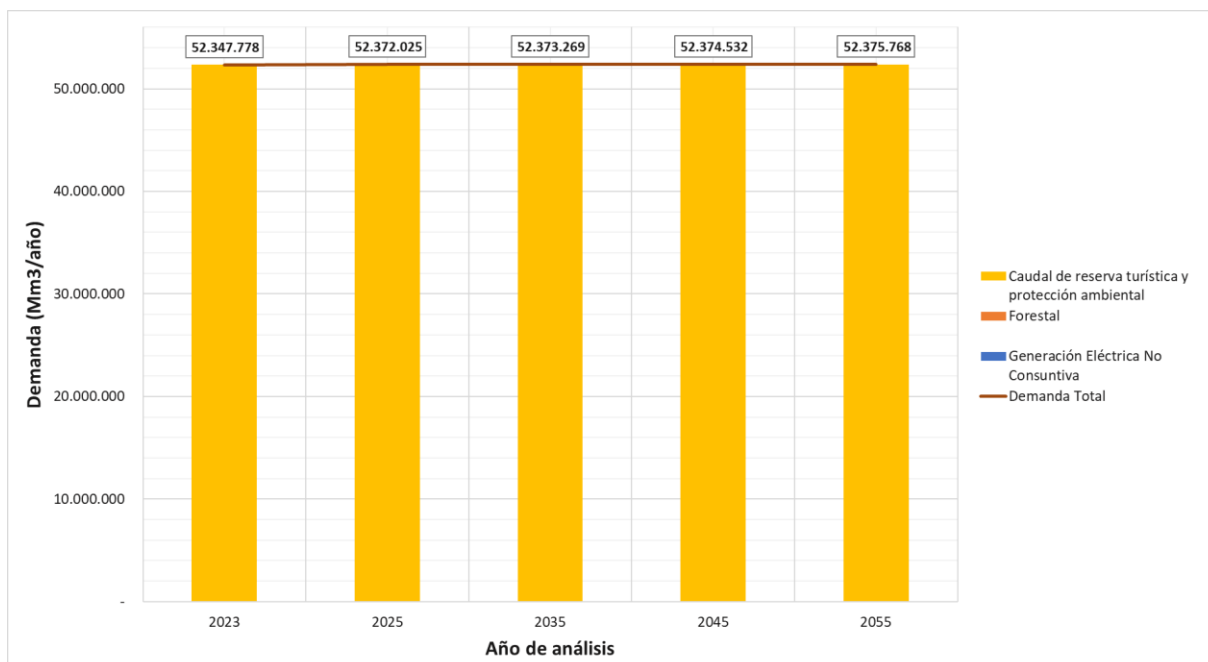


Fuente: Elaboración propia.

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

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

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



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

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

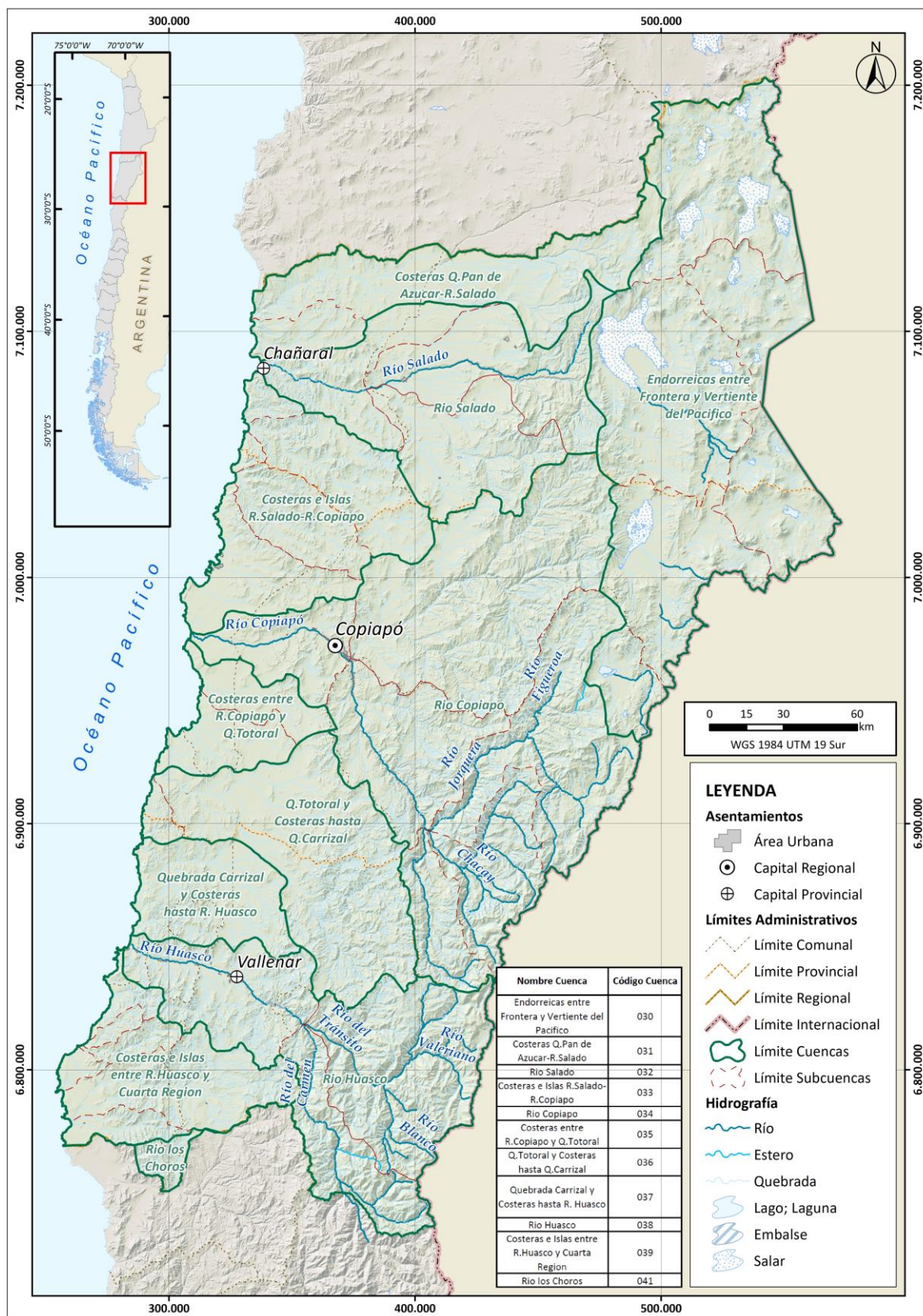
Fuente: Elaboración propia.

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

2.3 ANÁLISIS DE OFERTA HÍDRICA

2.3.1 Oferta hídrica

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



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

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

2.3.1.1 Agua superficial

i. Derechos de aprovechamiento superficiales concedidos

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

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Atacama existen 585 DAA superficiales registrados en CPA, de los cuales 344 DAA posee un caudal equivalente a de 516.667 Mm3/año constituidos 4. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-2. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 04.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

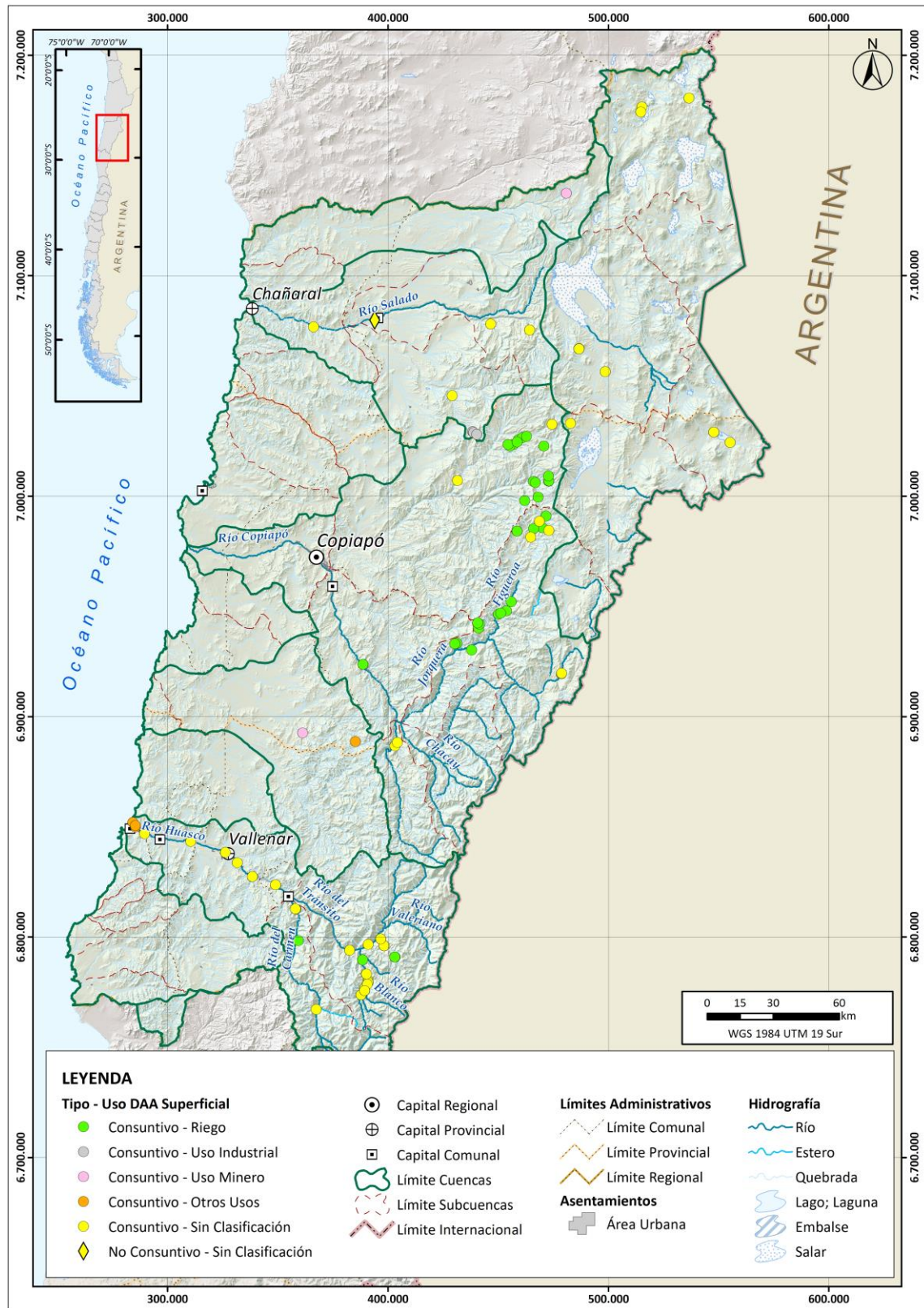
Para obtener una comprensión completa de los desafíos relacionados con la escasez de agua que han surgido en la región, se detallan a continuación las limitaciones respecto al uso del agua actual y futura en sus distintas formas de protección para fuentes de agua superficiales, en un periodo de análisis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

En cuanto a las declaraciones de agotamiento de aguas superficiales, se destaca la identificación de tales declaraciones en la región, siendo el caso más relevante la resolución DGA N°24 del 14 de marzo de 2016, que afecta al Río Huasco y sus afluentes. Además, se han identificado áreas de conservación con protección oficial para aguas superficiales, cuya información detallada se encuentra disponible en la fuente correspondiente. Por otro lado, no se han emitido decretos de reserva para aguas superficiales en la región.

En cuanto a los decretos de escasez hídrica, se destaca la vigencia del Decreto N°206 del 16 de noviembre de 2022, con fecha de caducidad el 16 de noviembre de 2023, aplicable en la Región de Atacama, Provincia de Huasco, y en las comunas de Vallenar, Alto del Carmen, Freirina y Huasco. Se presenta una distribución temporal a nivel comunal de los decretos declarados dentro del período analizado en la Figura 2.3-3, donde se observa una variabilidad en la escasez hídrica entre las provincias de Copiapó y Huasco entre los

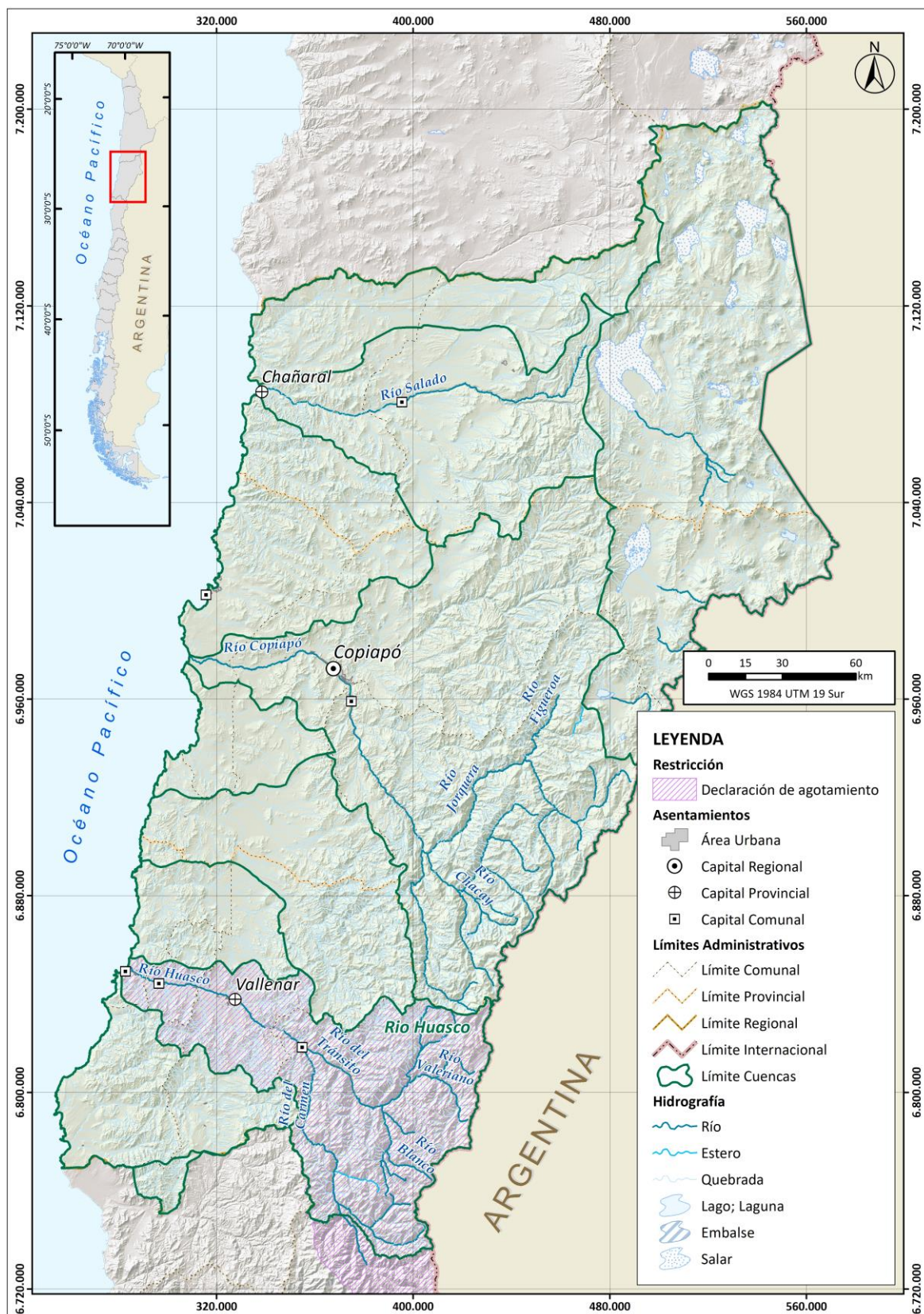
⁴ No se consideran los DAA cuyas unidades de caudal este expresada en acciones, quintiles u otros, ya que dichas conversiones variarán dependiendo de la prorrata de cada Organización de Usuarios de Agua.

años 2015 y entre 2020 y 2023. Además, se muestra en la Figura 2.3-4 las zonas con decretos de escasez históricos en la región. Para un análisis más detallado sobre estas restricciones y su distribución temporal, se remite al Anexo 04.03.



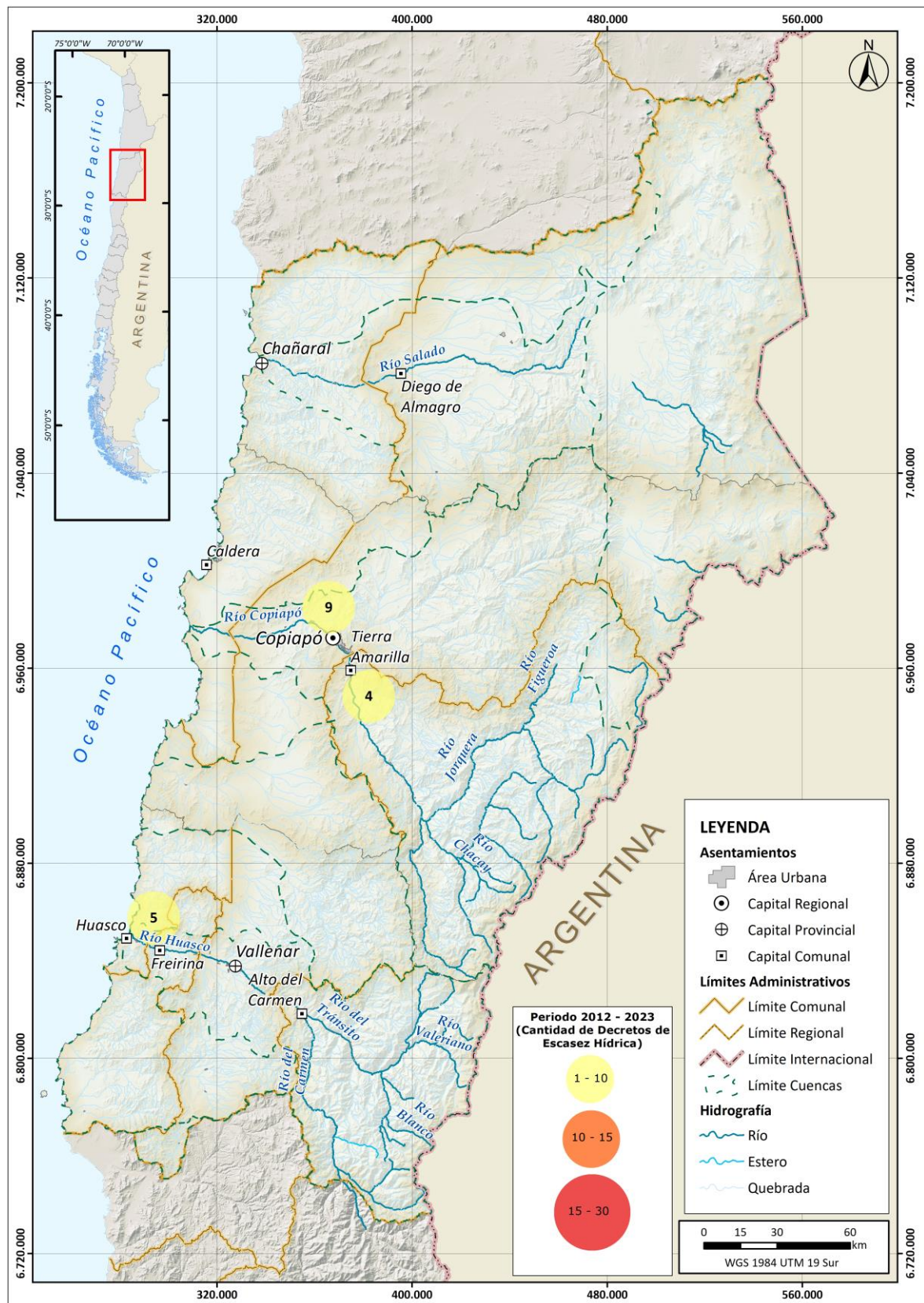
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023).

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



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

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



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

Figura 2.3-4 Zonas con decretos de escasez históricos por comuna, región de Atacama

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 04.03.01.

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

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Q ₈₅ actual (Mm ³ /año)	Q ₈₅ proyectado (Mm ³ /año)
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	7.642	2.568
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	549	447
032	Río Salado	366	264
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	1.498	1.501
034	Río Copiapó	28.196	18.348
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	374	719
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	5.074	4.571
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	4.750	3.890
038	Río Huasco	77.085	66.621
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	24.876	22.593

Fuente: Elaboración propia.

Es posible observar que se prevé una disminución del caudal de 85% de probabilidad de excedencia en todas las cuencas, según el GCM seleccionado como escenario desfavorable. Bajo esta condición, las cuencas más afectadas serían río Salado, río Copiapó y Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico con una disminución porcentual de 27,8%, 34,9% y 66,4%, respectivamente

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

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Q total (m ³ /s)	Q glaciar (m ³ /s)
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0,88	0,09
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	0,02	0,00
032	Río Salado	0,02	0,00
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	0,09	0,00
034	Río Copiapó	2,95	0,70
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0,17	0,00
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0,49	0,00
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	0,20	0,00
038	Río Huasco	6,10	0,53
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	1,40	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Además, el GCM IPSL-CM5A-LR proyecta una disminución de aproximadamente 0,5 m³/s del caudal glaciar, en promedio para las cuencas de la región, obtenido del mismo informe final. Esta variación tiene un impacto en la estacionalidad de la disponibilidad hídrica, el impacto de su disminución debe ser analizada con mayor detalle en estudios específicos para cada zona. Dado que esta situación se considera una brecha de información, se propondrá incluir dichos estudios como iniciativas habilitantes para la implementación de servicios de infraestructura.

2.3.1.2 Agua subterránea

i. Derechos de aprovechamiento subterráneos concedidos

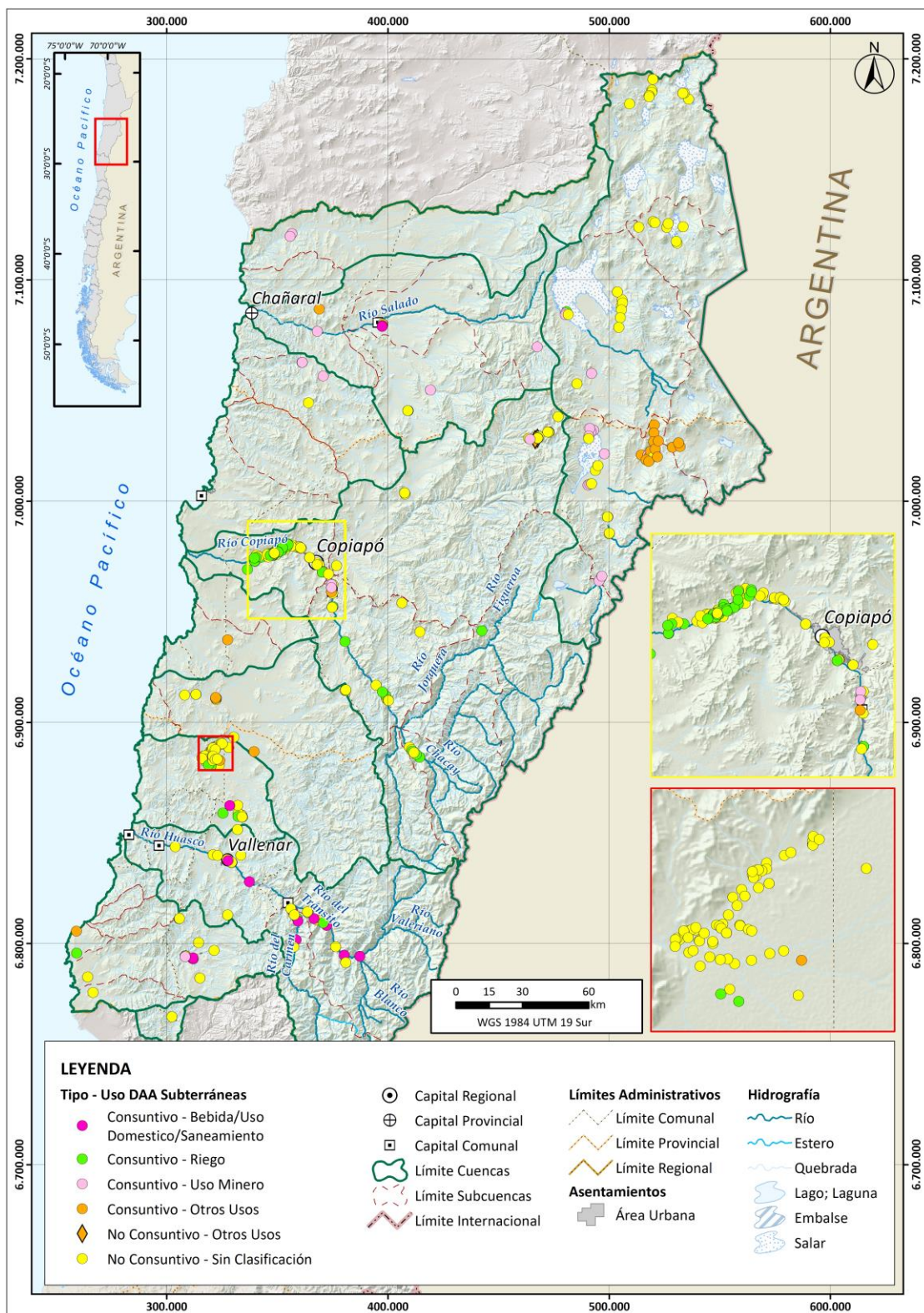
A continuación, se presenta la identificación de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) subterráneos otorgados en la región de Atacama. Para el análisis se utilizó la base de datos "Derechos_Concedidos_III_Región " (DGA, 2023) del Catastro Público de Aguas (CPA).

En base a los antecedentes revisados, se tiene que en la Región de Atacama existen 851 DAA subterráneos registrados en CPA equivalente a un caudal aproximado de 614.290 Mm³/año constituidos. La distribución de los DAA de acuerdo al tipo de uso se presenta en la Figura 2.3-5. La caracterización de los DAA según tipo de solicitud o tipo de ejercicio, se presentan en el Anexo 04.03.

ii. Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

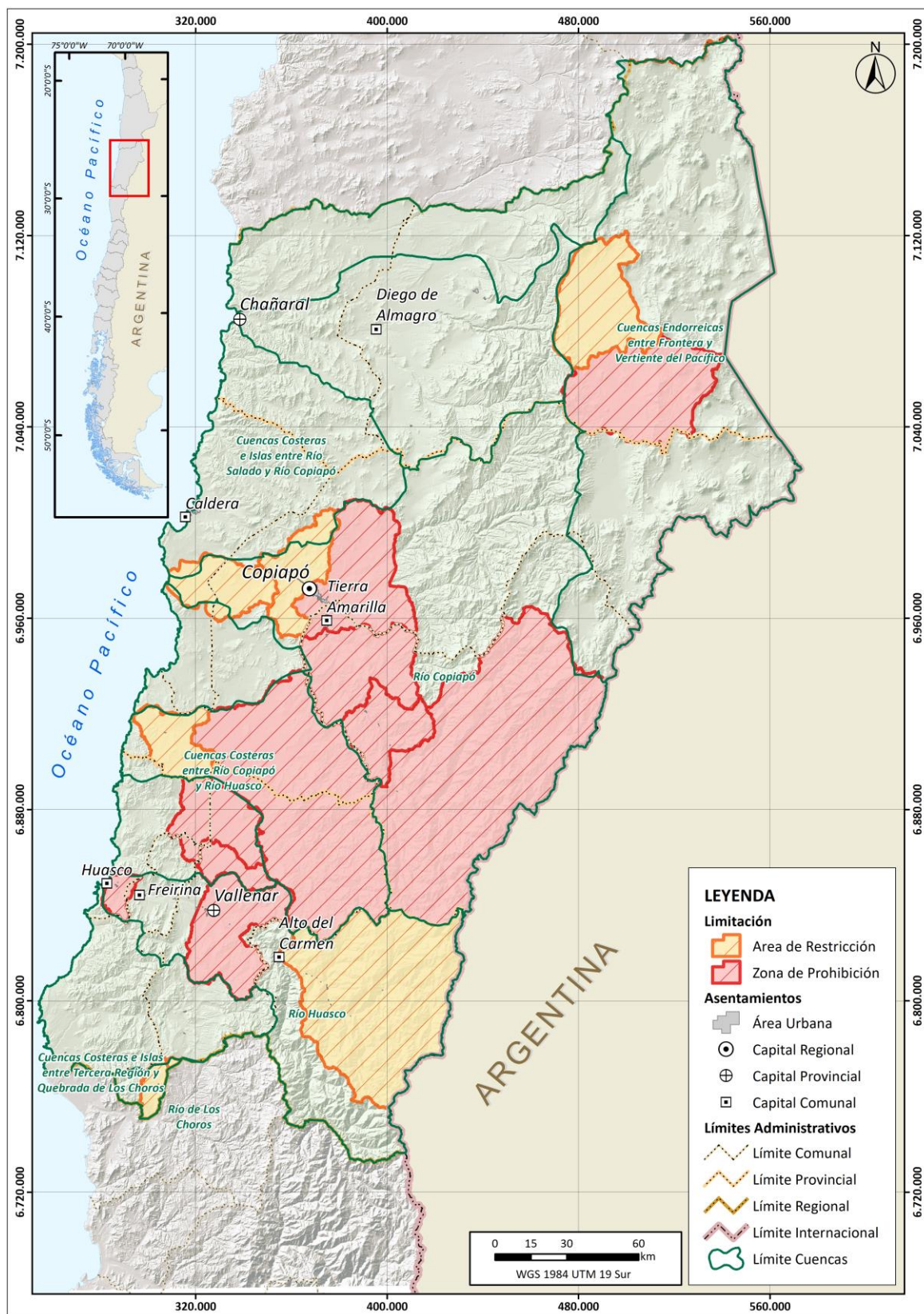
Para comprender a fondo los desafíos relacionados con la escasez de agua en la región de Atacama, se detallan las restricciones actuales y futuras sobre el uso del agua en sus diversas formas de protección para fuentes de agua subterráneas, durante un período de análisis de 11 años (2012-2023). Para esto se revisan las restricciones para el uso de DAA definidas por Dirección General de Aguas para fuentes subterráneas, entre las que se encuentran; i) Áreas de restricción de aguas subterráneas; y ii) Zonas de Prohibición de aguas subterráneas.

En la Figura 2.3-6 se presentan las restricciones vigentes para aguas subterráneas. Mayor detalle respecto a las restricciones y a la distribución temporal a nivel comunal de restricciones declaradas dentro del periodo analizado se presentan en el Anexo 04.05.



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

Figura 2.3-5 Ubicación geográfica de los DAA subterráneas en la región de Atacama, por tipología



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2023)

Figura 2.3-6 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas, región de Atacama

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 4.2.2.

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

Cód. Cuenca	Cuenca	Recarga (l/s)	Fuente
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	1.274	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Maricunga (DGA, 2021)
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	-	-
032	Río Salado	246	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Río Salado (DGA, 2021)
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	64	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó (DGA, 2021)
034	Río Copiapó	5.605	Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Copiapó (DGA, 2020)
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	-	-
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	375	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de la Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada de Carrizal (DGA, 2022)
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	127	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de La Quebrada Carrizal (DGA, 2022)
038	Río Huasco	1.100	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Huasco (DGA, 2020)
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	-	Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Maricunga (DGA, 2021)

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 (GCM) como referencia del clima futuro de la región a las recargas

presentadas en la Tabla 2.3-3. De este modo, en la Tabla 2.3-4 se presentan las recargas proyectadas para cada una de las cuencas. El supuesto utilizado es parte de las brechas de información en el acápite 4.2.1ii.

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

Cód Cuenca	Cuenca	Recarga histórica (l/s)	Variación de precipitación (%)	Recarga Proyectada (l/s)
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	1.274	-16,1	1.068
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	-	-24,2	-
032	Rio Salado	246	-27,8	178
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	64	-28,6	45
034	Rio Copiapó	5605	-23,2	4.307
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral		-24,1	
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	375	-23,6	287
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	127	-19,9	102
038	Rio Huasco	1.100	-21,2	866
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	-	-15,7	-

Fuente: Elaboración propia

Es posible observar que, ante la baja de precipitación proyectada por el GCM seleccionado como escenario desfavorable, se prevé un descenso de la recarga equivalente. Además, considerar que la recarga es una variable que se evalúa de manera constante para un periodo, por lo que se utiliza el valor promedio de los periodos histórico y futuro. Finalmente, es importante mencionar que no existen fuentes disponibles para todas las cuencas, de modo de estimar la recarga, lo que se menciona también en el 4.2.1. En el Anexo 04.03 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 64% en el caso de la cuenca más crítica. Por otro lado, para el caso de las sequías, existe un aumento en los años con sequía en comparación al periodo histórico para ciertas cuencas (ver Anexo 04.03.02).

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

Cod Cuenca	Cuenca	1985-2015 (mm/d)	2025-2055 (mm/d)	Variación (%)
030	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	20.5	32.9	60.5
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	19.9	31.0	55.9
032	Rio Salado	25.6	42.0	63.8
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	24.9	36.3	45.8
034	Rio Copiapó	35.0	48.2	37.8
035	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	29.4	37.3	26.8
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	33.3	50.4	51.1
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	32.5	42.4	30.5
038	Rio Huasco	44.4	60.7	36.6
039	Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región	38.3	57.0	48.9

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 Atacama se encuentra aproximadamente entre las latitudes 25° S y 29° 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, 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 Atacama, periodo 1912-2017

Tipo	1912-2007 (95 años)	2008-2017 (9 años)
Inundaciones	80	14
Aluvión	14	17

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

En base a SENAPRED (2023), en el periodo 2017-2023 se observan nueve (9) sistemas frontales y sistemas de baja presión activa, los cuales han provocado daños severos alrededor de 150 viviendas y 140 damnificados, con un total de 200.000 afectados. Por otra parte, se presenta también cuatro (4) eventos de remoción en masa los cuales no presentan daños.

En relación a las inundaciones y aluviones catastrados por SENAPRED (2023) y EM DATA (2024), se observan dos (2) aluviones ocurridos los años 2021 y 2023 afectando a la cuenca del Río Copiapó (código BNA 034) y del Río Huasco (código BNA 038). La Tabla 2.3-7 presenta las cuencas afectadas por inundaciones y aluviones.

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

Código BNA	Nombre Cuenca	Inundación	Aluvión
30	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico		
31	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado		
32	Río Salado		
33	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó		
34	Río Copiapó		x
35	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral		
36	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal		
37	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco		
38	Río Huasco		x
39	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región		

Nota: En rojo las cuencas afectadas.

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

2.3.3 Calidad de aguas

La calidad de las aguas en las diferentes cuencas de la región de Atacama se ha evaluado principalmente a partir de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) cuando están disponibles. A continuación, se presenta detalle de cada una:

Río Salado (código BNA 0320 a 0321), presenta problemas significativos debido a la falta de información y una red hidrométrica adecuada. Según el Estudio de Impacto Ambiental de la DOH (2020b), se han detectado altos niveles de conductividad específica y sólidos disueltos, reflejando las concentraciones de sal. Además, los parámetros de boro, cloruros, litio, molibdeno, sodio, arsénico, sulfatos y oxígeno disuelto no cumplen con las normas chilenas para uso de riego y recreación. Los sedimentos muestran variaciones granulométricas, y los niveles de manganeso y arsénico superan los límites para agua potable en la mayoría de los puntos de muestreo. La contaminación histórica, principalmente de la gran minería del cobre, ha dejado una huella significativa, con vertidos de residuos químicos y minerales que afectan la calidad del agua y su uso agrícola sin tratamiento adecuado.

Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó (código BNA 0331 al 0333), no hay en la cuenca puntos de estaciones de calidad de aguas en la cuenca. En la cuenca no se catastran pozos destinados al consumo humano, tanto en área urbana como rural, por lo que esto dificulta tener acceso a datos periódicos de calidad de agua. Hay empresas mineras que han generado información a través de su tramitación ambiental, por lo que se puede obtener información del SEIA (ejemplo Proyecto Desarrollo Mantoverde). En ese sentido, no hay cursos de aguas permanentes de agua superficial en la cuenca, así como estaciones de calidad.

Cuenca Río Copiapó (código BNA 0344 a 0342), se encuentra influenciada por su rica mineralogía natural, lo que resulta en concentraciones elevadas de metales como cobre, boro, cromo, hierro y aluminio, así como altos niveles de conductividad eléctrica y nitratos, especialmente después de pasar por la ciudad de Copiapó. La contaminación se agrava por actividades productivas, como la agricultura que utiliza químicos y la minería artesanal que maneja inadecuadamente elementos como mercurio. Además, la falta de alcantarillado en zonas rurales genera riesgos biológicos. Aunque el tratamiento de aguas urbanas reduce la contaminación, la sobreexplotación y baja recarga de aguas subterráneas también afectan su calidad, incrementando la presencia de sales y metales. En general, aunque la calidad del agua se mantiene dentro de ciertos límites normativos para riego, hay variaciones espaciales significativas y ciertos elementos químicos exceden los niveles aceptables según las normas chilenas de agua potable y riego (CNR, 2016).

Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal, de códigos BNA 0360 y 0361, se tiene que no existe información disponible sobre la calidad actual del agua en los cursos superficiales de la cuenca de la Quebrada Totoral y las cuencas costeras hasta la Quebrada Carrizal debido a la falta de muestreo de fuentes permanentes. Sin embargo, en cuanto a la calidad del agua del pozo Algarrobal de la red de monitoreo de la DGA, se observó que varios parámetros superan los límites establecidos por las normas de agua potable y de riego. Los niveles de

arsénico, mercurio y plomo están por encima de los límites permitidos para el consumo humano, aunque el promedio se encuentra por debajo del máximo permitido. Para riego, cromo y molibdeno presentaron concentraciones que exceden los límites establecidos, y se observaron excedencias en arsénico, cloruro, cobre y mercurio en algunas muestras. La conductividad eléctrica promedio sugiere posibles problemas para cultivos sensibles. Los análisis químicos realizados en 2021 muestran que la mayoría de las muestras de agua subterránea superan las normas de agua potable y riego. En el criterio microbiológico, varias muestras exceden los límites de coliformes totales permitidos, y en términos de turbidez, algunas muestras superan la norma potable. Además, los niveles de sólidos disueltos totales (TDS) en muchas muestras exceden el límite potable de 1500 mg/L, con una alta mineralización observada en varias muestras de la cuenca Carrizal.

Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco (código BNA 0370) se tiene que no existe información disponible sobre la calidad del agua en la cuenca de Quebrada Carrizal debido a la falta de cursos superficiales permanentes en la cuenca. En el pozo monitoreado Algarrobal, monitorizado por la DGA, los resultados muestran que algunos parámetros, como arsénico, mercurio y plomo, a veces exceden los límites establecidos para el consumo humano. Para uso en riego, elementos como cromo y molibdeno presentan niveles fuera de lo permitido en todos los muestreos. Otros parámetros como arsénico, cloruro, cobre y mercurio también muestran valores superiores a lo permitido en ciertos casos. Los análisis químicos realizados en 2021 revelaron que gran parte del agua subterránea presenta valores superiores a las normas para agua potable y riego. En términos de criterios microbiológicos, algunas muestras exceden la norma de coliformes totales, lo que indica la presencia de contaminación bacteriana. Además, ciertas muestras también exceden la norma de turbidez y total de sólidos disueltos, lo que sugiere la presencia de partículas en suspensión y alta concentración de iones en el agua.

Río Huasco, (código BNA 0370), la calidad de aguas está influenciada por su geología rica en metales, lo que resulta en concentraciones elevadas de cobre, boro, cromo, hierro y aluminio. Las actividades económicas a pequeña escala, como la minería artesanal, representan un riesgo adicional debido al uso de químicos y la disposición inadecuada de combustibles y aceites. Aunque las aguas superficiales no muestran niveles preocupantes de contaminantes como simazina y MCPA, las zonas rurales carecen de sistemas adecuados de saneamiento, lo que aumenta el riesgo de contaminación biológica por coliformes fecales. En las áreas urbanas, la mayoría de las aguas residuales se tratan antes de reintegrarse al río, pero los caudales de agua servida aún representan un desafío, especialmente en Vallenar, Freirina y Huasco. A nivel espacial, la calidad del agua varía, siendo peor en las zonas cercanas a los centros urbanos y en el tramo bajo del río debido a la influencia de actividades industriales, agropecuarias y el depósito de basura. Las aguas subterráneas, aunque libres de contaminación, tienen altas concentraciones naturales de

hierro y manganeso, siendo vulnerables a la contaminación por sobreexplotación y nitratos. Los niveles de sulfatos, cloruros y flúor en algunas estaciones superan los estándares establecidos para riego y agua potable. La presencia de coliformes fecales, aunque en niveles menores a los permitidos para riego, aumenta hacia la desembocadura del río. La alteración de la calidad del agua podría tener consecuencias graves en los ecosistemas acuáticos de la cuenca, afectando las cadenas tróficas y la biodiversidad (CNR, 2016).

Para las cuencas de Cuenca Endorreicas Salar de Atacama-Vertiente Pacífico (código BNA 0268), Costeras entre Q. la Negra y Q. Pan de Azúcar (código BNA 0294 y 0296), Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico (código BNA 0300 a 0305), Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado (código BNA 0310 y 0311), Costeras e Islas entre R. Huasco y Cuarta Región (código BNA 0370) y, por último, Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral (código BNA 0268) no se dispone de información específica sobre la calidad del agua, lo que destaca una significativa brecha de información en estos casos.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

3.1 INFRAESTRUCTURA HÍDRICA Y NUEVAS FUENTES EXISTENTES

En este acápite se da cuenta de las obras de infraestructura, relativas al recurso hídrico relevantes para el propósito de este estudio. Para esto, primero se realizará la identificación de infraestructura existente al año 2023 de acuerdo a los catastros y base de datos públicos existentes; luego se analizará el estado de la infraestructura existente desde el punto de vista de las principales demandas definidas en el acápite 2.2, incluyendo las nuevas fuentes disponibles para su abastecimiento. El detalle de los catastros utilizados se presenta en el anexo metodológico.

3.1.1 Infraestructura hídrica existente al año 2023

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

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

3.1.1.1 Obras de acumulación

Se identificaron dos (2) obras de acumulación mayor de acuerdo a DGA (2024), el embalse Santa Juana se encuentra ubicado en la comuna de Vallenar en la cuenca Río Huasco y tiene una capacidad de almacenamiento de 166 hectómetros cúbicos. El segundo embalse corresponde al embalse Lautaro ubicado en la comuna de Tierra Amarilla en la cuenca del Río Copiapó y tiene una capacidad de almacenamiento de 26 hectómetros cúbicos. El principal uso de los embalses en esta región es para riego.

3.1.1.2 Centrales para la generación eléctrica

Se identificó una (1) central hidroeléctrica dentro de la región de Atacama, ubicada en Vallenar, con una potencia de 5,12 megavatios (CEN, 2024).

3.1.1.3 Infraestructura de distribución y sistemas de riego

Se identificaron 398 bocatomas y 1.299,9 kilómetros lineales de extensión en canales. Esta red de infraestructura de riego es fundamental para la actividad agrícola en la región, asegurando un suministro adecuado de agua para cultivos y otras necesidades relacionadas con la agricultura. Además, se han registrado diversas obras de acumulación de agua, como embalses, estanques y lagunas, que contribuyen a la gestión y regulación del recurso hídrico en la zona.

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

i. Zonas urbanas

En la región de Atacama se identifica una concesión de agua potable con diez (10) territorios operacionales. Además, cuenta con once (11) plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de las cuales nueve (9) se encuentran operativas, de las cuales dos (2) poseen descarga al mar y siete (7) a aguas continentales (SiSS, 2023)

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 (%)
30	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	0	0	0%
31	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	0	0	0%
32	Río Salado	4	2.137.842	18%
33	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	1	1.904.692	6%
34	Río Copiapó	2	17.329.259	11%
35	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	0	0	0%
36	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	0	0	0%
37	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	0	0	0%
38	Río Huasco	3*	6.249.733	7%
39	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	1*	71.509	17%

Nota (*): El Territorio operacional de la cuenca Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región, también se presenta en la cuenca del Río Huasco.

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 Atacama

Concesión	Plan de Desarrollo	Alcance
Nueva Atacama	Caldera	Caldera
	Chañaral	Chañaral
	Copiapó	Copiapó
	Diego de Almagro – El Salado	Diego de Almagro – El Salado
	Huasco – Freirina	Huasco – Freirina
	Inca de Oro	Inca de Oro
	Tierra Amarilla	Tierra Amarilla
	Vallenar	Vallenar

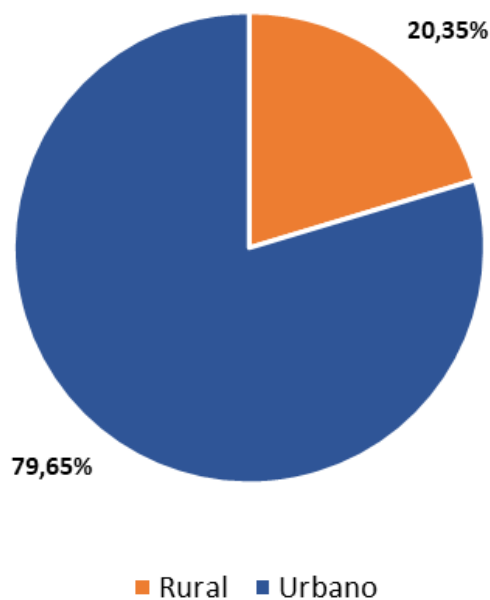
Fuente: Elaboración propia en base a Nueva Atacama (2023).

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 Atacama, en las áreas concesionadas, alcanza un 91,3%.

ii. Zonas rurales

De acuerdo a los catastros más recientes el 20,4% del total de viviendas registradas en el censo de población (DGA, 2023) en la región de Atacama, corresponde a zonas rurales. Esto resulta equivalente a 24.648 viviendas (ver Figura 3.1-1).



Fuente: INE (2017)

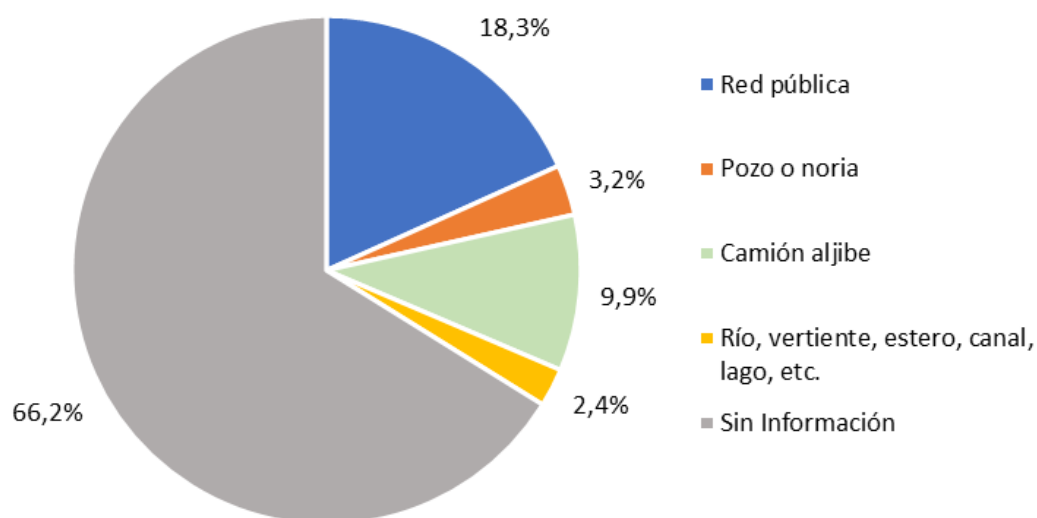
Figura 3.1-1 Distribución de viviendas en región de Atacama 2017

Del total de hogares en zonas rurales se ha identificado que un 66,2% no presenta información en relación a las fuentes de abastecimiento en base a los datos del censo de población (INE, 2017). En este contexto, se presenta un breve análisis respecto al estado del agua potable y saneamiento actual y futuro en la región de Atacama.

a) Agua Potable

De acuerdo a los datos presentados en el último censo de población y vivienda (INE, 2017), del 33,8% de los hogares catastrados en zona rural con un acceso aceptable a servicios básicos, un 18,3% (4.501) cuenta con abastecimiento desde una red pública de agua⁵, mientras que un 9,8% se abastece a través de camión aljibe (ver Figura 3.1-2).

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



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

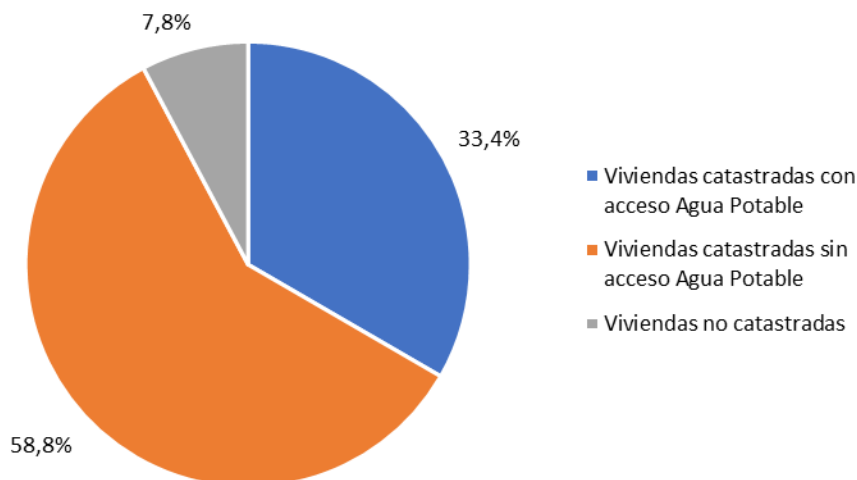
Figura 3.1-2 Distribución de hogares en zonas rurales con acceso a servicios básicos, según la fuente de obtención de agua

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

El indicador BS12, relacionado al porcentaje de viviendas conectadas a la red de agua potable, considera la población rural de ocho (8) de las nueve (9) comunas presentes en la región, concentrando el 92,2% del total de la población rural de la región.

Bajo los datos otorgados por el indicador, un 33,4% (8.222 viviendas) de las viviendas rurales de la región de Atacama posee conexión a la red de agua potable, mientras que un 58,8% (14.502 viviendas) no cuentan con acceso a la red pública de agua (ver Figura 3.1-3).

A modo de resumen, se identifica que un 92,2% de las viviendas rurales han sido catastradas, en base a esto, un 58,8% de las viviendas rurales informa que no presenta acceso a la red de agua potable. Por último, se concluye además que el indicador BS12 presenta una brecha de información del 7,8% del total de las viviendas rurales de la región de Atacama.



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 Atacama

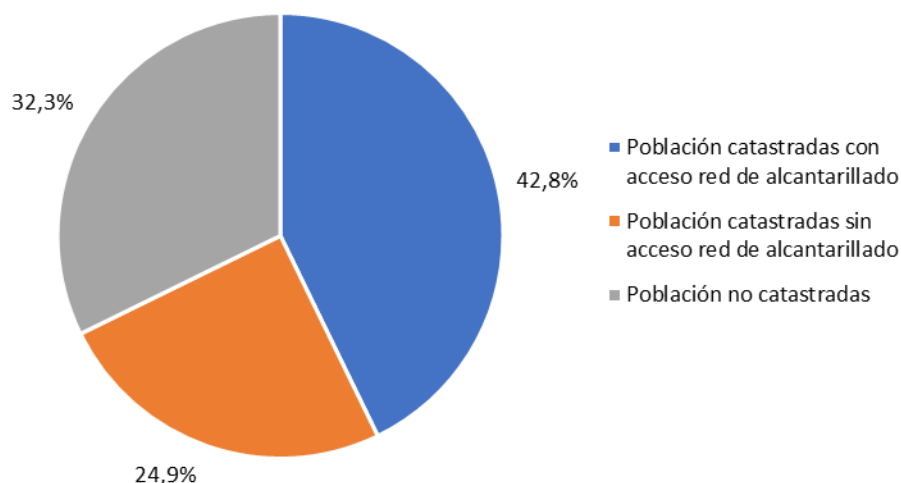
En cuanto a los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) la Dirección de Obras Hidráulicas (2021), a partir de ahora DOH, presenta un listado con cuarenta y ocho (48) Servicios Sanitarios Rurales para la región de Atacama, los cuales abastecen a seis (6) de las nueve (9) comunas de la región. Dentro del listado de SSR y en base al total de población, estos sistemas abastecen alrededor del 76% de la población (aproximadamente 19.525 beneficiarios), dejando una brecha de 24% de la población rural (2.430 habitantes).

Por último, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) (2022) al igual que la DOH presenta un listado de SSR; sin embargo, en este listado se encuentran seis (6) SSR de tipo concentrado, los cuales abastecen a cinco (5) comunas de la región abasteciendo 29,8% (7.638 beneficiarios), dejando una brecha de información del 70,2% (18.010 habitantes).

b) Saneamiento

De acuerdo a los datos presentados en el indicador BS13 (SICVIR, 2020) el cual considera siete (7) de las nueve (9) comunas de la región, las cuales concentran el 67,7% del total de la población rural de la región. Se observa que el 42,8% (10.978 habitantes) de la población rural se encuentra saneada por alcantarillado, mientras que el 24,9% (6.396 habitantes) de la población no cuenta con acceso a la red de alcantarillado

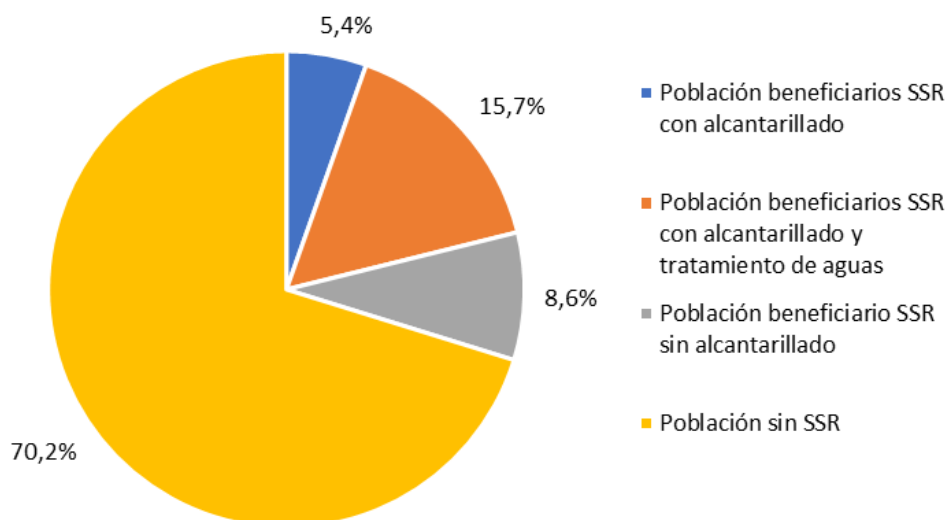
A modo de resumen se presenta la Figura 3.1-4, donde se identifica que un 68% de la población rural regional ha sido catastrada, de acuerdo a estos datos, un 25% no presenta acceso a la red de alcantarillado. Por último, se observa que existe una brecha de información del 32% de la población rural de Atacama.



Fuente: Elaboración propia en base a Censo poblacional (DGA, Mapoteca Digital, 2023) y SICVIR (2021).

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

Por otra parte, de acuerdo al listado de Sistemas Sanitarios Rurales de la SISS (2022), se menciona que del total de SSR presentes en la región un 5,4% (1.395 beneficiarios), presenta servicio de alcantarillado y un 15,7% 4.026 beneficiarios) presenta servicio de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas(ver Figura 3.1-5).



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

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

A modo de conclusión se desprende preliminarmente que, de la población catastrada, un 8,6% no cuenta con servicio de alcantarillado, por otra parte, se presenta una brecha de información del 70,2% de la población rural regional.

3.1.1.5 Pozos

Se identificó un total de 760 pozos de extracción en la región de Atacama, cuyo uso es de 71%% sin clasificación, seguido de un 13,82% de riego y 4,6% de uso minero.

3.1.1.6 Infraestructura hídrica para uso de fuentes no convencionales

i. Acuíferos profundos

Los estudios analizados dentro del PEGH para la cuenca del Salar de Maricunga (DGA, 2021) ofrecen diversas perspectivas sobre la existencia de acuíferos profundos en la región. El primero, relacionado con el proyecto de Producción de Sales Maricunga de SIMCO SpA, señala un posible espesor del sistema acuífero del sector Salar de Maricunga de entre 200 y 250 metros, aunque carece de detalles concretos al respecto. Por otro lado, el Informe de Impacto Ambiental de Norte Abierto SpA destaca la presencia de acuíferos regionales conectados indirectamente con cuencas adyacentes, con flujos distribuidos y tiempos de viaje prolongados. Este informe sugiere que las aguas que aumentan significativamente el caudal y la salinidad del río Lamas provienen de un acuífero regional profundo, y no del acuífero de Piedra Pómez en la cuenca de Maricunga. Además, un estudio realizado por (CORFO & ASOEX, 2019) detectó aguas fósiles en el área de Llano de Piedra Pómez, con edades que oscilan entre 22.080 y 18.450 años antes del presente, lo que podría indicar pulsos de recarga asociados al último máximo glacial. Sin embargo, dada la falta de conclusiones definitivas en los estudios actuales, se contempla la necesidad de revisar otras fuentes de información y llevar a cabo nuevos estudios para profundizar en esta temática.

ii. Recarga artificial de acuíferos

En base a los antecedentes analizados para este estudio, dentro de la región de Atacama se identifican dos iniciativas de recarga artificial de acuíferos presentes en la cuenca del Río Copiapó.

La primera iniciativa, se realiza en la comuna de Tierra Amarilla, a través de un trabajo en conjunto por parte del Municipio de Tierra Amarilla, Minera Candelaria y Agrícola Alianza, llevando a cabo un proyecto el año 2018 el cual consiste en la recarga acuífera mediante piscinas de infiltración a través de “diques” situados a lo largo del río, con el objetivo de reducir la cantidad de agua dulce que llega al mar por falta de infraestructuras, de esta manera, las piscinas permiten acumular parte de los 10hm³ que se infiltran en el tranque Lautaro.

La segunda iniciativa corresponde a tres piscinas de infiltración construidas durante el año 2017 en el sector de Toledo, aledañas al cauce del río Copiapó, por la Comunidad de Aguas Subterráneas Copiapó-Piedra Colgada. Estas piscinas contemplaron, además, la construcción de un serpentín decantador para incrementar el tiempo de residencia y así disminuir la turbidez del agua que entra por la primera piscina de infiltración (DGA, 2020).

iii. Desalinización

Dentro de la región de Atacama se identifica la presencia de once (11) proyectos de plantas desaladoras a lo largo de su borde costero, de las cuales cinco (5) se encuentran en operación. De estos, tres (3) son destinadas principalmente al uso en la minería del cobre, una (1) de ellas al servicio sanitario, suministrando de agua potable a las localidades de Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla. Por último, una (1) planta desaladora, destina su uso a la industria. En la Tabla 3.1-3 se presentan los proyectos de plantas desaladoras de agua según su estado.

Tabla 3.1-3 Plantas desaladoras de agua de mar en la región de Atacama

Nombre	Cuenca	Empresa	Destino	Capacidad (l/s)	Estado
Santo Domingo	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	CAPSTONE	Minería	30	EIA Aprobado
Minera MantoVerde	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	Minera Mantos Copper	Minería	120	En operación
Expansión Mantoverde	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	CAPSTONE	Minería	260	En construcción
Aguas CAP	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	AGUASCAP	Minería	600	En operación
Minera Candelaria	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	Lundin Mining Corporation	Minería	500	En operación
Nueva Unión	Río Huasco	Nueva Unión	Minería	970	En evaluación
Desaladora Atacama	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	ECONSSA	Agua potable	450	En operación
Desaladora Bahía Caldera	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	Seven Seas Water Chile S.A.	Multipropósito	93	En evaluación
Atacama	Costeras e Islas Río Salado-Río Copiapó	ENAPAC	Industrial	1.750	En evaluación
Desaladoras Guacolda	Costeras e Islas entre Río Huasco y Cuarta Región	Guacolda Energía S.A.	Industrial	1.400	En evaluación
Huasco	Costeras e Islas entre Río Huasco y Cuarta Región	Guacolda	Industrial	70	En operación

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2021) y ACADES (2023).

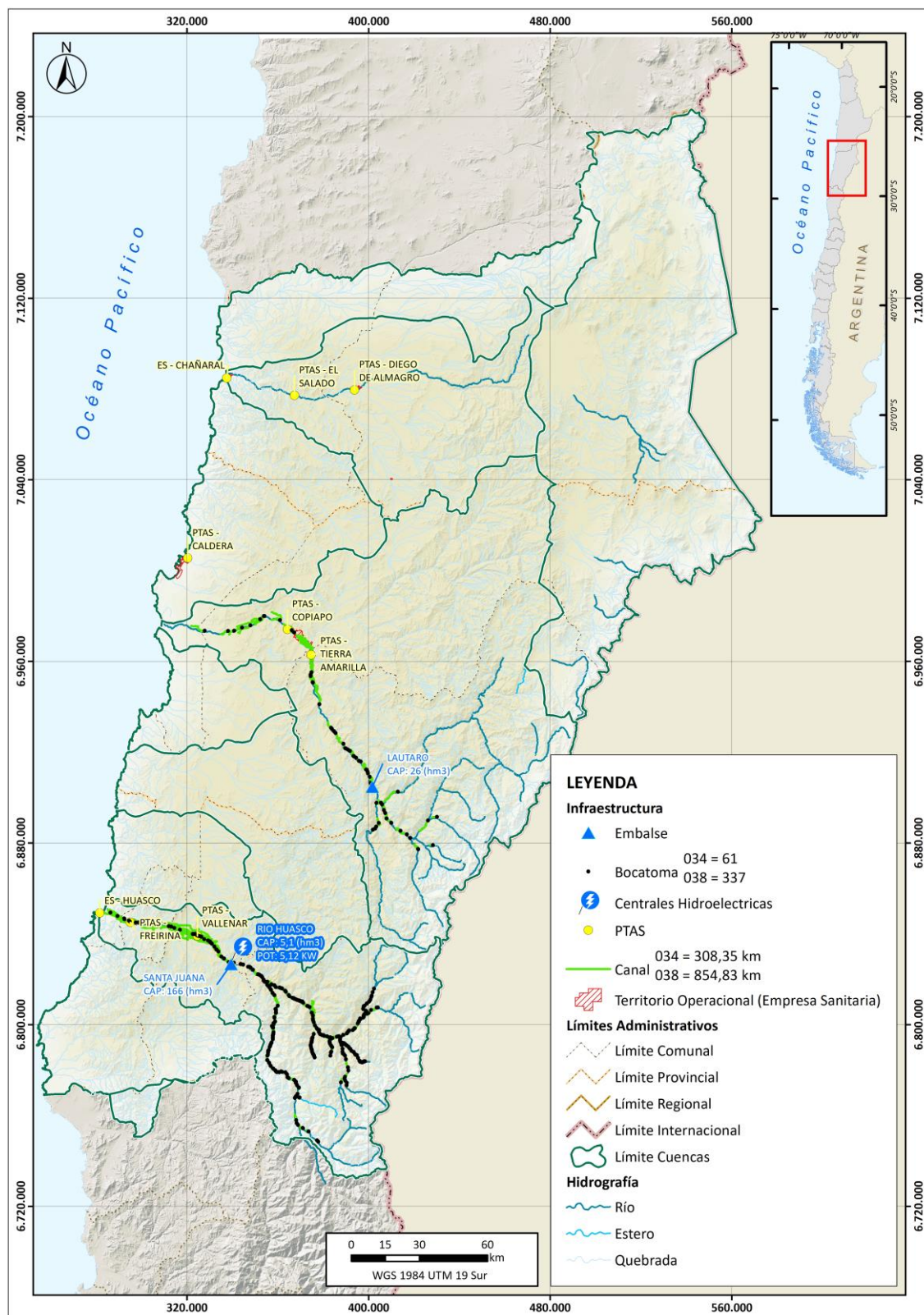
iv. Cosecha de aguas lluvia

Tras la revisión de antecedentes, no se identifican obras de cosecha de aguas lluvia dentro de la región de Atacama. Sin embargo, se considera la revisión de fuentes externas actualizadas en una etapa posterior del estudio.

v. Uso de aguas servidas tratadas

Dentro de la región de Atacama en la cuenca del Río Copiapó, la empresa sanitaria Nueva Atacama S.A. vende sus aguas servidas tratadas a Minera Candelaria, equivalente a 175 l/s de agua las cuales se mezclan con agua fresca.

Por otra parte, en la cuenca del Río Salado, la División CODELCO Salvador a partir de su actividad genera 101,9 m³/día pasando a 97,35 m³/día de aguas servidas tratadas que serán utilizadas para la humectación de caminos. No obstante lo anterior, en la región se descarga al mar aguas mediante emisarios submarinos, las cuales se pueden identificar como oportunidad para fines como riego de zonas verdes urbanas o como agua para uso industrial (DGA, 2021).



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

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

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

En la cuenca del Huasco, se cuenta con obras fluviales ejecutadas desde el año 2003. Posterior a eventos ocurridos el año 2015 la inversión pública en esta temática aumento significativamente en el contexto de la implementación del “Plan Reconstrucción Atacama”; para el año 2019, destacaban en término de defensas fluviales el avance de siete (7) estudios de ingeniería proyectados en la cuenca del Río Huasco y en la cuenca Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó, llevados a cabo para definir las obras del plan (2021).

El año 2020, luego de un evento aluvional ocurrido en enero del mismo año en el sector de El Tránsito, en la cuenca del Río Huasco, se llevaron a cabo obras de conservación de las riberas del río El Tránsito y quebradas y afluentes, con trabajos de limpieza y retiro de material aluvional, además de trabajos de encauzamiento y perfilamiento para recuperar la capacidad porteo del río (DGA, 2021).

En la cuenca del Río Salado, se presenta un proyecto por parte del MOP, el cual consiste en obras de canalización del río Salado en las tres principales localidades presentes en su cuenca: Diego de Almagro, El Salado y Chañaral. El diseño corresponde a obras de regularización y control fluvial, permitiendo el escurrimiento sin desbordarse del caudal mayor, ya sea para crecidas aluvionales o periodos de retorno (DGA, 2021).

Por último, en la cuenca del Río Copiapó antes del evento aluvional en el año 2015, no existía una inversión importante en infraestructura de defensa de inundaciones y aluviones. Al respecto destacan dieciocho (18) tranques de retención de sedimentos en sectores de la parte alta de la ciudad de Copiapó. Estos tranques existen desde el año 2011 y forman parte del Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias de la ciudad de Copiapó como medida de mitigación para reducir el impacto y riesgo de riadas o avalanchas sobre centros poblados (DGA, 2020).

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

En el caso de la región de Atacama, no hay planes maestros de aguas lluvias proyectados para la región.

En la Tabla 3.1-4 se presentan los tramos colectores presentes en la región.

Tabla 3.1-4 Obras de tramo colector presentes en la región de Atacama

Nombre obra	Estado	Cuenca BNA
Matta, Av. La Paz, Sin información, Vallenar y Palomar	Existente	Río Copiapó
Sin información, Palomar, Juan Pablo II 1, Juan Pablo II 2, Matta, Henríquez, Vallenar, Cancha Rayada 1, Cancha Rayada 2, Cancha Rayada 3 y Cancha Rayada	Proyectado	

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

No hay obras de control aluvional en la región.

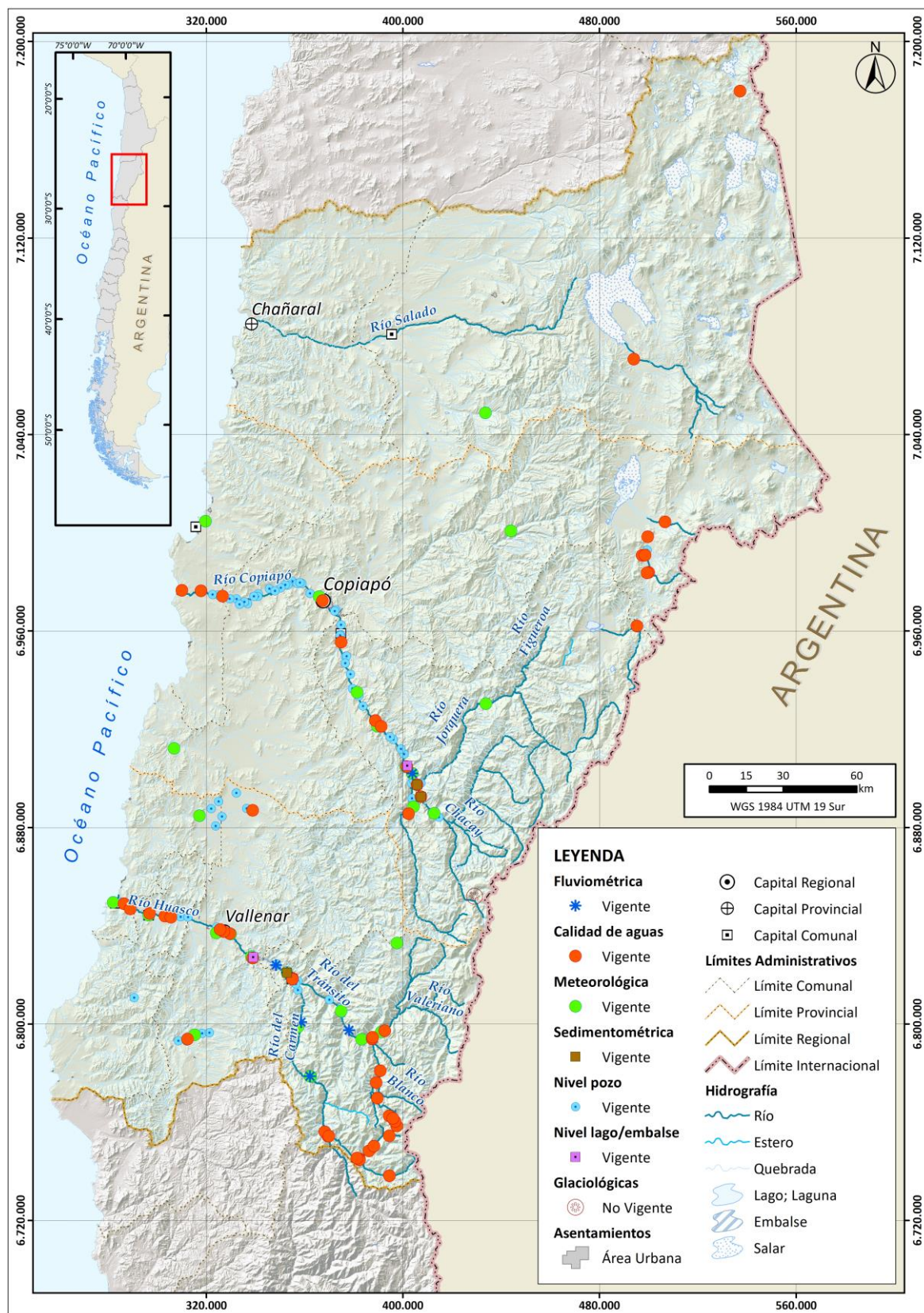
3.1.1.8 Red hidrométrica

De acuerdo a la información publicada por DGA (2023), en la región de Atacama se encuentran 210 estaciones de monitoreo vigentes que constituyen la red hidrométrica de la región. En la Tabla 3.1-5 se muestra en detalle el tipo de estación presente en la región y su estado, en el Anexo 04.01 se encuentra la distribución de la red por cuenca. En la Figura 3.1-7 se presenta la ubicación de la totalidad de estaciones de la red. La infraestructura de monitoreo se concentra en las cuencas Río Copiapó y Río Huasco.

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

Tipo de Estación	Vigentes	Suspendidas
Calidad de Aguas	53	0
Fluviométrica	27	0
Meteorológica	33	0
Nivel de pozo	91	0
Sedimentométrica	3	0
Nivel de lago y embalses	2	0
Glaciológica	0	1
Rutas de nieve	1	0
Total	210	1

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1-7 Red hidrométrica de la región de Atacama

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 Atacama entre los años 2010 y 2022 detalladas en el anexo 04.04.

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

A partir de antecedentes revisados de diversos planes de gestión hídrica, con base principal en el estudio “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 3.1-6.

Tabla 3.1-6 Iniciativas clasificadas según tipología y estrategia de acción

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
Infraestructura hídrica estructural	Redes hidrométricas	13
	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	7
	Defensa fluvial y aluvional	6
	Desalinización	2
	Infraestructura de riego	3
	Infraestructura de distribución de agua	6
	Obras de acumulación de agua	7
	Reúso de aguas residuales	3
	Redes de aguas lluvias	0
	Captación de aguas	0
	Trasvase de aguas	2
	Drenaje de aguas	0
	Control de erosión	0
	Recarga de acuíferos	4
	Conservación de riberas	3
Infraestructura hídrica no estructural	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	7
	Análisis sistemas glaciares y periglaciares	2
	Estudio calidad de agua superficial y subterránea	2
	Estudio obras de recarga artificial de acuíferos	2
	Conservación y restauración de riberas y cauces	4

Tipología	Estrategias de acción	N° de iniciativas
	Comportamiento morfodinámico e hidrodinámico de humedales	3
	Estudios obras de acumulación de agua	7
	Estudios de riesgo fluvial y aluvional	4
	Conservación obras de riego	1
	Estudio sistemas de riego	0
	Estudios contaminación de aguas	0
	Estudios de saneamiento	2
	Estudios de aguas lluvias	0
	Estudio obras de distribución de aguas	2
	Estudios de desalación	1
	Análisis de red hidrométrica y plataformas de información	9
	Estudio de reúso de aguas	0
	Diagnóstico de OUA y DAA	0
	Estudios para abastecimiento de agua potable	0
Medidas de gestión	Creación de capital humano	11
	Análisis situación legal DAA	2
	Fortalecimiento y formalización de OUA	2
	Reservas de agua	1
	Manejo de quebradas	0
	Manejo riesgos de contaminación de aguas	0
	Manejo de normas ambientales e hídricas	2
	Planes y políticas	13

Fuente: Elaboración propia.

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

Tabla 3.1-7 Iniciativas según tipologías y características básicas

Tipología	Características básicas			
	Identificación del problema	Monto asociado	Responsable de la iniciativa	Fecha de ejecución
Infraestructura hídrica estructural	50	22	23	19
Infraestructura hídrica no estructural	39	22	22	15
Medidas de gestión	33	13	20	12

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-8 se presentan las iniciativas que contienen información acerca del estado de su ejecución.

Tabla 3.1-8 Iniciativas con estado de ejecución

Tipología	Estrategia de acción	N° de iniciativas	Estado
Infraestructura hídrica estructural	Obras de acumulación de agua	2	Perfil (1), Factibilidad (1)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.1-9 se presentan los planes de desarrollo de empresas sanitarias presentes en la región por implementar.

Tabla 3.1-9 Iniciativas planificadas dentro de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias para la región de Atacama

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
Nueva Atacama S.A.	2021	Caldera	Mejoramientos en la red de distribución de AP, nuevas obras de distribución de AP, renovación de red de AS, reposición equipos PEAS y ampliación en PTAS
		Chañaral	Nuevas obras de distribución de AP, mejoras en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PEAS
		Copiapó	Nuevas obras de distribución de AP, obra de almacenamiento y potabilización, mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS, aumento de capacidad PTAS y reemplazo de alcantarillado
		Diego de Almagro – El Salado	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y reposición y conservación PTAS
		Huasco - Freirina	Mejoramientos en la red de distribución de AP, obras de distribución, aumento de capacidad PEAS, refuerzo de colectores, renovación de red de AS y reposición y conservación PTAS
		Inca de Oro	Mejoramientos en la red de distribución de AP y mejoramiento PTAS

Empresa	Vigencia plan	Alcance zonal	Infraestructura estructural planificadas
		Tierra amarilla	Mejoramientos en la red de distribución de AP, renovación de red de AS y mejoramiento PTAS
		Vallenar	Obras de distribución, mejoramientos en la red de distribución de AP, aumento de capacidad PTAP, renovación de red de AS y aumento de capacidad PTAS

Fuente: Elaboración en base a SISS (2024).

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

3.1.2.1 Iniciativas ejecutadas en el periodo 2015-2023

A partir de los antecedentes de la Inversión histórica del MOP entre los años 1986-2023, en la Tabla 3.1-10 se presentan las iniciativas ejecutadas a partir de las estrategias de acción y montos asociados a cada proyecto.

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

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica estructural	Producción-distribución de agua potable y tratamiento aguas servidas	APR concentrado	13	2.664.500	3.557.754
		APR semi concentrado	15	4.463.202	4.982.254
		Ampliación y mejoramiento de servicios existentes de APR	30	6.368.604	7.012.983
		Conservación, mantención y ampliación de SSR existentes	7	832.095	845.894
	Redes de aguas lluvias	Conservación de obras de aguas lluvias	15	1.107.151	1.359.238
	Infraestructura de riego	Conservación obras de riego	1	4.200	5.273
	Defensa fluvial y aluvional	Control aluvional	42	21.799.047	24.674.501
		Manejo de cauces	9	1.550.086	2.115.513

Tipología	Estrategias de acción	Programa	N° inversiones	Inversión	
				Miles \$ cada año	Miles \$ año 2023
Infraestructura hídrica no estructural	Conservación y restauración de riberas y cauces	Conservación de riberas (defensas fluviales)	28	37.735.378	49.206.942
	Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Estudios	3	353.916	476.971
		Evaluación de los recursos hídricos	2	205.845	291.434
Medidas de gestión	Planes y políticas	Estudios	3	100.155	139.337
		Planes maestros de obras fluviales	2	111.874	161.244

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

En este acápite se presentan las brechas entre oferta y demanda 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 04.05.00 se presentan los gráficos con las brechas para cada cuenca. La metodología utilizada para la clasificación se presenta en el Anexo B del Informe Nacional.

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

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

- **Criterio 1:** Se evalúa si la demanda total de la cuenca supera la oferta superficial⁶ en la misma considerando diferentes probabilidades de excedencia. Se considera una **cuenca crítica** aquella donde la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 50%; una **cuenca en estrés** se determina cuando la demanda supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%; y una **cuenca con recursos** es en la cual la demanda no supera la oferta disponible con una probabilidad de excedencia del 85%.
- **Criterio 2:** Se evalúa si en la actualidad existen restricciones para el uso de agua en la cuenca (declaraciones de agotamiento o decretos de escasez para la componente superficial, y, áreas de restricción o zonas de prohibición para la componente subterránea). Este criterio se aplica solo a la situación actual.

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

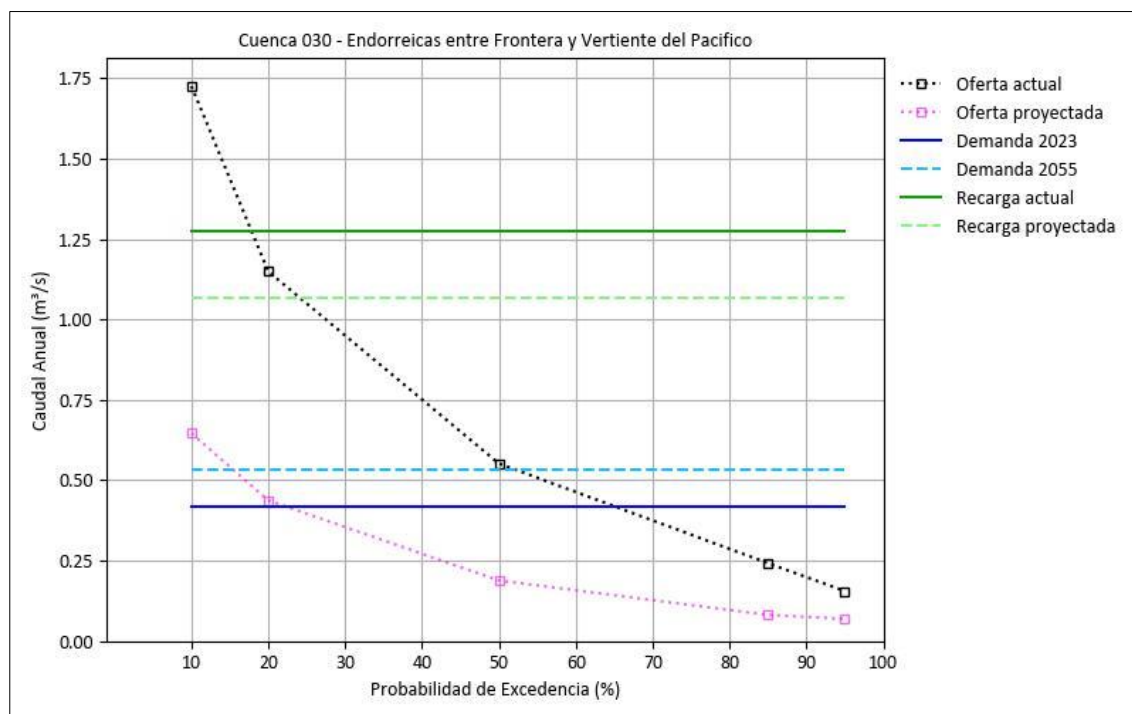
Criterio 1 = cuenca con recursos
Criterio 2 = decreto de escasez vigente
Clasificación final = cuenca en estrés

Para la situación actual de la región, se observa que solo la cuenca Costeras Quebrada Pan de Azúcar- Río Salado (Código BNA 031) posee una demanda hídrica actual que se encuentra por debajo del 85% de probabilidad de excedencia de la oferta superficial, es decir, es una cuenca con recursos (Figura 4.1-1). Mientras tanto, el resto de cuencas de la región presenta algún nivel de estrés hídrico, donde dos cuencas presentan un nivel de estrés hídrico estacional o local: Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico (Código BNA 030) y Río Huasco

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

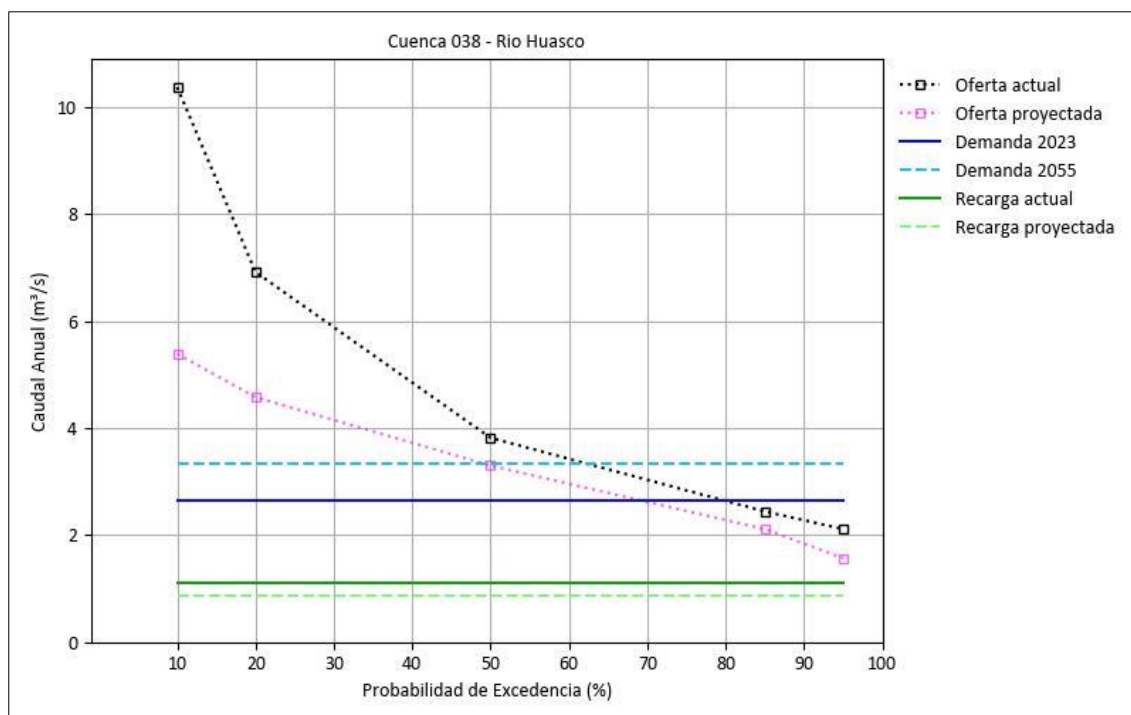
(Código BNA 038). Todo el resto de las cuencas se encuentran con demandas por sobre el 50% de probabilidad de excedencia de la oferta superficial en la situación actual, correspondiendo a una situación crítica (Figura 4.1-2). Al observar la proyección futura de oferta y demanda, se aprecia que la cuenca Río Huasco (Código BNA 038) pasa de un estado de estrés estacional a uno crítico, mientras que el resto de las cuencas empeora su situación respecto a la situación actual, pero manteniéndose dentro de los mismos rangos.

Este empeoramiento se debe tanto a la disminución de oferta producto de los efectos del cambio climático, como por un aumento en la demanda. Sin embargo, a pesar de lo anterior es importante mencionar que gran parte de los recursos hídricos utilizados en las cuencas de esta región corresponden a recursos subterráneos, los que permiten acortar la brecha hídrica en relación a la oferta superficial. 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.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-1 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 030

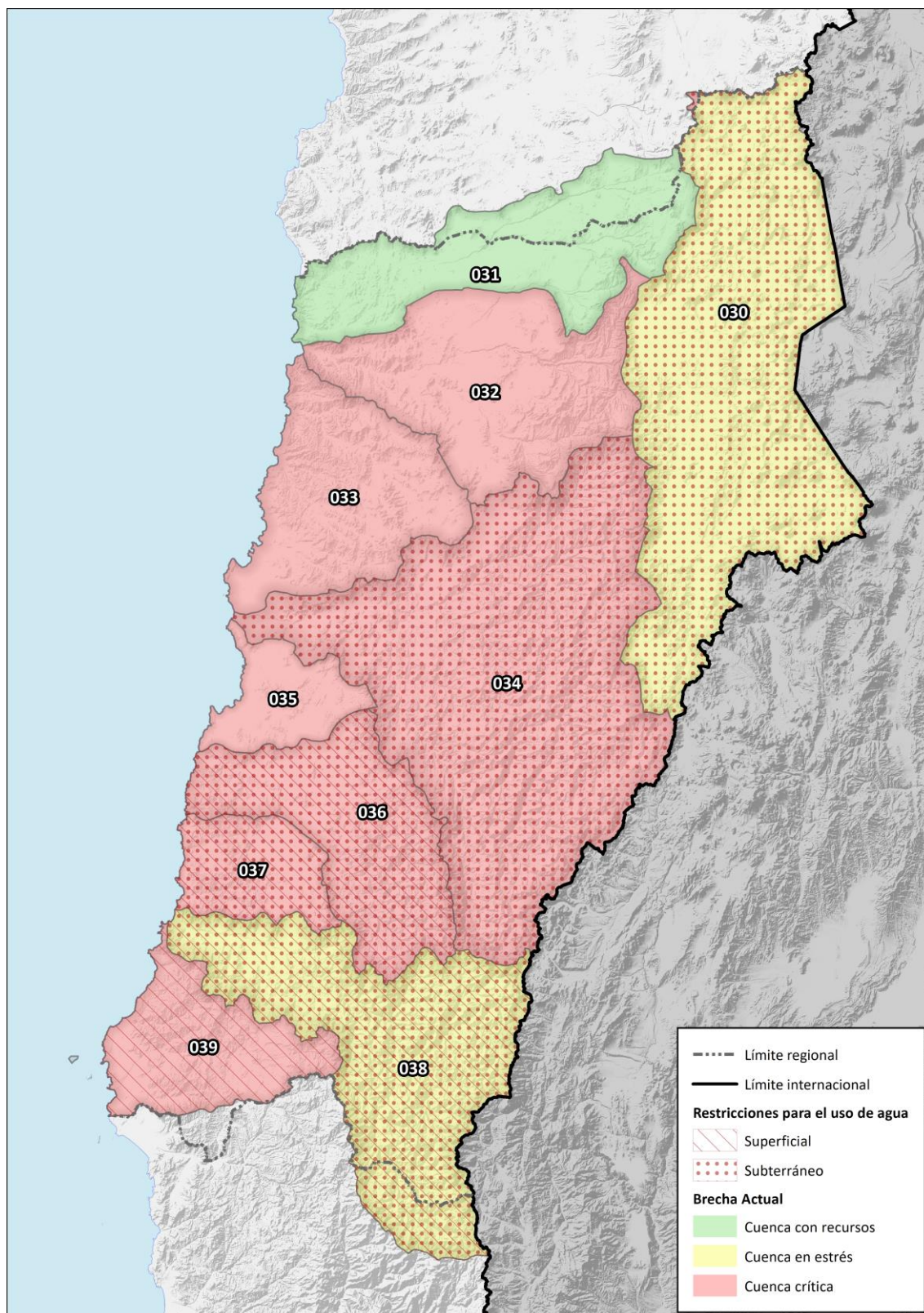


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-2 Probabilidad de excedencia sobre la curva de oferta, de la demanda actual y futura, cuenca BNA 038

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 Copiapó (Código BNA 034), Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal (Código BNA 036), y Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco (Código BNA 037).

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.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-3 Indicadores de disponibilidad hídrica para el año 2025 en la región de Atacama

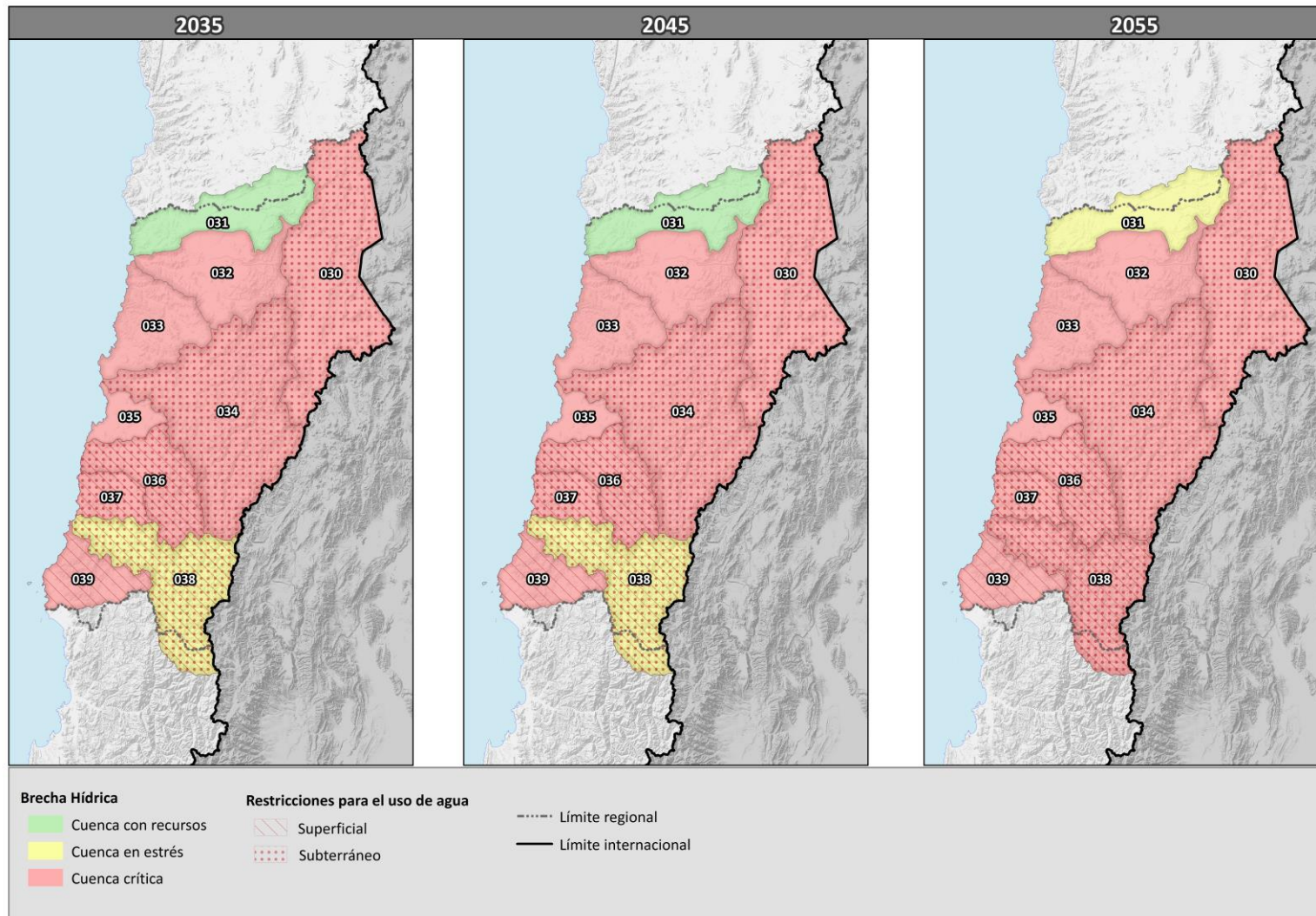
Tabla 4.1-1 Brechas Hídricas por Cuenca Región de Atacama

Código BNA	Nombre Cuenca	2025	2035	2045	2055
30	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
31	Costeras Q. Pan de Azúcar - R. Salado	Con recursos	Con recursos	Con recursos	En estrés
32	Río Salado	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
33	Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
34	Río Copiapó	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
35	Costeras entre R. Copiapó y Q. Totoral	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
36	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
37	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
38	Río Huasco	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica
39	Costeras e islas entre R. Huasco y Cuarta Región	Crítica	Crítica	Crítica	Crítica

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.1-1 se aprecia que casi todas las cuencas se encuentran en una situación crítica al año 2025, salvo la cuenca BNA 031, situación que se mantiene hacia las ventanas futuras. Esta mantención del estado crítico de las cuencas se debe a que, según el balance hídrico de la cuenca, el estado de las cuencas es crítico, independiente de si se consideran las restricciones superficiales o subterráneas existentes (las cuales están en algunas 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 4.1-4 .

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. 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 Copiapó (Código BNA 034), Río Salado (Código BNA 032) y Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico (Código BNA 030). 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.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1-4 Variación de indicadores de disponibilidad hídrica proyectada por año en la región de Atacama

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

- En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii, no se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 7,8% y 66,2% de las viviendas rurales regional.
- En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii, no se posee información en relación a las fuentes de abastecimiento de agua de entre un 24% y un 70,2% de la población rural regional.
- En base a los análisis realizados en el acápite 3.1.1.4ii, no se posee información en relación al acceso a servicio de alcantarillado de entre un 32,3% y 70,2% de la población rural regional.
- No existen planes de reúso de aguas servidas.
- No se posee real conocimiento de la situación de cobertura y acceso al agua potable rural ya que los indicadores no consideran la comuna de Copiapó.

- No se posee real conocimiento de la situación de alcantarillado en las áreas rurales de la región, ya que los indicadores presentan no consideran las comunas de Copiapó y Alto del Carmen.
- Los catastros de SSR no se encuentran estandarizados y actualizados, aquellos perteneciente a la DOH presentan mayor número de SSR; no obstante, no aportan información en relación al saneamiento. Mientras que el listado de SSR de la SISS presenta información de saneamiento, pero los catastros se encuentran restringidos a aquellos SSR que poseen tarificación.
- Insuficiente información respecto a disponibilidad de agua en acuíferos.
- No se cuenta con información actualizada sobre el estado de los canales de riego, lo cual podría llevar a una subestimación de la demanda hídrica.

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.
- La estimación de la demanda hídrica actual se basó en indicadores indirectos, como la producción (en minería, electricidad y acuicultura) o las superficies de cultivo (para riego). Contar con datos directos sobre consumos reales de agua (m³ por período de tiempo) mejoraría significativamente la precisión de las estimaciones, permitiendo capturar adecuadamente las variaciones temporales y las prácticas de eficiencia hídrica, lo que proporcionaría una base más sólida para la planificación futura.

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

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

cobertura insuficiente de estos servicios, la falta de infraestructura y las dificultades para asegurar un suministro adecuado.

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

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

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

Tabla 4.2-1 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de Atacama

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
Se estima además que entre un 15,5% y un 58,8% de las viviendas rurales catastradas no acceden al agua potable, y que, la brecha de información abarca de entre el 7,8% y el 66,2% del total de viviendas rurales (ver acápite 3.1.1.4i)	Población de localidades rurales desconcentradas y semiconcentradas sin servicios de agua potable	Falta de implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales.	Porcentaje de cobertura de la red de agua potable rural respecto del total de viviendas de la cuenca.	Cobertura menor a o igual a 70% Cobertura mayor a 70% y menor a 85% Cobertura mayor o igual a 85	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Se estima que entre un 8,6% y 32,3% de la población rural no posee acceso a alcantarillado. Además, se presenta una brecha de información de entre el 24,9% y el 70,2% (ver acápite 3.1.1.4 ii)	Déficit en la cobertura del servicio de saneamiento y tratamiento en APR concentrados, semiconcentrados y desconcentrados	Falta de implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales.	Porcentaje de cobertura de la población saneada por alcantarillado rural o urbano respecto al total de la población de la comuna.	Cobertura menor a o igual a 30% Cobertura mayor a 30% y menor a 50% Cobertura mayor o igual a 50%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
La proyección de la población rural en áreas que cuentan con APR presenta un incremento en la población rural para el año 2055 respecto de la población actual de un 8% para la cuenca del Río Copiapó (código BNA 034) donde se proyecta la implementación de nuevos sistemas de servicios sanitarios, y un 3% para el resto de las cuencas de la región. La proyección de población para las áreas sin presencia de sistemas APR, presenta un 3% de aumento para el año 2055 en todas las cuencas presentes en la región (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 =1	1	1	1	4	1	1	1	1	2	2
El mayor número de clientes de APU corresponde a clientes residenciales (94,2%), los que presentaron un aumento promedio de 0,01% en los últimos 10 años. 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.	Aumento de la demanda de agua potable urbana asociada a un incremento de la población		Tasa de crecimiento Demanda Urbana promedio por cuenca ((Dda35 - Dda25) /Dda25) (acápite 2.2.1)	Alta Criticidad = Tasa de crecimiento mayor a 8% Alta Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 8% y mayor a 4% Baja Criticidad = Tasa de crecimiento menor a 4%	Alta =4 Media =2 Baja =1	N/A	N/A	2	2	2	N/A	N/A	N/A	1	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 4.2-1 Brechas Estratégicas de Consumo Humano por cuenca región de Atacama

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
Para el año 2022 se estimó un promedio de pérdidas por distribución de un 30% a nivel regional; las pérdidas más altas se registraron en la localidad de Freirina (más de un 40% de pérdidas), mientras que solo la localidad de Diego de Almagro se mantuvo bajo un 20% de pérdidas. (ver Anexo 05.02 Demanda futura)	Deterioro en el sistema de distribución de agua potable (pérdidas)	Falta de implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales.	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	2	2	2	N/A	N/A	N/A	2	2
Dentro de la región de Atacama se identifica la presencia de once (11) proyectos de plantas desaladoras a lo largo de su borde costero, de las cuales cinco (5) se encuentran en operación. De estos, una (1) de ellas al servicio sanitario, suministrando de agua potable a las localidades de Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla.	Insuficientes incentivos para uso de fuentes no convencionales de agua para el consumo humano a escalas relevantes	Falta de protección del medio ambiente mediante el tratamiento y la reutilización de aguas residuales. Carencia de generación de nuevas fuentes de agua mediante alternativas como la recolección de nubes, la desalinización y el reciclaje de aguas grises, lo que afecta la capacidad para explorar alternativas sostenibles. Falta de inversión en investigación e innovación para identificar soluciones de gestión del agua eficientes, sostenibles y asequibles.	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	1	4	4	4	4	4

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

4.2.3 Brechas de seguridad para la producción sostenible y eficiencia hídrica

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

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

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

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

Tabla 4.2-2 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de Atacama

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
En la región de Atacama, la eficiencia de aplicación de riego promedio estimada para el año 2023 es del 59%. Esta eficiencia varía entre un 81% y un 42%, siendo la cuenca "Río Copiapó" la que presenta el valor más alto, y la cuenca "Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco" 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.	Déficit en tecnificación del riego y modernización de sistemas de control de heladas.	Insuficiencia en el fomento de prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua y en la promoción de patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua.	Eficiencia de aplicación de riego (%) (año 2023)	Eficiencia de riego ≤ 55% 55% < Eficiencia de riego < 70% Eficiencia de riego ≥ 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	4	4	2	1	1	2	4	2	4
En la región de Atacama se identifican aproximadamente 1.162 km de canales, ubicados en las cuencas Río Huasco y Río Copiapó, donde se concentra el 100% de la red total. En otras cuencas de la región no se identifican canales. 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 04.01).	Deterioro en el sistema de distribución de agua para riego.	Carencia de infraestructura hídrica modernizada.	Longitud total de canales de riego	Concentra más del 50% de los canales de la región. Concentra entre el 15 y el 50% de los canales de la región. Concentra menos del 15% de los canales de la región.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1
Según la tendencia histórica, se prevé que la demanda hídrica agrícola en la región de Atacama aumentará en un 26% para el año 2055. Aunque en los últimos 14 años se ha observado un cambio significativo en el cultivo predominante, pasando de frutales a viñas y parronales, que muestran una mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico en comparación con otros 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.	Insuficiencia en el fomento de prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua y en la promoción de patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua.	Variación porcentual ponderada de la demanda hídrica agrícola (Periodo 2023-2055)	Aumento de la demanda agrícola ≥ 50% 10% < Aumento de la demanda agrícola < 50% Aumento de la demanda agrícola ≤ 10%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1
En la región de Atacama, actualmente se encuentran identificadas 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). Estas Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs) están ubicadas en las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco. En cuanto a las demás cuencas, no se han detectado OUAs.	Descoordinación entre las instituciones con atribuciones en la gestión del agua de la cuenca (Juntas de vigilancia, organizaciones de usuarios, organismos del Estado, etc.).	-	Presencia de OUAs	No hay presencia de OUAs o solo CA/AC Presencia de CAS o JV Presencia de JV y CAS	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	1	4	4	4	2	4

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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2-3 Brechas Estratégicas de Desarrollo Económico por cuenca región de Atacama (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
En la región de Atacama, la minería es la actividad económica predominante. Se estima que para el año 2055, la demanda de agua en este sector aumentará en un 7% 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 acápite 2.2.5 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 el fomento de prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua y en la promoción de patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua.	Variación porcentual de la demanda hídrica del principal sector productivo (mayor aporte de PIB Regional) (Sector minero, periodo 2023-2055)	Aumento de la demanda minera ≥ 80% 40 < Aumento de la demanda minera < 80% Aumento de la demanda minera ≤ 40%	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	4	1	1	1	4	1	4
En la región de Atacama se destacan dos grandes embalses: el embalse Lautaro, situado en la cuenca del río Copiapó, y el Embalse Santa Juana, ubicado en la cuenca del río Huasco. Ambos embalses en conjunto tienen una capacidad total de 192 hectómetros cúbicos. Hasta febrero de 2023 el embalse más significativo, Santa Juana, mostraba un nivel de almacenamiento del 47,6%, mientras que el embalse Lautaro apenas alcanzaba el 3,1% de su capacidad. 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. Estos datos sugieren la necesidad de diversificar las fuentes de agua y planificar la gestión del recurso hídrico a largo plazo (mayor detalle en acápite 3.1.1.1 del estudio).	Disminución de aportes superficiales a grandes obras de acumulación (embalses).	Falta de una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos que garantice su disponibilidad a largo plazo, especialmente en áreas que enfrentan escasez.	Nivel de almacenamiento	No se identifican embalses o nivel de almacenamiento ≤ 50% 40 % < Nivel de almacenamiento < 70% Nivel de almacenamiento ≥ 70%	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4
En la región de Atacama se han implementado diversas 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, el aprovechamiento de aguas lluvias y la reutilización de aguas servidas, distribuidas en 5 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.	Carencia de infraestructura hídrica multipropósito y de obras de regulación y soluciones basadas en la naturaleza para proteger y restaurar las fuentes de agua, afectando la capacidad para impulsar la resiliencia climática.	Presencia de obras multipropósito para el abastecimiento de agua desde fuentes no convencionales	No existen proyectos para uso de fuentes no convencionales. Se planifica la implementación de obras multipropósito para uso de fuentes de agua no convencionales. Existe al menos una obra multipropósito para el uso de fuentes no convencionales.	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	1	1	1	4	4	4	1	1

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

Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

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

Tabla 4.2-4 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de Atacama

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
En la Región de Atacama, el valle del Huasco es una de las principales áreas agrícolas, donde la práctica ineficiente del uso de agroquímicos puede causar la contaminación de los recursos hídricos, especialmente en un entorno ya afectado por pasivos mineros y la falta de saneamiento rural.	Escaso manejo de contaminantes y pasivos ambientales en agricultura	Carencia de acciones para el manejo adecuado de superficies agrícolas y el monitoreo de humedales, lo que dificulta la aseguración de la disponibilidad y calidad del agua en áreas rurales y ecosistemas sensibles.	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	s/i	s/i	4	s/i	4	s/i	2	4	4	s/i
El deterioro de la calidad de agua debido a las descargas de aguas servidas en el área urbana y rural es una situación que se agrava con la escasez hídrica de la región. La región de Atacama, especialmente en áreas como Copiapó, sufre por la sobreexplotación de sus acuíferos y la falta de infraestructura adecuada para tratar las aguas residuales.	Deterioro de la calidad de aguas debido a las descargas de aguas servidas desde localidades rurales sin servicios de saneamiento	Falta de construcción de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, lo que impide la aseguración de la disponibilidad y calidad del agua en zonas urbanas y comunidades cercanas a fuentes de contaminación.	Cobertura de alcantarillado	70% de cobertura o inferior=Alta criticidad. 70 al 90%=Media criticidad. Sobre el 90%=Baja criticidad	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
En la Región de Atacama, la minería es el sector económico predominante, con yacimientos ubicados en cuencas como la del Río Copiapó y el Salar de Maricunga. La alta demanda hídrica derivada de esta actividad aumenta el riesgo de contaminación de los recursos hídricos. La información sobre los relaves mineros abandonados en la región será utilizada para evaluar la brecha en términos de contaminación potencial, considerando la vulnerabilidad de las cuencas a eventos hidroclimáticos extremos.	Riesgos de contaminación de las aguas por parte de sector industrial y minero asociado a eventos de crecidas e inundaciones	Deficiencia en la implementación de prácticas productivas sustentables que promuevan la adaptación al cambio climático, la conservación de áreas y ecosistemas sensibles, y en la forestación y revegetación urbana.	Demanda Hídrica Industrial: Datos de demanda hídrica proyectada (2023, 2025, 2035, 2045, 2055) para las cuencas de la región de Atacama. Relaves Mineros Abandonados: Información de la presencia de relaves mineros abandonados por cuenca, con un rango de criticidad basado en la cantidad de relaves (alta criticidad para 10 o más relaves).	Mas de 10 relaves abandonados o efluentes reportados=Alta criticidad. Entre 5 a 10 relaves o efluentes reportados= Media criticidad. Menor a 5 relaves abandonados o efluentes reportados =Baja criticidad.	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	4	1	4	1	1	1	4	2
En la Región de Atacama, la combinación de la actividad minera, la agricultura y la expansión urbana ha generado una alta presión sobre los ecosistemas acuáticos. La región también se ve afectada por la variabilidad climática extrema, lo que agrava los problemas relacionados con la calidad del agua y la supervivencia de los ecosistemas dependientes del recurso hídrico.	Ecosistemas adyacentes a sistemas acuáticos afectadas por cambio de uso de suelo	Deficiencia en la implementación de prácticas productivas sustentables que promuevan la adaptación al cambio climático, la conservación de áreas y ecosistemas sensibles, y en la forestación y revegetación urbana.	Nivel de cambio de uso de suelo basado en observaciones y análisis cualitativo de los mapas disponibles.	Alta criticidad: Observación de un cambio significativo y extenso de suelo natural a usos antropogénicos (ej. grandes áreas de deforestación, urbanización masiva). Media criticidad: Observación de un cambio moderado de suelo natural a usos antropogénicos (ej. expansión agrícola, crecimiento urbano moderado). Baja criticidad: Observación de un cambio leve o nulo de suelo natural a usos antropogénicos (ej. áreas protegidas, conservación predominante).	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	1	4	1	4	1	1	1	2	1
La carencia de normas secundarias de calidad ambiental en las aguas superficiales dificulta la restauración de cuerpos de agua en la región de Atacama, como el Río Copiapó, que enfrenta graves problemas de contaminación por actividades agrícolas y mineras. La implementación de normativas específicas es necesaria para proteger estos recursos hídricos vitales en un contexto de escasez hídrica.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas superficiales	-	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Superficiales	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2

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

Tabla 4.2-5 Brechas Estratégicas de conservación y preservación de los ecosistemas, por cuenca región de Atacama (continuación)

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
En Atacama, donde los acuíferos son fundamentales para la agricultura y la minería, la falta de normas secundarias específicas agrava la vulnerabilidad de estos recursos frente a la contaminación. Esto es particularmente preocupante en un contexto de escasez hídrica crónica.	Ausencia de norma secundaria de calidad de aguas subterráneas	-	Existencia de Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta criticidad: Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas Media criticidad: No Cuenta con Norma Secundaria de Aguas Subterráneas	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2
La Región de Atacama enfrenta retos en el monitoreo de calidad de aguas e hidrometría debido a la limitada infraestructura y recursos técnicos disponibles, lo que dificulta un monitoreo exhaustivo y constante de los cuerpos de agua en la región.	Deficiente monitoreo de parámetros relevantes de calidad de aguas	Carencia de telemetría para datos hidrológicos o redes de estaciones de monitoreo adaptadas a la cuenca y alineadas con estándares internacionales, limitando el acceso a datos espaciales y temporales confiables. Falta de estudios hidrogeológicos y de mayor monitoreo de los glaciares, los recursos criosféricos y sus vínculos con los ecosistemas y fuentes de agua, lo que dificulta la capacidad de anticipar y responder a eventos extremos, como inundaciones y deslizamientos de tierra	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 en altura o monitoreo de glaciares	Alta criticidad: Menos de 20 parámetros monitoreados y sin estaciones fluviométricas de altura o monitoreo de glaciares Media criticidad: Menos de 20 parámetros monitoreados o con al menos 1 estación fluviométrica de altura o de valle Baja criticidad: Más de 20 parámetros monitoreados	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	2	2	2	4	2	2	2	4	2
La Región de Atacama sufre una pérdida en la capacidad de sus ecosistemas para mantener la calidad del agua debido a la insuficiencia del caudal ambiental en los humedales interandinos, que son esenciales para la regulación de las aguas en un área con escasez hídrica.	Pérdida de capacidad natural de los ecosistemas para mejorar la calidad ambiental de las aguas superficiales.	Carencia de reglas y planes especializados dentro de los instrumentos de planificación territorial para proteger ecosistemas críticos relacionados con el agua, como orillas de lagos, riberas, canales y humedales, limitando su uso estratégico como corredores urbanos que podrían salvaguardar la biodiversidad regional. Falta de definición de los requisitos de caudal ambiental por cuenca individual y de acciones integrales para implementar y mantener estos caudales, lo que compromete la funcionalidad natural de los sistemas acuáticos.	Comparación de lo obtenido en la oferta hídrica y caudal de protección ambiental como: Oferta Hídrica / Caudal de Protección Ambiental	Alta Criticidad (4): Indicador Compuesto ≥ 3.5 Media Criticidad (2): 1.5 ≤ Indicador Compuesto < 3.5 Baja Criticidad (1): Indicador Compuesto < 1.5	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	s/i	s/i	s/i	4	s/i	s/i	s/i	4	s/i
Los humedales en la Región de Atacama, como el humedal de la laguna de Santa Rosa, son esenciales para la conservación de la biodiversidad y la regulación del agua en un entorno árido. La insuficiencia del caudal ambiental, combinada con la presión de actividades mineras y agrícolas, está contribuyendo a la degradación de estos ecosistemas y a la pérdida de sus servicios ecológicos.	Degradación y pérdida de servicios ecosistémicos provistos por humedales	Insuficiencia en la identificación y caracterización detallada de los paisajes naturales y seminaturales de la región, lo que afecta la capacidad de fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales. Deficiencia en el desarrollo de estudios en profundidad de los servicios ecosistémicos más relevantes proporcionados por los cuerpos de agua de la región, lo que limita la información crucial para guiar su gestión integrada y sostenible a nivel regional.	Cobertura de Protección de humedales = Superficie de Humedales Protegidos / Superficie Total de Humedales en la Cuenca. Considera cualquier tipo de Humedal informado en shape oficial de Ministerio de Medio Ambiente.	Alta Criticidad (4): Porcentaje de Protección < 5% Media Criticidad (2): 5% ≤ Porcentaje de Protección < 25% Baja Criticidad (1): Porcentaje de Protección ≥ 25%	Alta =4 Media =2 Baja =1	2	4	4	4	4	N/A	2	2	4	4

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

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

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

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

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

En la Tabla 4.2-6 se presentan las brechas estratégicas identificadas en la región y clasificadas para cada cuenca según el grado de criticidad de dicha brecha. El criterio es aplicado de acuerdo a una serie de indicadores que permiten establecer rangos de análisis cuantitativo para las brechas.

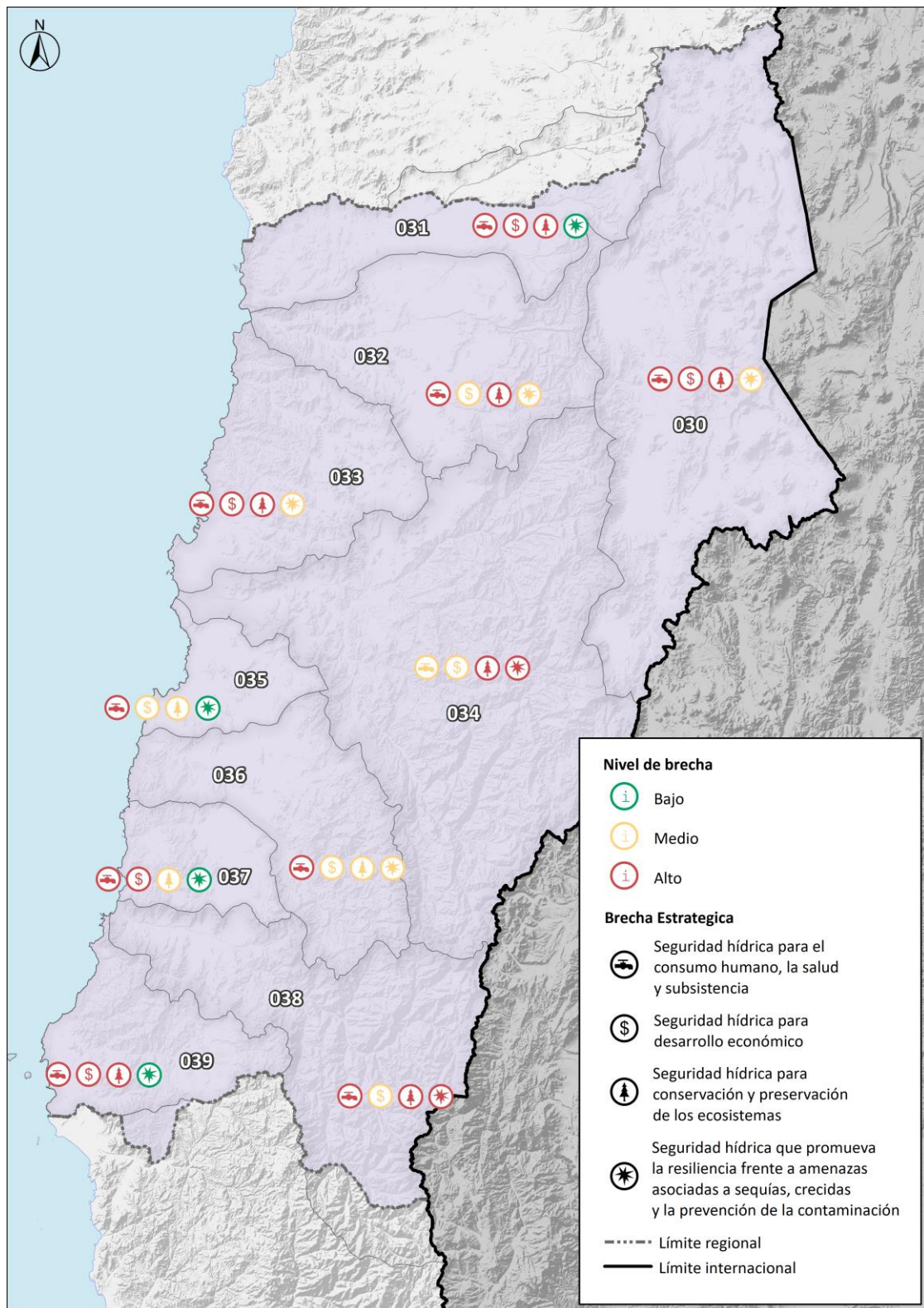
Tabla 4.2-6 Brechas Estratégicas resiliencia frente a amenazas asociadas a eventos extremos por cuenca región de Atacama

Justificación regional	Brechas Estratégicas Generales	Brechas Estratégicas Específicas Regionales	Indicador	Rango	Clasificación (qué tan crítica es la brecha)	Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico	Costeras Quebrada Pan de Azúcar - Río Salado	Río Salado	Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó	Río Copiapó	Costeras entre Río Copiapó y Quebrada Totoral	Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal	Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco	Río Huasco	Costeras e islas entre Río Huasco y Cuarta Región
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.	Baja efectividad de sistemas de drenaje de aguas lluvia	Deficiencia en la construcción de infraestructura fluvial y de drenaje resiliente en los principales centros poblados, lo que limita la capacidad de anticipación de inundaciones y la protección del territorio y las personas de los efectos del cambio climático.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección a eventos extremos (acápite 2.3.2). Se incluye la ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca.	Variación porcentual sobre 50% de Pp24 en eventos extremos u Ocurrencia Histórica (Inundación o Aluvión) Variación porcentual entre 10 y 50% de Pp24 en eventos extremos Variación porcentual bajo el 10% de Pp24 en eventos extremos	Alta =4 Media =2 Baja =1	4	4	4	2	4	2	4	2	4	2
Dentro de la región se presentan diversas obras fluviales de canalización de río, control aluvional entre otros. Contando con 18 tranques de retención de sedimentos. No obstante, no se observan planes de infraestructura de resiliencia vinculantes, que cumplan con los objetivos de los planes de riesgo de la región.	Aumento del impacto de eventos de crecida asociado a precipitaciones intensas.	Falta de infraestructura resiliente y sostenible que integre medidas para mitigar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos.	Variación porcentual de las precipitaciones históricas y su proyección en relación a la densidad poblacional de la cuenca. Se incluye la ocurrencia de eventos de inundación o aluvionales por cuenca (acápite 2.3.2)	Densidad poblacional >= 100 h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp o Ocurrencia u Ocurrencia Histórica (Inundación o Aluvión) Densidad poblacional entre > 10h/km2 y <100 h/km2 y media variabilidad porcentual de pp Densidad poblacional <10h/km2 y alta/media variabilidad porcentual de pp	Alta =4 Media =2 Baja =1	1	1	1	2	4	1	1	1	4	1
Dentro de la región se presentan diversas obras fluviales de canalización de río, control aluvional entre otros. Contando con 18 tranques de retención de sedimentos. No obstante, no se observan planes de infraestructura de resiliencia vinculantes, que cumplan con los objetivos de los planes de riesgo de la región.	Aumento del impacto por eventos de deslizamientos de tierra sobre infraestructura y poblaciones.	Falta de infraestructura resiliente y sostenible que integre medidas para mitigar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos.	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	1	1	2	1	1	1	1	1	1

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

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 Atacama

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 a través de la implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes, que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente aquellas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Esto incluye la planificación y construcción de infraestructura integrada básica, la ampliación de la red de alcantarillado, y la gestión eficiente de los recursos hídricos para mejorar la calidad de vida, promover la equidad social e igualdad de oportunidades, con especial atención a las necesidades de género y a la diversidad de contextos territoriales.
- Mejorar el bienestar de la población, particularmente en zonas vulnerables que enfrentan escasez de agua, mediante la promoción de soluciones innovadoras y sostenibles para el suministro de agua y el saneamiento. Esto abarca estrategias clave como: reducir la vulnerabilidad mejorando el acceso a agua potable y servicios de saneamiento, especialmente en zonas rurales; promover la equidad asegurando el acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento; proteger el medio ambiente mediante el tratamiento y la reutilización de aguas residuales; generar nuevas fuentes de agua mediante la exploración de alternativas como la recolección de nubes, la desalinización y el reciclaje de aguas grises; e invertir en investigación e innovación para identificar soluciones de gestión del agua eficientes, sostenibles y asequibles.

ii. Dimensión para la producción sostenible y eficiencia hídrica

- Impulsar un desarrollo económico sostenible y resiliente al clima en la región, implementando una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos para garantizar su disponibilidad a largo plazo, especialmente en áreas que enfrentan escasez. Esto implica fortalecer sectores económicos alineados con la vocación minera de la región y actividades prioritarias como el turismo, la pesca y la agricultura. La resiliencia climática se logrará mediante la implementación de infraestructura hídrica multipropósito, utilizando obras de regulación y soluciones basadas en la naturaleza para proteger y restaurar las fuentes de agua.
- Desarrollar ventajas tecnológicas vinculadas a los recursos naturales y el capital humano, promoviendo una transición social y ecológicamente justa para la gestión sostenible de los recursos hídricos a nivel de cuenca. Este enfoque múltiple implica fomentar prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua, patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua; también implica modernizar la infraestructura hídrica, permitiendo múltiples usos del agua y su reciclaje. Para esto la región deberá contar con recursos físicos y tecnológicos adecuados para permitir una gestión del agua eficiente, efectiva, innovadora y basada en la calidad, con prioridad en la inversión sostenible en las dimensiones económica, social y de protección ambiental, al tiempo que genera resiliencia a los impactos del cambio climático a lo largo de los años.

iii. Dimensión para la conservación y preservación de los ecosistemas

- Garantizar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura, los sistemas económicos productivos y los asentamientos humanos, armonizando al mismo tiempo la protección de la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas. Esto implica implementar prácticas y tecnologías para el uso sustentable de la tierra, restaurar áreas degradadas y emplear una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos, asegurando la disponibilidad y calidad del agua. Esto se logrará mediante acciones como el manejo adecuado de superficies agrícolas, el monitoreo de humedales, la construcción de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y la implementación de prácticas productivas sustentables para la adaptación al cambio climático, la conservación de áreas y ecosistemas sensibles, y la forestación y revegetación urbana.
- Mejorar la gestión de datos sobre el agua y establecer infraestructura para monitorear su calidad y proteger los ecosistemas acuáticos, esto a través del uso de telemetría para datos hidrológicos o redes de estaciones de monitoreo de la calidad para aguas superficiales y subterráneas adaptadas a la cuenca y alineadas con estándares internacionales para brindar información detallada sobre el

comportamiento de las fuentes hídricas para la toma de decisiones. Asimismo, se busca promover el desarrollo de estudios hidrogeológicos y un mayor monitoreo de los glaciares, los recursos criosféricos y sus vínculos con los ecosistemas y fuentes de agua. Con esto también se espera adquirir datos espaciales y temporales confiables para anticipar y responder a eventos extremos, como inundaciones y deslizamientos de tierra, que amenazan a la población y sistemas productivos.

- Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales mediante la promoción de la identificación y caracterización detallada de los paisajes naturales y seminaturales de la región, y la incorporación de reglas y planes especializados dentro de los instrumentos de planificación territorial para proteger ecosistemas críticos relacionados con el agua, como orillas de lagos, riberas, canales y humedales, al tiempo que se espera promover su uso estratégico como corredores urbanos que pueden salvaguardar la biodiversidad regional. También se espera promover la definición de los requisitos de caudal ambiental por cuenca individual y desarrollar acciones integrales para implementar y mantener estos caudales, lo cual será fundamental para sostener la funcionalidad natural de los sistemas acuáticos. Además, fomentar el desarrollo de estudios en profundidad de los servicios ecosistémicos más relevantes proporcionados por los cuerpos de agua de la región proporcionará información crucial para guiar su gestión integrada y sostenible a nivel regional.

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

- Desarrollar e implementar infraestructura resiliente y sostenible que integre medidas para mitigar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, como promover el uso sostenible del suelo, mejorar la infraestructura verde y fomentar las soluciones basadas en la naturaleza. Esto contribuirá a mejorar la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales, proteger el territorio y las personas de los efectos del cambio climático, y facilitará garantizar la seguridad y continuidad de las actividades productivas. Además, se espera impulsar la construcción de infraestructura fluvial y de drenaje resiliente en los principales centros poblados, mejorar la capacidad de anticipación de inundaciones y adaptar la infraestructura turística y las obras hidráulicas para resistir eventos extremos.
- Desarrollar infraestructura de servicios adaptada a los roles y jerarquías de los centros poblados, reconociendo los contextos ecosistémicos, culturales y patrimoniales locales, y promoviendo una cobertura integral y estándares de calidad. Con esto se espera promover una adecuada planificación de nuevas áreas urbanas y rurales que permitan mitigar los impactos sobre el medio natural, e impulsar edificaciones públicas resilientes y prioritarias, preservando el patrimonio de la región.

4.3.1.2 Acciones o Iniciativas 2010-2022

En análisis de las iniciativas estratégicas de inversión en la región de Atacama (ver acápite 3.1.2) se identificaron un total de 133 iniciativas entre 2010 y 2022, distribuidas en conservación de recursos hídricos, consumo humano, desarrollo económico y resiliencia ante eventos extremos. Las iniciativas de infraestructura hídrica estructural corresponden, principalmente, a redes hidrométricas, producción y distribución de agua potable y tratamiento de aguas servidas, defensa fluvial y aluvional, desalinización, infraestructura de riego, infraestructura de distribución de agua, obras de acumulación de agua, reúso de aguas residuales, trasvase de aguas, recarga de acuíferos y conservación de riberas. Cabe señalar que, en el caso de las iniciativas regionales, se han aplicado para todas las cuencas de la región.

Con el objetivo de vincular las iniciativas catastradas, con los objetivos estratégicos regionales y las brechas estratégicas brechas estratégicas identificadas en el acápite 4.2, se presentan en la Tabla 4.3-1 las tipologías de iniciativas y las medidas asociadas que potencialmente podrían resolver las brechas estratégicas.

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

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
D1. Derecho humano al agua, saneamiento y consumo humano de subsistencia	Garantizar el derecho humano al agua a través de la implementación de servicios de infraestructura sostenibles y eficientes, que aseguren el acceso al agua potable y saneamiento adecuado para todas las comunidades, especialmente aquellas en zonas marginales o de difícil acceso, tanto en áreas urbanas como rurales. Esto incluye la planificación y construcción de infraestructura integrada básica, la ampliación de la red de alcantarillado, y la gestión eficiente de los recursos hídricos para mejorar la calidad de vida, promover la equidad social e igualdad de oportunidades, con especial atención a las necesidades de género y a la diversidad de contextos territoriales.	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
	Mejorar el bienestar de la población, particularmente en zonas vulnerables que enfrentan escasez de agua, mediante la promoción de soluciones innovadoras y sostenibles para el suministro de agua y el saneamiento. Esto abarca estrategias clave como: reducir la vulnerabilidad mejorando el acceso a agua potable y servicios de saneamiento, especialmente en zonas rurales; promover la equidad asegurando el acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento; proteger el medio ambiente mediante el tratamiento y la reutilización de aguas residuales; generar nuevas fuentes de agua mediante la exploración de alternativas como la recolección de nubes, la desalinización y el reciclaje de aguas grises; e invertir en investigación e innovación para identificar soluciones de gestión del agua eficientes, sostenibles y asequibles.	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	Impulsar un desarrollo económico sostenible y resiliente al clima en la región, implementando una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos para garantizar su disponibilidad a largo plazo, especialmente en áreas que enfrentan escasez. Esto implica fortalecer sectores económicos alineados con la vocación minera de la región y actividades prioritarias como el turismo, la pesca y la agricultura. La resiliencia climática se logrará mediante la implementación de infraestructura hídrica multipropósito, utilizando obras de regulación y soluciones basadas en la naturaleza para proteger y restaurar las fuentes de agua.	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
	Desarrollar ventajas tecnológicas vinculadas a los recursos naturales y el capital humano, promoviendo una transición social y ecológicamente justa para la gestión sostenible de los recursos hídricos a nivel de cuenca. Este enfoque múltiple implica fomentar prácticas agrícolas e industriales eficientes en el uso del agua, patrones de producción con menores requerimientos de agua y tecnologías innovadoras que mejoren el uso racional y sostenible del agua; también implica modernizar la infraestructura hídrica, permitiendo múltiples usos del agua y su reciclaje. Para esto la región deberá contar con recursos físicos y tecnológicos adecuados para permitir una gestión del agua eficiente, efectiva, innovadora y basada en la calidad, con prioridad en la inversión sostenible en las dimensiones económica, social y de protección ambiental, al tiempo que genera resiliencia a los impactos del cambio climático a lo largo de los años.	Infraestructura de riego	Estudios para la conservación obras de riego Estudio sistemas de riego	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Infraestructura de distribución de agua	Estudio obras de distribución de aguas	Creación de capital humano Análisis situación legal DAA
		Captación de aguas	Incentivos para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico Estudio hidrológico o hidrogeológico para disponibilidad hídrica	Campañas para el recambio cultivos de menor requerimiento hídrico
		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

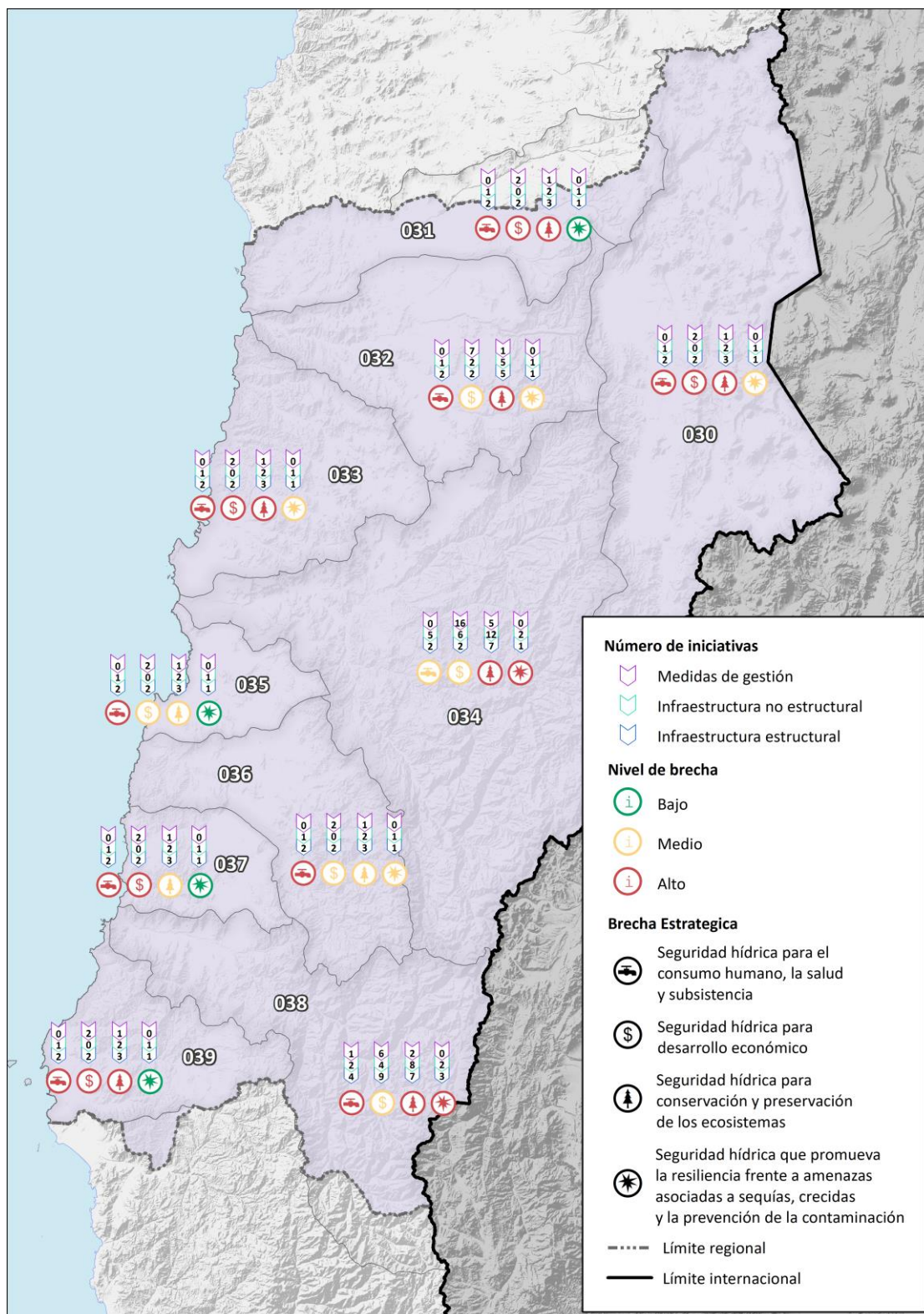
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3-1 Tipología de iniciativas asociadas a resolver brechas estratégicas en la región de Atacama (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	Garantizar la distribución equitativa y sostenible de los servicios de infraestructura, los sistemas económicos productivos y los asentamientos humanos, armonizando al mismo tiempo la protección de la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas. Esto implica implementar prácticas y tecnologías para el uso sustentable de la tierra, restaurar áreas degradadas y emplear una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos, asegurando la disponibilidad y calidad del agua. Esto se logrará mediante acciones como el manejo adecuado de superficies agrícolas, el monitoreo de humedales, la construcción de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y la implementación de prácticas productivas sustentables para la adaptación al cambio climático, la conservación de áreas y ecosistemas sensibles, y la forestación y revegetación urbana.	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
		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
	Mejorar la gestión de datos sobre el agua y establecer infraestructura para monitorear su calidad y proteger los ecosistemas acuáticos, esto a través del uso de telemetría para datos hidrológicos o redes de estaciones de monitoreo de la calidad para aguas superficiales y subterráneas adaptadas a la cuenca y alineadas con estándares internacionales para brindar información detallada sobre el comportamiento de las fuentes hídricas para la toma de decisiones. Asimismo, se busca promover el desarrollo de estudios hidrogeológicos y un mayor monitoreo de los glaciares, los recursos criosféricos y sus vínculos con los ecosistemas y fuentes de agua. Con esto también se espera adquirir datos espaciales y temporales confiables para anticipar y responder a eventos extremos, como inundaciones y deslizamientos de tierra, que amenazan a la población y sistemas productivos. Fortalecer los servicios ecosistémicos esenciales mediante la promoción de la identificación y caracterización detallada de los paisajes naturales y seminaturales de la región, y la incorporación de reglas y planes especializados dentro de los instrumentos de planificación territorial para proteger ecosistemas críticos relacionados con el agua, como orillas de lagos, riberas, canales y humedales, al tiempo que se espera promover su uso estratégico como corredores urbanos que pueden salvaguardar la biodiversidad regional. También se espera promover la definición de los requisitos de caudal ambiental por cuenca individual y desarrollar acciones integrales para implementar y mantener estos caudales, lo cual será fundamental para sostener la funcionalidad natural de los sistemas acuáticos. Además, fomentar el desarrollo de estudios en profundidad de los servicios ecosistémicos más relevantes proporcionados por los cuerpos de agua de la región proporcionará información crucial para guiar su gestión integrada y sostenible a nivel regional.	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	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	Estudio 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 e implementar infraestructura resiliente y sostenible que integre medidas para mitigar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, como promover el uso sostenible del suelo, mejorar la infraestructura verde y fomentar las soluciones basadas en la naturaleza. Esto contribuirá a mejorar la capacidad de adaptación de los ecosistemas locales, proteger el territorio y las personas de los efectos del cambio climático, y facilitará garantizar la seguridad y continuidad de las actividades productivas. Además, se espera impulsar la construcción de infraestructura fluvial y de drenaje resiliente en los principales centros poblados, mejorar la capacidad de anticipación de inundaciones y adaptar la infraestructura turística y las obras hidráulicas para resistir eventos extremos.	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 04.04, y que pudiesen resolver alguna de las diferentes brechas de seguridad hídrica identificadas en el 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 Atacama

4.3.1.3 Incertidumbres

i. Sobre factores técnicos y disponibilidad de información

El análisis de las obras de infraestructura en la región de Atacama revela una falta de información en la mayoría de las iniciativas identificadas que se encuentra en el Anexo 04.05. Esta carencia de información específica por cada iniciativa genera incertidumbre sobre aspectos clave como el alcance, la viabilidad y la efectividad de dichas obras.

Se destaca el caso de la 'Construcción del Embalse Cabecera El Carmen' en la cuenca del río Huasco, se indica que hay falencias en la presentación de la información como presupuesto, planificación y evaluación de impacto. Además, se destaca la necesidad de clarificar la estimación de seguridad de riego, abordar inconsistencias en la definición del problema y evaluar el impacto ambiental. Por otra parte, se solicitó un análisis detallado de costos, metodologías utilizadas y datos actualizados para respaldar las proyecciones. Por lo cual, esta presentación obstaculiza una adecuada evaluación de la viabilidad y efectividad de esta obra, así como la identificación de posibles riesgos y desafíos.

Se destaca la necesidad urgente de una mayor disponibilidad de información por parte de las entidades responsables, con el fin de mejorar la planificación y gestión de proyectos de infraestructura hídrica en la región de Atacama.

ii. Sobre factores socio-ambientales

En el contexto de los conflictos por el agua en Chile, se presentan a continuación una serie de casos emblemáticos de la región de Atacama que ilustran las tensiones entre el desarrollo económico y la preservación ambiental. Estos casos reflejan la complejidad de la gestión de recursos hídricos en el país y destacan la importancia de abordar estos desafíos con políticas públicas y medidas adecuadas.

En la región de Atacama, varios conflictos socio-ambientales han surgido debido a la escasez de agua y la competencia por su uso entre la agricultura, la minería y otras actividades económicas (S. Larraín, 2010). Estos son algunos de los principales casos identificados:

- Competencia por el agua entre agricultura y minería: La creciente demanda de agua para la minería ha generado tensiones con la agricultura, especialmente en las cuencas de los ríos Loa y Copiapó. Se anticipa que esta competencia se intensificará debido a la expansión minera y los efectos del cambio climático.
- Conflictos con comunidades locales: Las comunidades indígenas y campesinas han enfrentado a las empresas mineras durante décadas, especialmente ante la

perspectiva de una mayor expansión minera en la región. La competencia por el agua se intensifica y se prevén impactos negativos para estas comunidades.

- Contaminación en la Bahía de Chañaral: Desde 1938, la actividad minera ha provocado impactos ambientales en la Bahía de Chañaral, con vertidos de relaves que han contaminado el mar y la costa, afectando incluso al Parque Nacional Pan de Azúcar.
- Contaminación del Río Salado: Los estudios revelan una grave contaminación en el Río Salado, con niveles de cobre, sulfatos, cloruros y sodio que exceden los límites legales, afectando la salud pública y el ecosistema en Chañaral.
- Proyecto minero Pascua Lama: En una actualización del 14 de julio de 2022, la Corte Suprema ratificó el cierre definitivo del proyecto Pascua Lama de Barrick, luego de que organizaciones acusaran al proyecto de afectar la disponibilidad de agua en la zona y de tener un impacto negativo en los glaciares chilenos. Entre las faltas que llevaron al cierre en 2018, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) señaló la afectación de especies de fauna y flora nativa, la monitorización incompleta de glaciares y la descarga de aguas ácidas al río Estrecho sin cumplir con las normas de calidad del agua. En 2020, el Primer Tribunal Ambiental había reiterado la clausura total que se aprobó en 2018.
- La Región de Atacama, en particular Copiapó, enfrenta una crisis hídrica y ambiental debido al otorgamiento indiscriminado de derechos de agua a lo largo de los años por parte de la Dirección General de Aguas, lo que ha llevado a una sobreexplotación de los recursos hídricos de la cuenca del río Copiapó. La extracción de agua se destina principalmente al riego agrícola y la actividad minera, concentrando los derechos de agua en manos de estas actividades económicas sin considerar el impacto ambiental y comunitario. La falta de regulación adecuada ha agotado los acuíferos y reducido el caudal del río, mientras que la comunidad local exige una gestión más responsable. Sin embargo, la inacción estatal y un marco legal obsoleto como el Código de Aguas de 1981 perpetúan el problema, con proyecciones alarmantes de escasez de agua potable en el futuro cercano si no se toman medidas urgentes para una planificación integral y sostenible del uso del agua con la participación de todos los sectores involucrados.

Cabello en su estudio de “Reservas, recursos y exploración del litio en Salares del Norte” (2022) indica que se han revelado estimaciones preliminares de recursos minerales considerables en la zona, lo que posiciona a Chile como un actor relevante en la industria del litio a nivel mundial. Con la creciente demanda de litio para la fabricación de baterías de vehículos eléctricos y otros dispositivos electrónicos, se espera que la extracción de litio en la región se intensifique en los próximos años. Esta situación plantea la necesidad urgente de abordar la gestión sostenible del agua y los potenciales conflictos

socioambientales que puedan surgir como resultado de la competencia por este recurso entre la minería, la agricultura y otras actividades económicas en la región de Atacama (Cabello, 2022). El potencial de litio en la región de Atacama, particularmente en salares como el de Aguilar, implica un consumo significativo de agua, lo que aumenta la presión sobre los ya escasos recursos hídricos en la región.

En conclusión, estos casos emblemáticos destacan la urgente necesidad de abordar los desafíos en la gestión de recursos hídricos en la región de Atacama, así como la importancia de implementar políticas públicas y medidas adecuadas para proteger el medio ambiente y los derechos de las comunidades afectadas.

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 04.05.

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 04.07, se presenta el detalle por tipo de inversión.

Tabla 4.3-2 Universo y metas de infraestructura según tipología en la región de Atacama

Código TP	Tipología de Proyecto (TdP)	N° inversiones	Universo	Metas
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	31	Población sin Abastecer 2055	-
1-2	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	29	Población sin Abastecer 2055	-
1-3	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	12	Total de APR existentes y Proyectados 2055	-
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	27	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	20	Planes de Recursos Hídricos y Riego según Vigencia	-
2-2	Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras	3	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	8	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	10	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	13	Aguas recolectadas y tratadas en Sistemas APR y APU de emisarios submarinos	-
2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones; Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios; Plan de Seguimiento a Planes de Riego	4	Cuantificado según número de inversiones	-
2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego; Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego; Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	27	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	25	Cuantificado según número de inversiones	-
3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Calidad de Aguas en Cuencas	20	Cuantificado según número de inversiones	-
3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	12	Cuantificado según número de inversiones	-
3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	3	Cuantificado según número de inversiones	-
3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	16	Cuantificado según número de inversiones	-
3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas	19	Cuantificado según número de inversiones	-
4-1	Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces	20	-	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	8	Priorizar ejecución de estudios	-
5-1	Diseño, Construcción de Obras de Control Aluvional en Cauces y Quebradas	10	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	17	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	11	Planes de Aguas Lluvia según Vigencia y N° de habitantes sector Urbano	Rendimiento de avance a validar con región (1 km-año)

Fuente: Elaboración propia

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

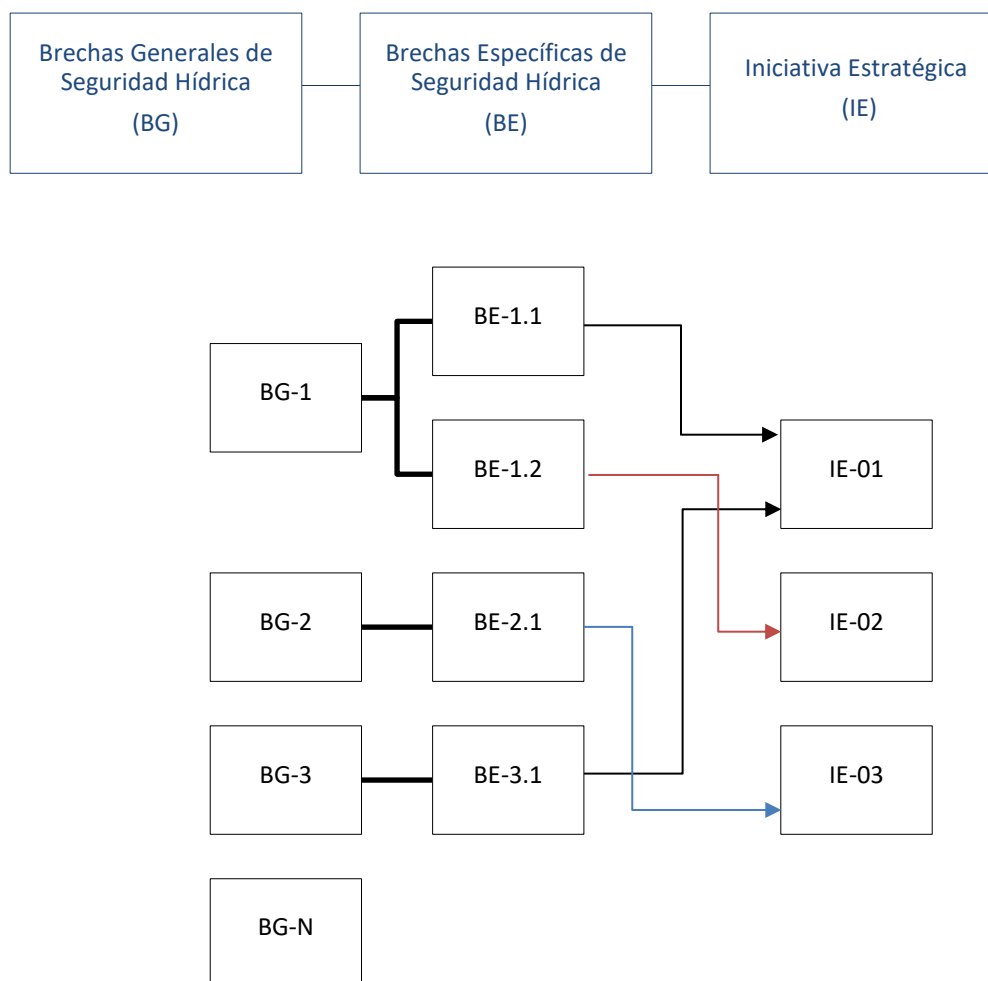
En el presente acápite se identifican las iniciativas estratégicas y sus carpetas de pre/inversión hídrica a considerar en una planificación prospectiva a 2055.

En el Anexo 04.07 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 (ATA), *INI – EST* la abreviación de “Iniciativas Estratégica” y *NN* un número correlativo.

Para esta región se han identificado las siguientes iniciativas estratégicas:

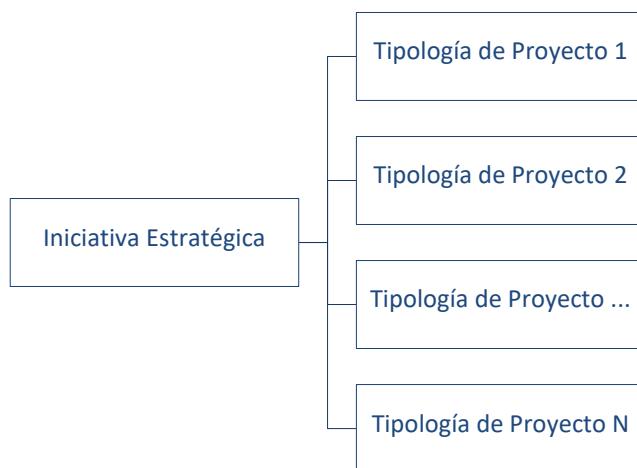
Tabla 5.1-1 Iniciativas Estratégicas

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

Fuente: Elaboración propia

5.2 TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS

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


Figura 5.2-1 Diagrama Composición Iniciativas Estratégicas

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

Tabla 5.2-1 Tipologías de Proyectos por Iniciativas Estratégicas

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

Fuente: Elaboración propia

5.3 CONFORMACIÓN DE LA CARTERA DE PRE/INVERSIONES

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

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

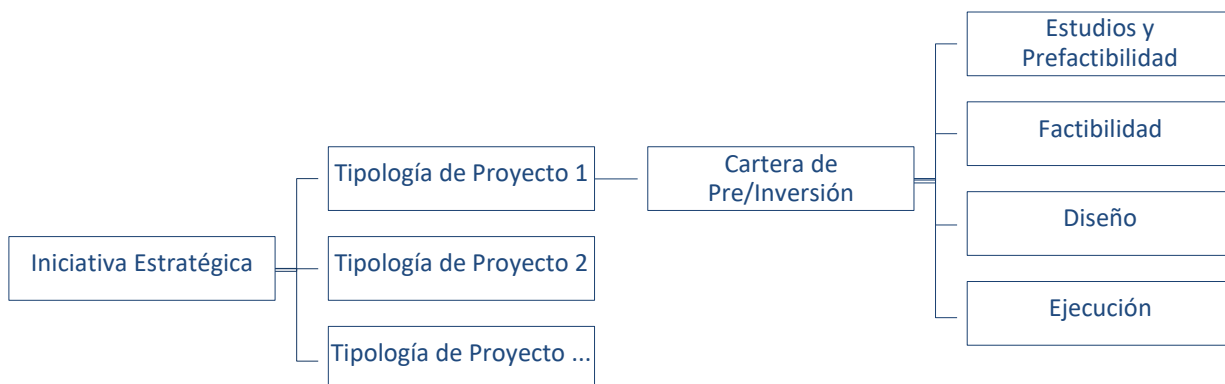


Figura 5.3-1 Diagrama Estructura Iniciativas Estratégica, Tipología de Proyectos y Cartera de Pre/Inversiones

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

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

Con esta información se consideraron los siguientes pasos:

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

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

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

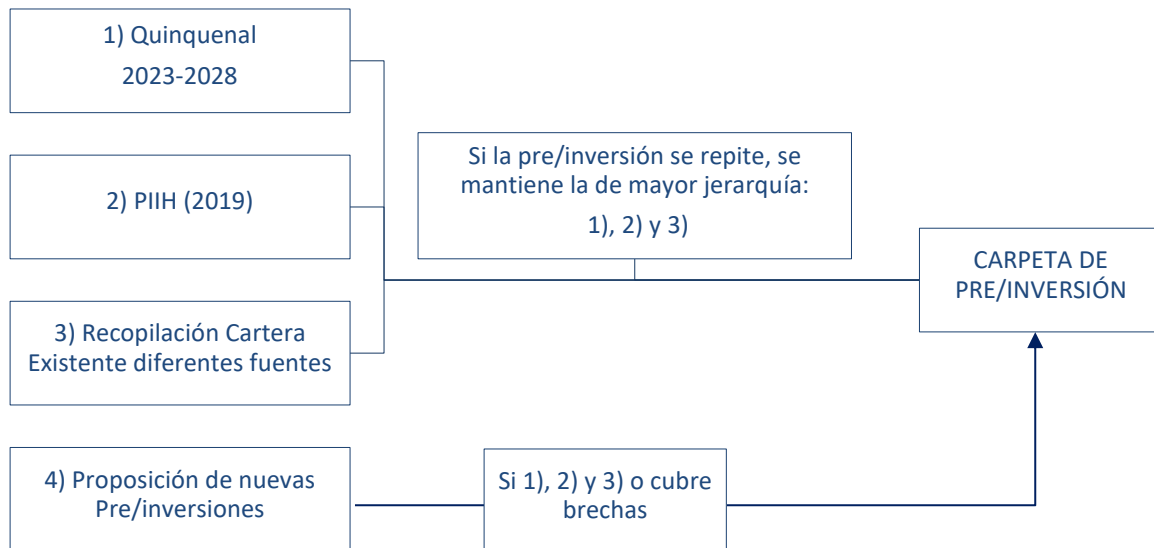


Figura 5.3-2 Diagrama de Composición de Cartera de Pre/inversión

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 ATA-INI-EST-01

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
1-1	Diseño, Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural	A partir de proyección de Demanda APR sin abastecimiento, informada en capítulo 2.2.2, se define el número total de arranques promedio de los sistemas de APR y cantidad por cuenca y comuna.
1-2	Implementación de Sistemas Operacionales de Telemetría y Control en Sistemas de Agua Potable Rural	No se proyectan ampliaciones al sistema, ya que el aumento se considera en 1.1.
1-3	Ampliación y/o Mejoramiento de Servicios Existentes de Agua Potable Rural	Se propone proyectar al menos un sistema de telemetría y Control por Cuenca
1-4	Diseño, Construcción de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Servidas en Servicios Sanitarios Rurales	A partir de Minuta "Estimación Brecha de SSR. RRP/18.08.2024" y proyección de nuevas APR en 1.1, se estima el total de proyectos a desarrollar para cubrir la brecha existente. Ver Anexo 04.07.

Fuente: Elaboración propia

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

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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
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.
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 ATA-INI-EST-03 y ATA-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 04.07). 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 04.07
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,

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		además de encontrarse a grandes elevaciones y ser en su mayoría rocosos, por lo que se proponen estaciones a partir del norte chico en glaciares de montaña, de valle o efluentes, de dimensiones importantes y relativamente accesibles, en base a IPG (DGA, 2022). Así y todo, algunas ubicaciones propuestas para zona austral son accesibles únicamente vía marítima, como es el caso de algunas ya existentes en la zona. Detalles en Anexo 04.07.
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 ATA-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 ATA-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

Código	Descripción Tipología	Criterios para la determinación de las iniciativas a proyectar
		aluvionales de acuerdo a las características de la cuenca y considerando una inversión probable en 10 años.

Fuente: Elaboración propia

Se han evaluado las propuestas de proyectos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y aquellas consideradas innovadoras según el estudio "Análisis de Inversión en Infraestructura y Gestión Hídrica" del Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas para los años 2020-2050 en la región de Atacama. Aunque solo se destaca una propuesta como innovadora en el estudio, se incluyen en esta sección otras iniciativas en cartera identificadas como innovadoras.

La iniciativa mencionada en el estudio es la Termoeléctrica-Desaladora Huasco, la cual es relevante para la gestión del agua en la región debido a su enfoque en la desalación y el uso de energía renovable no convencional. Además, se pueden señalar como propuestas innovadoras el proyecto de construcción del Embalse de Cabecera en el Río Copiapó y el programa de Telemetría y Automatización de Compuertas en la cuenca de Copiapó. En el listado de iniciativas en cartera que podrían clasificarse como innovadoras se incluyen las siguientes:

- Traslase por mar o "Proyecto Aquatacama" (Río Copiapó)
- Desalación mediante osmosis inversa producida con energía renovable (Río Copiapó)
- Microfiltración (MF) (Río Copiapó)
- Reuso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos (Río Copiapó)
- Reutilización de agua residual rural (Río Copiapó)
- Humedal artificial superficial (Río Copiapó)
- Humedal artificial subsuperficial (Río Copiapó)
- Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas (Río Copiapó)
- Tratamientos biológicos de compuestos con nitrógeno (Río Copiapó)
- Purificación de agua con tecnología de plasma (Río Copiapó)

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
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

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
23	NE-4-04	2	2-3	Eficiencia en el Uso del Agua - Fomento de Eficiencia Hídrica en Riego - Fomento de Eficiencia Hídrica en Agua Potable Urbana	Nuevas tecnologías para el consumo eficiente	Ejecución-Prefactibilidad	150.000	no
24	ES-2-04.1				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Factibilidad	150.000	no
25	ES-2-04				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Diseño	150.000	no
26	ES-2-12				Normalización Elementos eficientes en el Sistema APR	Ejecución	2.500.000	no
27	ES-7-01	2	2-4	Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos	Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Factibilidad	150.000	no
28	ES-7-02				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Diseño	200.000	no
29	ES-7-03				Construcción Obras para la Recuperación y Recarga de acuíferos, Cuenca	Ejecución	1.500.000	no
30	ES-2-03	2	2-5	Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas Urbanas para Riego	Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Factibilidad	150.000	si
31	ES-2-11				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Diseño	280.000	si
32	ES-2-11.1				Construcción Sistema de reúso de Aguas, Cuenca	Ejecución	2.500.000	si
33	NE-2-03	2	2-6	Desarrollo de Regularización de DAA en Captaciones Promoción y Conformación de Organizaciones de Usuarios Plan de Seguimiento a Planes de Riego	Medida de gestión: Programa de reforzamiento de OUA	Medida de Gestión	250.000	no
34	ES-3-05.1				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Factibilidad	200.000	no
35	ES-3-05				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Diseño	250.000	no
36	ES-3-08				Mejoramiento Tecnológico Sistema de Riego, Cuenca	Ejecución	4.000.000	no
37	NE-4-02	2	2-7	Diseño, Construcción de Grandes Obras de Riego. Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego. Conservación de Obras Fiscales y No Fiscales de Riego	Diagnóstico de Recursos Hídricos y Demanda de Riego	Ejecución-Prefactibilidad	380.000	no
38	ES-3-01				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Factibilidad	210.000	no
39	ES-3-03				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Diseño	350.000	no
40	ES-3-06				Construcción Obras medianas de Riego, Cuenca	Ejecución	2.600.000	no
41	ES-3-09				Conservación obras medianas de riego, Cuenca	Ejecución	3.000.000	no
42	ES-3-02				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Factibilidad	650.000	no
43	ES-3-04				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Diseño	2.000.000	no
44	ES-3-07				Construcción Obras mayores de Riego, Cuenca	Ejecución	35.000.000	no
45	ES-3-10				Conservación grandes obras de riego, Cuenca	Ejecución	4.500.000	no
46	ES-1-04	3	3-1	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones	Conservación redes Hidrométricas (Anual)	Ejecución	100.000	no
47	ES-1-01.1				Construcción Estación Fluvimétrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	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
48	ES-1-01.2			Fluviométricas en Cauces y/o Canales	Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Diseño	40.000	no
49	ES-1-01				Construcción Estación Fluviométrica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-2	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
50	ES-1-01.1	3	3-3	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Meteorológicas	Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
51	ES-1-01.2				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Diseño	40.000	no
52	ES-1-01				Construcción Estación Meteorológica, Cuenca	Ejecución	198.000	no
53	ES-1-01.1	3	3-4	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones de Monitoreo de Glaciares y Nieves	Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
54	ES-1-01.2				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Diseño	40.000	no
55	ES-1-01				Construcción Estación de Monitoreo de Glaciares y Nieve, Cuenca	Ejecución	198.000	no
56	ES-1-03.1	3	3-5	Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Pozos de Observación	Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Factibilidad	10.000	no
57	ES-1-03.2				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Diseño	10.000	no
58	ES-1-03				Construcción Estación piezométrica, Cuenca	Ejecución	50.000	no
59	NE-2-01	3	3-6	Desarrollo e Implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuenas	Medida de gestión: Seminarios y talleres	Medida de Gestión	20.000	no
60	NE-2-02				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	60.000	no
61	NE-4-06				Medida de gestión: Programas de Capacitación y Seguimiento	Medida de Gestión	200.000	no
62	NE-4-05				Implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo integral	Ejecución-Prefactibilidad	250.000	no
63	NE-3-02	4	4-1	Conservación y restauración de riberas, cauces y humedales	Estudio de Erosión y arrastre de sedimentos y sus efectos ambientales, económicos y sociales en el territorio	Ejecución	150.000	si
64	NE-3-01				Estudio Definición de franjas de restricción y Prohibición por riesgo de inundación, erosión u otro	Ejecución	350.000	si
65	NE-3-03				Estudio de Reforestación y forestación de cuencas en sectores con riesgo de erosión	Ejecución	150.000	si
66	ES-4-07.1				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Factibilidad	200.000	si
67	ES-4-07.2				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Diseño	200.000	si
68	ES-4-07				Mejoramiento de Riberas y/o orillas Naturales, río	Ejecución	3.000.000	si
69	ES-4-06.1				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Factibilidad	100.000	si
70	ES-4-06.2				Construcción de Obras de Regulación e Infiltración, en Cuenca	Diseño	150.000	si

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
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 Drenaje de Aguas Lluvias	Plan Maestro de Aguas Lluvias o Actualización, Ciudad de	Ejecución-Prefactibilidad	350.000	no
88	ES-5-02				Construcción Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Factibilidad	250.000	no
89	ES-5-03				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Diseño	300.000	no
90	ES-5-04				Construcción Sistema de Colectores de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	2.460.000	no
91	ES-5-05				Construcción Estero/Canal de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	3.400.000	no
92	ES-5-07				Conservación Sistema de Aguas Lluvias, Ciudad de	Ejecución	1.100.000	no

Fuente: Elaboración propia

5.5 VALORIZACIÓN DE INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad y costos totales de inversión propuesta por Iniciativa Estratégica para dar respuesta a las brechas identificadas en la región. Es importante destacar que no es viable realizar el total de inversiones de manera simultánea, tanto por la magnitud de recursos económicos, mano de obra y control. Es por ello que en el siguiente Capítulo se realiza la priorización de los proyectos en función de las necesidades más inmediatas. La planilla con el detalle de la cartera de inversiones de cada Iniciativa Estratégica se presenta en el Anexo 04.07.

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\$)
ATA-INI-EST-01	99	146.150.868
ATA-INI-EST-02	85	167.995.340
ATA-INI-EST-03	95	55.720.861
ATA-INI-EST-04	28	43.887.886
ATA-INI-EST-05	38	124.800.039
TOTAL	345	538.554.994

Fuente: Elaboración propia

5.6 ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS PARA LA MATRIZ HÍDRICA

5.6.1 Beneficios de Inversiones

Para estimar los beneficios de las inversiones propuestas se consideraron los siguientes criterios:

- Se define su incidencia o impacto asociado a su desarrollo, tales como:
 - Mas Información
 - Más Personas abastecidas
 - Más personas con saneamiento
 - Superficie de riego equivalente beneficiada
 - Volumen Regulado
 - Protección de Riberas
 - Recarga Acuíferos
- Se define la unidad de medida del Beneficio, por ejemplo:
 - en proyectos reúso el beneficio se mide en las potenciales hectáreas beneficiadas,
 - en proyectos de APR y saneamiento en el número de personas.
 - En proyectos fluviales, aluviales en km de riberas mejorados/protegidos

- El Beneficio efectivo solo se incorpora en las Inversiones en etapas de ejecución y de estudio (prefactibilidad y Ejecución)

En la Tabla 5.6-1, se indica la unidad de Beneficio y la incidencia de cada tipo de inversión, el detalle del beneficio se presenta en el Anexo 04.07.

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 04.07.

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

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

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SOCIOECONÓMICA

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

Se basa en los siguientes principios generales:

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

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

6.1 EVALUACIÓN MULTICRITERIO

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

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

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

Ámbito	Ambiental	Tipologías de Obras		Social	Socioeconómico	Político Normativo	Estratégico nivel cuenca y regional
Indicador	Protección y recuperación de las fuentes de agua	Requiere ingreso a SEIA	Categoría Sustentabilidad de Obras	Obras vinculadas a Dimensiones de Seguridad Hídrica ⁽²⁾	Categoría de Multipropósito	Alineamiento político / normativo	PRIORIZACIÓN DE CUENCAS EN LA REGIÓN (viene del listado de cuencas priorizadas, depende del código de cuenca)
Escala	Alta [4]: Iniciativas destinadas a la protección y recuperación de los recursos hídricos Baja [1]: No aplica lo anterior	Alta [4]: No requiere ingreso a SEIA Media [2]: Requiere análisis de pertinencia a SEIA Baja [1]: Requiere ingreso a SEIA	Alta [4]: Iniciativas innovadoras MOP (SbN, protección y recuperación de las fuentes de agua, recarga acuíferos, las habilitadas para el MOP por las leyes 21.639 y 20.998, otras) basadas en la Naturaleza u otras iniciativas no cubiertas por el MOP Media Alta [3]: Inversiones vinculadas a optimizar el uso del recurso hídrico Media Baja [2]: Embalses fuera del río o piscinas de acumulación Baja [1]: Iniciativas Tradicionales (Embalses en el río, Trasvase de agua entre distintas cuencas, otras obras grises no mencionadas anteriormente)	Alta [13]: Iniciativas vinculadas a Consumo Humano [D1 -AP] Media Alta [9]: Iniciativas vinculadas a Desarrollo Económico [D2] Media [7]: Iniciativas vinculadas a Conservación [D3] Media Baja [5]: Iniciativas vinculadas a Resiliencia [D4] Baja [5]: 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.

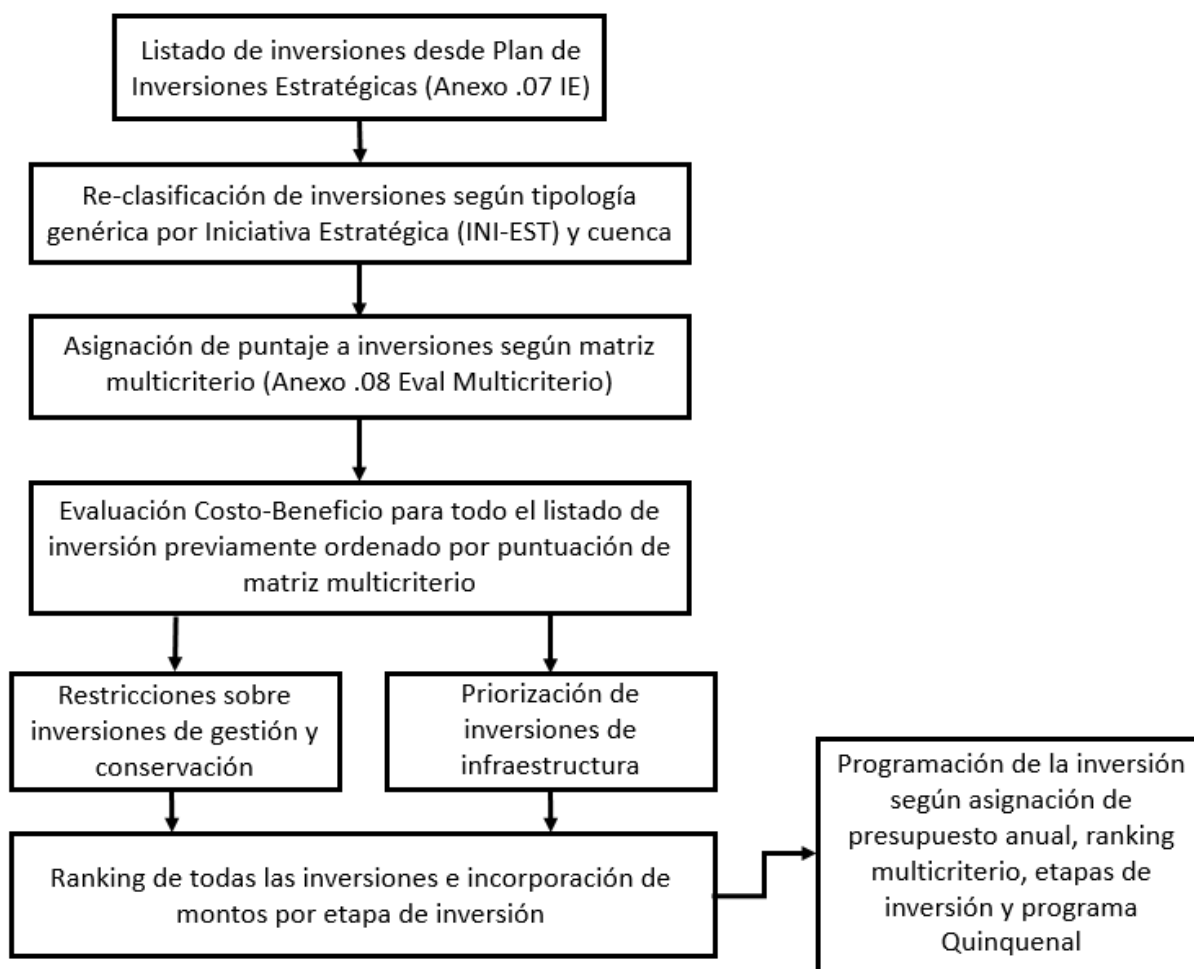
6.3 PRIORIZACIÓN Y CARTERA DE INVERSIONES

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 Atacama, este equivale a \$5.000.000 (miles de pesos).
- Las medidas de gestión e instrumentos directores (inversiones de gestión) se priorizan por sobre las inversiones de infraestructura, por lo que sus montos de inversión quedan asociados al año 0 (cero) de la cartera programada. Esto debido a que estos tipos de inversión suelen ser medidas habilitantes para la ejecución de inversiones de infraestructura.
- La priorización incluye la inversión de los programas Quinquenales definidos por MOP para los años 2024-2028. Los proyectos marcados como “Ejecutado” ya se desarrollaron, su inclusión en las planillas es para el análisis y orden de la misma, considerando que algunos de estos proyectos aún tienen etapas por ejecutar. Esto no afecta a la inversión final ya que el monto asociado a etapas ya desarrolladas es cero.
- Se considera en la programación un monto disponible anual equivalente a \$22.000.000 (miles de pesos), el cual se obtiene a partir del promedio ajustado anual de la inversión histórica del MOP para esta región entre los años 2019-2023.
- En la programación se incluye el orden de las etapas que conforman una inversión, ordenándose de acuerdo a la siguiente priorización:
 1. Estudio y/o prefactibilidad
 2. Factibilidad
 3. Diseño
 4. Ejecución
- En el caso de las conservaciones, solo se considera la etapa de ejecución.

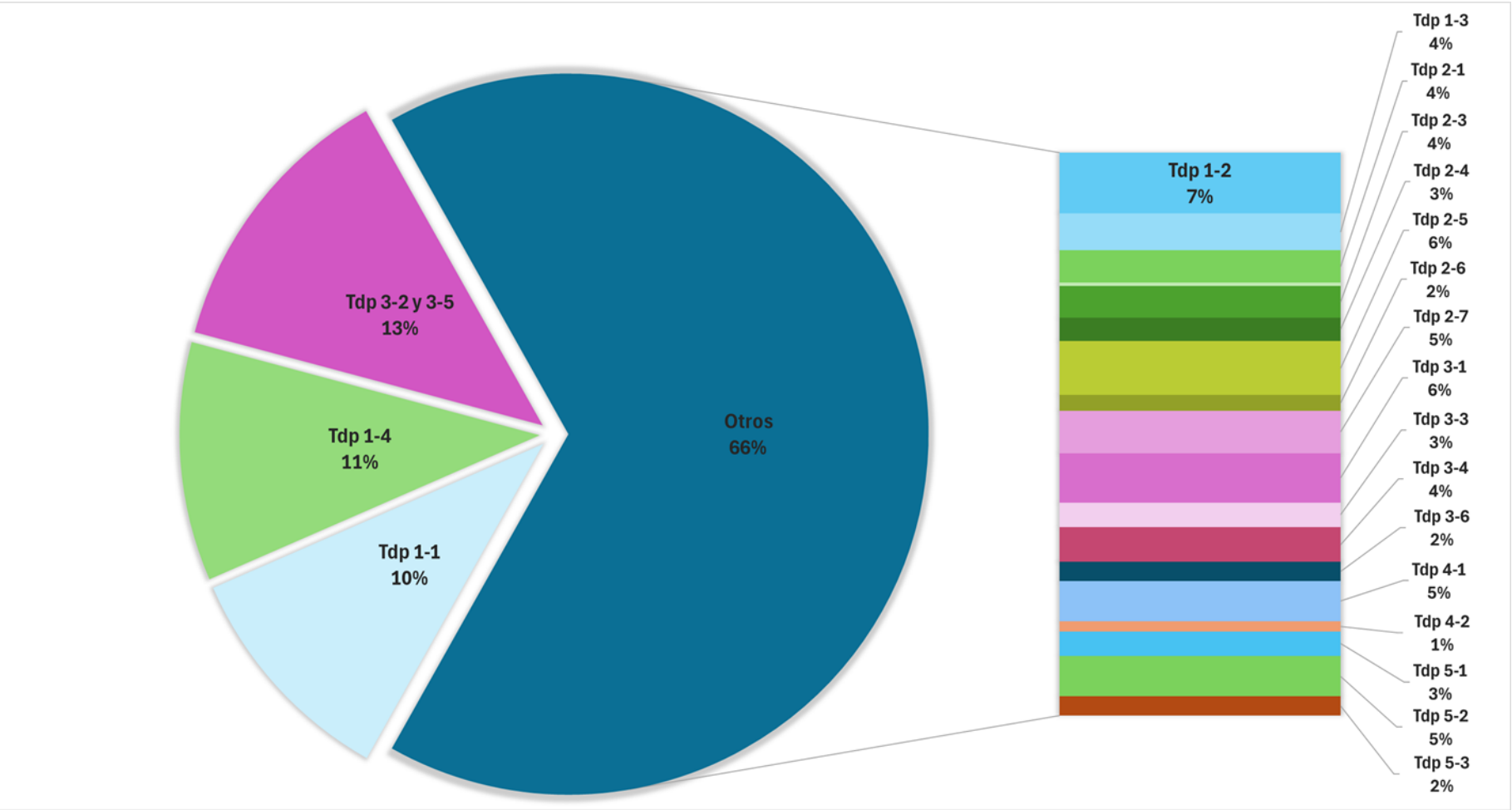
Para una revisión más detallada del procedimiento utilizado, en la Figura 6.3-1 se presenta un diagrama del proceso de priorización multicriterio y la generación de la cartera de inversión desarrollada para cada región.



Fuente: Elaboración propia

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

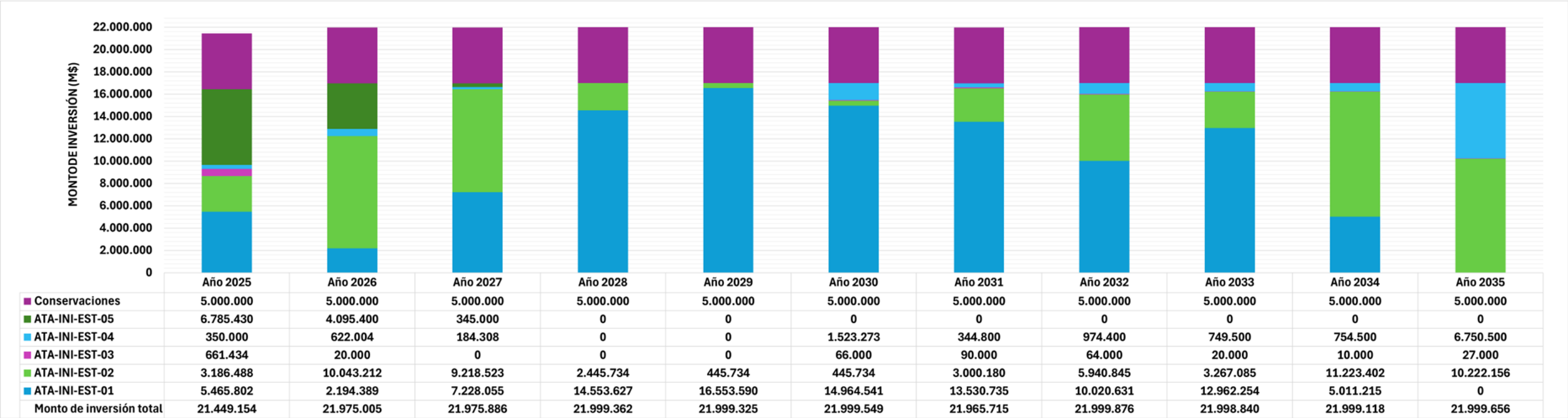
Finalmente, en la Figura 6.3-2 se presenta la cartera de inversión por tipología de proyecto, con su respectiva cantidad y porcentaje. En la Figura 6.3-3 se presenta la cartera de inversiones por cada iniciativa estratégica en la que se desarrollan. En la Figura 6.3-4 se presenta la cartera de inversiones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



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

Fuente: Elaboración propia

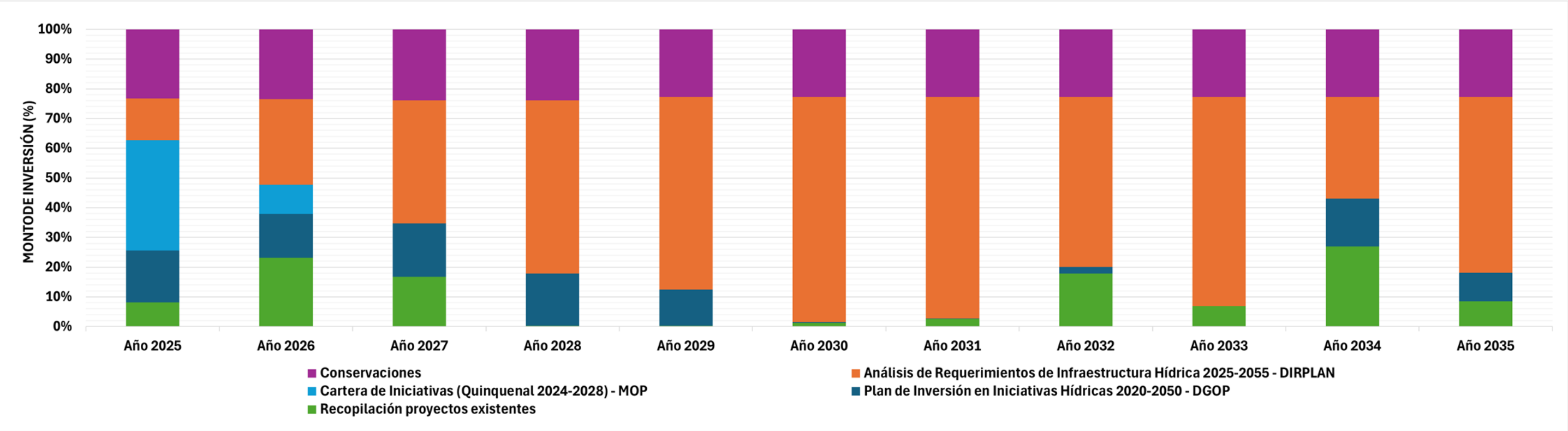
Figura 6.3-2 Composición de la cartera de inversión por tipología de proyecto para la región de Atacama



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

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

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

El régimen hídrico de la región de Atacama depende principalmente de las cuencas del río Copiapó (BNA 034) y río Huasco (BNA 038), los cuales abastecen a los principales centros urbanos y sectores productivos de la región. En menor medida, existen otras cuencas como la del río Salado (BNA 032) y la de Costeras e Islas entre Río Huasco y Cuarta Región (BNA 039), que tienen una contribución más acotada al balance hídrico regional.

El clima es predominantemente desértico, con variaciones desde un desierto costero con alta nubosidad en localidades como Caldera y Chañaral, hasta un desierto de altura en la zona cordillerana, donde se ubican el volcán Ojos del Salado y el Nevado Tres Cruces. En el contexto del cambio climático, se prevé una reducción de la oferta hídrica, tanto en fuentes superficiales como subterráneas, lo que hace más crítica la gestión de los recursos disponibles. Entre 2008 y 2024, la región ha registrado 14 decretos de escasez hídrica, lo que refleja la fragilidad del sistema de abastecimiento.

Atacama cuenta con 286.168 habitantes, con una distribución marcadamente urbana, donde Copiapó (158.438 hab.), Vallenar (52.987 hab.) y Caldera (16.586 hab.) concentran la mayor parte de la población. En contraste, en las zonas rurales de las provincias de Huasco y Chañaral, los habitantes representan apenas el 9% de la población total, con un acceso mucho más limitado a infraestructura de agua potable y saneamiento. En el sector urbano, la cobertura de agua potable alcanza el 99%, mientras que en áreas rurales llega al 85%, lo que implica brechas significativas en servicios básicos. La cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas es aún más deficiente en sectores rurales, donde menos del 70% de los hogares cuenta con saneamiento adecuado, afectando la calidad de vida y aumentando la vulnerabilidad sanitaria.

La demanda de agua potable se concentra en las cuencas del río Copiapó y río Huasco, donde operan los principales sistemas de abastecimiento. En Copiapó y Tierra Amarilla, el agua proviene en su mayoría de fuentes subterráneas y es complementada por la planta desalinizadora de Caldera, que actualmente opera al 21% de su capacidad, abasteciendo completamente a esa ciudad y parcialmente a Chañaral. En Vallenar y Alto del Carmen, el agua se obtiene del río Huasco y de pozos subterráneos, aunque con una creciente presión sobre la oferta debido al aumento de la demanda agrícola y minera.

La actividad minera, que representa el 49% del PIB regional, ejerce la mayor demanda de agua en la región, especialmente en faenas de Copiapó, Tierra Amarilla y Diego de Almagro,

donde operan grandes compañías como Candelaria y Maricunga. Se estima que la demanda hídrica del sector minero aumentará un 7% al 2055, impulsada por el crecimiento de la producción. Sin embargo, las tendencias muestran un aumento en el uso de agua desalada, que actualmente representa cerca del 30% del consumo total del sector y se espera que supere el 50% en las próximas décadas.

La agricultura, con fuerte presencia en el valle del Huasco y el valle de Copiapó, también tiene una demanda creciente. Actualmente, el riego agrícola consume más del 60% del agua utilizada en la región, con un incremento proyectado del 26% al 2055, especialmente en el cultivo de viñedos y parronales. En contraste, el cultivo de frutales, que predominaba en 2007, ha disminuido debido a la escasez hídrica y la mayor resistencia de la vid al estrés hídrico. Las eficiencias en el riego han mejorado en los últimos años, pero aún existe una alta dependencia del riego por surcos, que tiene eficiencias menores al 40%, en comparación con el riego por goteo, que alcanza valores superiores al 80%. El desafío para la región radica en la modernización de los sistemas de riego y la adopción de tecnologías de reutilización de aguas tratadas.

El sector industrial también ha mostrado un crecimiento en la demanda hídrica, particularmente en las comunas de Copiapó, Vallenar y Caldera, donde se concentra la actividad manufacturera y portuaria. Se proyecta un aumento del 104% en el consumo de agua industrial al 2055, lo que obliga a optimizar procesos y fomentar el uso de aguas recicladas. En el caso de la generación eléctrica, la cuenca del río Huasco es la única que presenta una demanda relevante de agua, con un consumo que se espera crezca en un 93% al 2055, aunque con una tendencia a disminuir el uso de fuentes hídricas tradicionales a favor de energías renovables como la solar y la eólica.

Frente a estos desafíos, se han identificado áreas prioritarias de intervención que permitan mejorar la gestión del recurso hídrico y garantizar su disponibilidad en el largo plazo. La expansión de la infraestructura de desalación, con nuevas plantas proyectadas en Caldera y Huasco, busca reducir la presión sobre los acuíferos subterráneos, especialmente en Copiapó y Tierra Amarilla. La gestión y protección de acuíferos, en particular en la cuenca del río Copiapó, es fundamental para evitar la sobreexplotación y la intrusión salina en pozos subterráneos. La ampliación de redes de agua potable y saneamiento en localidades rurales como Freirina, Alto del Carmen y El Salado permitirá cerrar brechas de acceso y mejorar la calidad de vida de la población.

7.1.2 Factores críticos regionales

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

- **Fuentes de abastecimiento y eficiencia en el uso del agua:** La cuenca del río Copiapó es la más afectada por la sobreexplotación de aguas subterráneas, ya que sustenta gran parte del abastecimiento de agua potable urbana en Copiapó, Tierra Amarilla y Caldera, además de actividades agrícolas y mineras. Durante las últimas décadas, la demanda ha superado con creces la recarga natural del acuífero, generando un déficit hídrico estructural. La reducción de los niveles freáticos ha incrementado el riesgo de intrusión salina, deteriorando la calidad del agua disponible, y ha obligado a implementar restricciones y medidas de mitigación como la construcción de plantas desalinizadoras. El agotamiento del acuífero de Copiapó condicionará las futuras decisiones sobre la asignación del recurso. Será fundamental definir límites estrictos de extracción y acelerar la adopción de fuentes alternativas, como la expansión de la desalación en Caldera y el reúso de aguas tratadas para la minería y la agricultura. Además, se requerirá fortalecer la gobernanza sobre los derechos de agua y mejorar la fiscalización del uso de fuentes subterráneas, evitando prácticas de sobreconsumo en sectores económicos estratégicos.
- **Impactos por mayor frecuencia de eventos extremos:** La proyección de los modelos climáticos muestra una tendencia a la disminución de los aportes nivosos en la alta cordillera, lo que afectará la disponibilidad de agua superficial en los ríos Copiapó y Huasco. Además, la región está expuesta a eventos climáticos extremos, como lluvias torrenciales e inundaciones en períodos de "El Niño", seguidas por prolongadas sequías. Históricamente, los eventos de lluvias extremas han causado desbordes en el río Copiapó, afectando infraestructura crítica y generando daños económicos significativos. Estos eventos obligarán a fortalecer la infraestructura de regulación hídrica, mejorar los sistemas de drenaje urbano y diseñar estrategias de resiliencia climática que permitan minimizar los impactos sobre la población y la actividad productiva.

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” [ATA-INI-EST-01].
- “Fuentes de abastecimiento sustentables para consumo humano y riego con énfasis en obras multipropósito” [ATA-INI-EST-02].
- “Sistema integral de infraestructura resiliente en cauces y quebradas para la seguridad territorial y protección de la población” [ATA-INI-EST-05].

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

7.2 PROPUESTA DE ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región de Atacama 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 crisis hídrica que enfrenta la Región de Atacama constituye un fenómeno estructural con profundas ramificaciones en la disponibilidad del recurso, la estabilidad socioeconómica y la sostenibilidad ambiental del territorio. La escasez progresiva de agua, junto con una gestión ineficiente de los sistemas de captación, distribución y consumo, han exacerbado las tensiones entre sectores productivos, comunidades locales y organismos gubernamentales. De no implementarse medidas correctivas de manera inmediata, las repercusiones se traducirán en un deterioro sistémico que comprometerá el desarrollo regional a mediano y largo plazo.

Uno de los efectos más evidentes de esta crisis es el aumento del costo del acceso al agua potable. La creciente dependencia de fuentes alternativas como las plantas desalinizadoras y el transporte mediante camiones aljibe ha generado una disparidad en el acceso al recurso, particularmente en localidades como Copiapó, Vallenar y Chañaral. Esta disparidad es aún más acentuada en áreas rurales de las provincias de Huasco y Chañaral, donde la cobertura de servicios de agua potable está por debajo del promedio regional. En estos sectores, la insuficiencia de infraestructura hidráulica para garantizar una distribución equitativa del recurso acentúa la vulnerabilidad de la población, creando una brecha estructural que profundiza las desigualdades sociales y económicas

El racionamiento de agua emerge como un fenómeno ineludible en la medida en que los embalses Lautaro y Santa Juana mantienen niveles críticos de almacenamiento, insuficientes para sostener la demanda creciente de la región. La drástica disminución en la recarga de acuíferos, particularmente en el Valle de Copiapó, compromete el abastecimiento a largo plazo. En los entornos urbanos, esta situación se materializa en restricciones en el suministro de agua potable, afectando el bienestar de la población y la actividad industrial. En los sectores agrícolas e industriales, la escasez del recurso impone la necesidad de reconvertir modelos de producción hacia sistemas de uso más eficiente del agua, lo que conlleva costos de inversión elevados y posibles impactos en el empleo y la producción local.

Desde una perspectiva demográfica, la crisis hídrica generará flujos migratorios internos que favorecerán la concentración de población en los principales centros urbanos de la región. La Provincia de Chañaral y las zonas interiores de la Provincia de Huasco experimentarán una despoblación progresiva conforme la disponibilidad de recursos hídricos disminuya. Ciudades como Copiapó y Vallenar, en contraste, enfrentarán un aumento en la demanda de servicios urbanos, incluidos los sistemas de agua potable y saneamiento, los cuales ya presentan déficits en términos de cobertura y eficiencia operativa. La reestructuración de la distribución poblacional en la región afectará la

sostenibilidad de las localidades rurales, incrementando su dependencia de subsidios estatales y comprometiendo su viabilidad económica a largo plazo.

Las disputas por la asignación del recurso hídrico entre sectores productivos se intensificarán en un contexto de reducción sostenida de la disponibilidad de agua. La actividad agrícola en el Valle del Huasco y la minería en la cuenca del Río Copiapó y el Salar de Maricunga son los dos principales consumidores de agua en la región, con exigencias hídricas que superan la capacidad de reposición del sistema. La falta de regulación efectiva en la asignación de derechos de agua ha generado una competencia desleal entre estos sectores, con impactos negativos tanto en la equidad en el acceso como en la sostenibilidad del recurso. Los agricultores demandarán una mayor disponibilidad para mantener sus cultivos, mientras que la industria minera buscará asegurar su producción, argumentando su rol preponderante en la generación de empleo y contribución al PIB regional. Las comunidades locales, en tanto, exigirán un mayor control sobre la explotación de acuíferos y fuentes superficiales para evitar una mayor degradación de los ecosistemas hídricos.

El impacto ambiental de la crisis hídrica en Atacama será de largo alcance. La desecación de humedales y ríos como el Río Copiapó (Código BNA 034) y el Río Huasco (Código BNA 038) alterará la biodiversidad regional, comprometiendo los ecosistemas que dependen de estos cuerpos de agua. La contaminación del recurso, derivada tanto de descargas industriales en la Bahía de Caldera como de la falta de tratamiento adecuado de aguas servidas en localidades como Alto del Carmen y Tierra Amarilla, profundizará la crisis de calidad del agua, limitando aún más su disponibilidad para consumo humano y uso agrícola. En ausencia de normativas secundarias de calidad ambiental, la recuperación de estos cuerpos de agua se tornará prácticamente inviable, consolidando un escenario de degradación permanente.

Los fenómenos climáticos extremos, cada vez más frecuentes, acentuarán las vulnerabilidades existentes. La ausencia de planes maestros de aguas lluvias en la región incrementa la exposición de las ciudades y comunidades rurales a eventos como inundaciones y aluviones, que históricamente han generado impactos catastróficos en la infraestructura vial y urbana. La falta de obras de control y canalización eficaces limitará la capacidad de respuesta ante estos fenómenos, exacerbando las pérdidas materiales y económicas en cada evento extremo. La planificación territorial y la implementación de estrategias de resiliencia climática son indispensables para reducir los efectos adversos de estos eventos sobre la población y las actividades productivas.

En cuanto a la eficiencia en el uso del agua, se observan significativas disparidades entre sectores y zonas geográficas. La agricultura en el Valle del Huasco y en la cuenca del Río Copiapó presenta una eficiencia promedio de aplicación de riego del 59%, con variaciones

extremas: mientras la cuenca del Río Copiapó alcanza un 81% de eficiencia, la cuenca de Quebrada Carrizal y Costeras hasta Río Huasco se mantiene en un alarmante 42%. Esta ineficiencia en la gestión del agua de riego es insostenible en un escenario de crisis, lo que subraya la necesidad urgente de modernizar los sistemas de irrigación. En el ámbito del consumo humano, las diferencias también son notorias: Copiapó y Caldera cuentan con una infraestructura relativamente eficiente para el tratamiento y distribución de agua potable, mientras que en otras zonas urbanas las pérdidas en redes de distribución superan el 30%, evidenciando la necesidad de inversión en la optimización de estos sistemas.

Para mitigar este escenario de crisis estructural, resulta imprescindible la implementación de estrategias integrales y coordinadas. La modernización de la infraestructura de distribución y la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real permitirán reducir las pérdidas en redes de abastecimiento de agua potable. La mejora en la eficiencia del riego agrícola, a través de la promoción de tecnologías avanzadas de irrigación y la capacitación de productores, contribuirá a optimizar el uso del recurso en el sector agropecuario. Asimismo, la expansión de la infraestructura de desalación, combinada con incentivos para la reutilización de aguas servidas tratadas, aliviará la presión sobre los acuíferos y embalses. Finalmente, la reestructuración de la gobernanza del agua, mediante la creación de un ente autónomo con competencias específicas en la planificación y control de la asignación del recurso, garantizará una administración más equitativa y sostenible del agua en la Región de Atacama. Solo con acciones inmediatas y coordinadas se podrá evitar el colapso del sistema hídrico regional y asegurar la resiliencia de la región frente a un futuro caracterizado por la escasez hídrica persistente.

7.2.2 Análisis de desafío gestionable

La problemática hídrica en la Región de Atacama se caracteriza por una creciente disonancia entre la oferta y la demanda del recurso, exacerbada por factores climáticos, estructurales y de gobernanza. El incremento de los requerimientos hídricos en sectores estratégicos como la minería, la agricultura y la industria ha acentuado una brecha que compromete la sostenibilidad del abastecimiento a largo plazo. A pesar de este escenario desafiante, la región ha implementado mecanismos de mitigación mediante inversiones en infraestructura, optimización de la eficiencia en la distribución del recurso y mejoras en la gobernanza territorial. Sin embargo, la variabilidad climática y la disminución progresiva de la recarga de acuíferos imponen la necesidad de una reestructuración profunda del modelo de gestión hídrica.

El elevado nivel de pérdidas en la distribución de agua potable constituye uno de los principales factores de ineficiencia en el sistema hídrico regional. En 2022, se reportó un índice de pérdidas del 30% en promedio, con localidades como Freirina (Provincia del Huasco) alcanzando valores superiores al 40%, mientras que Diego de Almagro (Provincia

de Chañaral) presentó una tasa inferior al 20%. Este nivel de ineficiencia en la distribución compromete la seguridad hídrica urbana, limitando la capacidad de resiliencia del sistema. La modernización de la infraestructura de distribución, la implementación de tecnologías de detección temprana de fugas y el monitoreo automatizado en centros urbanos como Copiapó (código BNA 02101) y Vallenar (código BNA 02701) resultan medidas fundamentales para reducir estas pérdidas y optimizar la asignación del recurso.

En respuesta a la presión hídrica, la diversificación de fuentes de abastecimiento ha cobrado relevancia en la estrategia de gestión regional. Atacama cuenta con once proyectos de plantas desalinizadoras en diversas etapas de desarrollo, de los cuales cinco ya se encuentran en operación. Estas infraestructuras, particularmente la que abastece a Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla, representan una alternativa complementaria para reducir la dependencia de las fuentes continentales de agua dulce. No obstante, la implementación de la desalación como solución estructural requiere de una planificación robusta que contemple la sostenibilidad energética, el impacto ecológico sobre el ecosistema marino y los costos de producción asociados.

El sector agrícola es el principal consumidor de agua en la región y enfrenta severas disparidades en la eficiencia del riego. Mientras que la cuenca del Río Copiapó (código BNA 034) presenta una eficiencia de aplicación del 81%, en la cuenca de la Quebrada Carrizal y Costeras hasta el Río Huasco (código BNA 037) la cifra se reduce al 42%. Estas diferencias reflejan un desbalance en la disponibilidad y uso del recurso, evidenciando la urgencia de implementar estrategias de tecnificación del riego en la Provincia del Huasco. La adopción de sistemas avanzados de riego por goteo, la automatización de la distribución hídrica y la reconversión de cultivos hacia especies más tolerantes al estrés hídrico son medidas clave para aumentar la productividad agrícola y reducir la vulnerabilidad del sector ante condiciones climáticas extremas.

El deterioro de la calidad del agua en la región es una problemática multifactorial que afecta tanto a cuerpos superficiales como subterráneos. En el Valle del Huasco, la aplicación indiscriminada de agroquímicos ha generado externalidades negativas sobre la calidad del recurso hídrico, en un contexto en el que la presencia de pasivos mineros y la deficiencia en el saneamiento rural amplifican el problema. En Copiapó, la sobreexplotación de acuíferos ha generado una degradación progresiva en la calidad del agua potable, exacerbada por la ausencia de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales. La ausencia de normativas secundarias específicas para la regulación de la calidad del agua dificulta la implementación de estrategias de remediación, dejando expuestos ecosistemas clave como el Río Copiapó a la contaminación derivada de la actividad minera y agrícola. Es imperativo fortalecer los mecanismos de monitoreo y control, así como desarrollar un marco normativo

que permita establecer estándares específicos de calidad y protección de los recursos hídricos.

La conservación de ecosistemas hídricos estratégicos es un elemento clave para la resiliencia ambiental de la región. La degradación de humedales interandinos como la Laguna de Santa Rosa compromete la capacidad natural de almacenamiento y regulación del agua, afectando tanto la biodiversidad como la disponibilidad del recurso en periodos críticos. La insuficiencia del caudal ambiental, combinada con la presión de actividades productivas, está acelerando la pérdida de funcionalidad de estos ecosistemas. En la Provincia de Chañaral, es fundamental diseñar e implementar programas de restauración ecológica que consideren el manejo integral de cuencas y la rehabilitación de ecosistemas degradados mediante soluciones basadas en la naturaleza.

La región de Atacama presenta significativas deficiencias en su capacidad de respuesta ante eventos hidrometeorológicos extremos. Aunque existen planes de gestión de riesgos vinculados a incendios, tsunamis y remociones en masa, no se han desarrollado planes maestros de aguas lluvias, lo que limita la capacidad de adaptación frente a episodios de precipitaciones extremas y sequías prolongadas. La implementación de un Plan Maestro de Aguas Lluvias es una necesidad urgente para optimizar la infraestructura de drenaje, mejorar la planificación urbana y mitigar los efectos adversos de fenómenos climáticos extremos en localidades como Copiapó y Caldera. La inclusión de infraestructuras de captación de aguas pluviales y la gestión sostenible de cauces urbanos permitirían aumentar la resiliencia hídrica de la región.

Las obras de control fluvial y aluvional en la región requieren un enfoque integral que supere la lógica de intervención aislada. Actualmente, Atacama cuenta con 18 tranques de retención de sedimentos, los cuales cumplen una función preventiva en la gestión de riesgos asociados a aluviones. Sin embargo, la falta de un plan de infraestructura de resiliencia vinculado a la gestión de cuencas hidrográficas impide una optimización del impacto de estas intervenciones. Es esencial integrar estos elementos dentro de una estrategia macro de adaptación al cambio climático, donde la planificación territorial y la gestión sustentable de las cuencas permitan anticipar y mitigar el impacto de eventos extremos.

El marco de gobernanza del agua en Atacama requiere ajustes estructurales para fortalecer la administración y gestión del recurso. Si bien las cuencas de los ríos Copiapó y Huasco cuentan con Juntas de Vigilancia, Comunidades de Aguas Subterráneas y Comunidades de Aguas, no se ha identificado la existencia de Asociaciones de Canalistas en la región. La ausencia de estos organismos limita la capacidad de regulación y coordinación en la gestión del recurso hídrico. Fortalecer la gobernanza hídrica mediante la creación de estructuras

participativas, el establecimiento de mecanismos de articulación interinstitucional y la promoción de la corresponsabilidad en el uso del agua permitirá mejorar la eficiencia y equidad en la asignación del recurso.

En conclusión, la sostenibilidad hídrica de la Región de Atacama enfrenta desafíos estructurales que exigen una transformación en los enfoques de gestión. La modernización de la infraestructura, la diversificación de fuentes de abastecimiento, la optimización del uso del agua en sectores productivos, la implementación de normativas de calidad y la consolidación de un modelo de gobernanza participativa son aspectos fundamentales para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo. La adaptación a los nuevos escenarios climáticos y el desarrollo de una gestión integrada del recurso constituyen la base para un modelo de desarrollo sustentable en la región.

7.2.3 Análisis de capacidad limitada

La gestión de los recursos hídricos en la región de Atacama enfrenta un conjunto de problemáticas estructurales y operacionales que comprometen la disponibilidad del agua para consumo humano, el desarrollo de actividades productivas y la sostenibilidad de los ecosistemas. Si bien la relación entre oferta y demanda hídrica se mantiene estable en el corto plazo, la capacidad de adaptación ante eventos climáticos extremos y crisis hídricas es insuficiente debido a limitaciones en infraestructura, gobernanza y asignación de recursos financieros. La ineficiencia en la distribución del agua, sumada a una alta tasa de pérdidas en la red de abastecimiento, representa un obstáculo significativo para la garantía de acceso equitativo y sustentable al recurso. En 2022, las pérdidas en la distribución de agua potable alcanzaron un 30% en zonas urbanas, mientras que en la localidad de Freirina (provincia de Huasco) superaron el 40%, lo que denota una deficiencia crítica en la gestión operativa y el mantenimiento de la infraestructura.

El abastecimiento hídrico en Atacama depende cada vez más de fuentes no convencionales, como la desalación. Actualmente, existen once proyectos de plantas desalinizadoras, de los cuales cinco se encuentran en operación, aunque solo una suministra agua potable al sistema sanitario de Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla. Esta situación refleja una falta de diversificación en las fuentes de abastecimiento y la necesidad de acelerar la implementación de soluciones desalinizadoras a gran escala para fortalecer la resiliencia hídrica de las zonas urbanas costeras. La capacidad de almacenamiento también es deficitaria, con los embalses Lautaro (cuenca del río Copiapó, BNA 034) y Santa Juana (cuenca del río Huasco, BNA 035) operando con niveles de almacenamiento subóptimos. En febrero de 2023, el embalse Santa Juana registró un 48% de su capacidad total, mientras que el embalse Lautaro apenas alcanzó un 3%, evidenciando la urgencia de optimizar la infraestructura existente y promover la construcción de nuevos sistemas de almacenamiento.

En las zonas rurales de Atacama, se estima que entre un 15% y un 59% de las viviendas rurales carecen de acceso a agua potable, mientras que entre un 9% y un 32% de la población rural no dispone de alcantarillado. Además, existe un déficit informativo del 25% al 70% sobre la cobertura efectiva de estos servicios, lo que obstaculiza la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura. En la provincia de Chañaral, las comunas de Diego de Almagro y El Salvador presentan los mayores rezagos en acceso a agua potable, mientras que, en la provincia de Huasco, Alto del Carmen enfrenta las mayores deficiencias en infraestructura de saneamiento. Esta situación demanda la expansión y modernización de los sistemas de Agua Potable Rural (APR), junto con el fortalecimiento de la gestión comunitaria del recurso hídrico.

El crecimiento poblacional en las zonas rurales incrementa la presión sobre la infraestructura hídrica. Se proyecta que para 2055 la población en áreas con sistemas APR en la cuenca del río Copiapó (BNA 034) aumentará en un 8%, mientras que en el resto de las cuencas de la región el incremento será del 3%. En las áreas sin presencia de APR, la población también experimentará un crecimiento del 3%, lo que acentúa la necesidad de planificación y expansión sostenible de la infraestructura hídrica para prevenir el deterioro en la provisión de servicios. La falta de normativas para la gestión de aguas lluvias y la ausencia de planes maestros de drenaje agravan la vulnerabilidad de estas comunidades frente a eventos climáticos extremos.

La eficiencia en el uso del agua en los sectores productivos también es un desafío relevante. En la agricultura, la eficiencia media de aplicación de riego es del 59%, con valores que oscilan entre un 81% en la cuenca del río Copiapó (BNA 034) y un 42% en la cuenca Quebrada Carrizal y Costeras hasta el río Huasco (BNA 035). Esta disparidad pone de manifiesto la necesidad de implementar tecnologías de riego más eficientes y mejorar la gestión del recurso hídrico para incrementar la productividad agrícola y mitigar los impactos del cambio climático. En la región de Atacama se identifican 1.162 kilómetros de canales de riego distribuidos en las cuencas de los ríos Huasco y Copiapó. La modernización y el mantenimiento de estos sistemas es fundamental para reducir las pérdidas de agua por infiltración y evaporación, lo que contribuirá a una gestión más eficiente del recurso y garantizará una mayor sustentabilidad en el uso del agua para la producción agrícola y otras actividades económicas.

7.2.4 Análisis de avance sostenible y resiliente

El diseño de un modelo de gobernanza hídrica sostenible y resiliente en la región de Atacama, considera un enfoque holístico e interdisciplinario que contemple una serie de implicaciones socioeconómicas, ambientales y tecnológicas. La región se encuentra en un contexto de creciente presión sobre sus recursos hídricos debido a su clima árido, la expansión de la actividad minera y el incremento de la demanda en zonas urbanas y

agrícolas. Para garantizar un suministro hídrico estable y equitativo a largo plazo, es imperativo adoptar estrategias integradas que aborden tanto la oferta como la demanda, priorizando la eficiencia y sostenibilidad en ciudades como Copiapó, Vallenar y Chañaral, así como en áreas rurales de las provincias de Huasco y Chañaral.

El concepto de seguridad hídrica en Atacama va más allá de la disponibilidad bruta del recurso y abarca la infraestructura, los sistemas de distribución y saneamiento, y la regulación institucional. La modernización de las redes de abastecimiento en ciudades clave, como Copiapó (BNA 034) y Huasco (BNA 033), es fundamental para mejorar la eficiencia y reducir pérdidas en el sistema. A ello se suma la necesidad de incorporar tecnologías de monitoreo en tiempo real que optimicen la gestión hídrica y permitan respuestas más ágiles ante eventos extremos. En paralelo, la expansión de la infraestructura de saneamiento en zonas urbanas y rurales es un desafío prioritario para reducir la carga ambiental y mejorar la calidad de vida de las comunidades más vulnerables.

Otro desafío crítico es la sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del río Copiapó (BNA 034), donde la actividad minera y agrícola ha ejercido una presión insostenible sobre los recursos subterráneos. La extracción descontrolada en sectores como el Salar de Pedernales ha generado un agotamiento progresivo de los acuíferos, comprometiendo la sostenibilidad del recurso. Para enfrentar esta problemática, es indispensable implementar mecanismos de control y regulación más rigurosos, apoyados en sistemas telemétricos de monitoreo que permitan una fiscalización en tiempo real del uso del agua. Asimismo, la recarga artificial de acuíferos en la cuenca del río Huasco (BNA 033) se perfila como una estrategia viable para estabilizar la disponibilidad del recurso y mitigar los efectos de la sobreexplotación. En paralelo, la optimización del riego agrícola mediante tecnologías de precisión puede reducir significativamente la demanda hídrica en los valles productivos, promoviendo prácticas más sostenibles en el sector agropecuario.

La inequidad en el acceso al agua potable y al saneamiento es otro de los factores que demandan atención urgente. A pesar de los avances en infraestructura en centros urbanos como Copiapó y Caldera, numerosas comunidades rurales en las provincias de Huasco y Chañaral dependen del suministro mediante camiones aljibe, lo que representa una solución transitoria y altamente vulnerable. Para abordar esta deficiencia estructural, es necesario fortalecer los sistemas de agua potable rural a través de la construcción de nuevas fuentes de abastecimiento y la mejora de las redes de distribución en localidades como Freirina y Alto del Carmen. De igual forma, la expansión del alcantarillado y los sistemas de saneamiento es clave para reducir los riesgos sanitarios y garantizar condiciones de vida dignas para la población en las zonas más aisladas.

El cambio climático introduce un factor de incertidumbre adicional en la ecuación hídrica de Atacama, intensificando la variabilidad de las precipitaciones y aumentando la recurrencia de eventos extremos como sequías e inundaciones. Para enfrentar estos desafíos, se hace indispensable la adopción de soluciones basadas en la naturaleza, tales como la restauración de humedales en la cuenca del río Copiapó y la reforestación estratégica de cuencas hidrográficas en la región. Estas medidas contribuyen a mejorar la capacidad de retención hídrica del suelo, estabilizar los flujos de agua y preservar los ecosistemas clave para la resiliencia climática. Adicionalmente, la construcción de embalses en el río Huasco y tranques de infiltración en la precordillera puede desempeñar un rol fundamental en la gestión del recurso hídrico, permitiendo una mayor acumulación de agua en períodos de abundancia para su uso en períodos de escasez.

Desde una perspectiva tecnológica, la digitalización de la gestión hídrica emerge como una de las herramientas más prometedoras para optimizar la eficiencia en el uso del agua. La implementación de plataformas integradas de monitoreo permite una gestión más dinámica del recurso, reduciendo pérdidas por fugas y mejorando la planificación en función de la demanda real. En este contexto, el desarrollo de infraestructuras inteligentes en los principales centros urbanos de la región, equipadas con sensores de caudal, sistemas de control remoto y modelos predictivos basados en inteligencia artificial, representa un avance significativo en la administración del recurso hídrico.

.

CAPÍTULO 8 PROPUESTA DE PROSPECTIVA DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA HÍDRICA

8.1 SEGURIDAD HÍDRICA EN LA REGIÓN: ESTADO DEL ARTE

En la región de Atacama destacan las cuencas Río Salado (BNA 032), Río Copiapó (BNA 034) y Río Huasco (BNA 038) como hoyas hidrográficas de gran extensión donde se concentra principalmente la población, cumpliendo un rol importante en el abastecimiento de agua para el consumo humano, actividades agroindustriales y mineras. Las demandas consuntivas para el año 2023 se distribuyen de acuerdo a la Figura 8.1-1; donde el sector agrícola presenta la mayor demanda, mientras que se proyecta un aumento del 29% en las demandas consuntivas hacia el año 2055, asociado principalmente a la expansión agrícola⁷, a la baja eficiencia en el riego, que se estima en un 59% promedio regional, y al incremento en la demanda del industrial. Este incremento genera una presión significativa en las cuencas Costeras e Islas R. Salado – R. Copiapó (BNA 033), Río Copiapó (BNA 034) y Costeras entre R. Copiapó – Q. Totoral (BNA 035).

De manera simultánea, se espera una reducción generalizada de los caudales en las cuencas regionales, siendo las más afectadas Endorreicas entre Frontera y V. Pacífico (BNA 030), Río Salado (BNA 032) y Río Copiapó (BNA 034), con descensos del 66%, 28% y 35%, respectivamente. El balance hídrico estructural (Tabla 8.1-1) evidencia que, con excepción de Costeras Pan de Azúcar – R. Salado (BNA 031), todas las cuencas presentan un déficit hídrico estructural, donde las cuencas Endorreicas entre Frontera y V. Pacífico (BNA 030), Río Copiapó (BNA 034), Q. Totoral – C. hasta Q. Carrizal (BNA 036), Q. Carrizal – Costeras hasta R. Huasco (BNA 037) y Río Huasco (BNA 038), presentan al menos una restricción de uso en sus fuentes, lo que las vuelve especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático. El déficit hídrico está caracterizado por demandas que superan la oferta disponible con un 50% de probabilidad

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

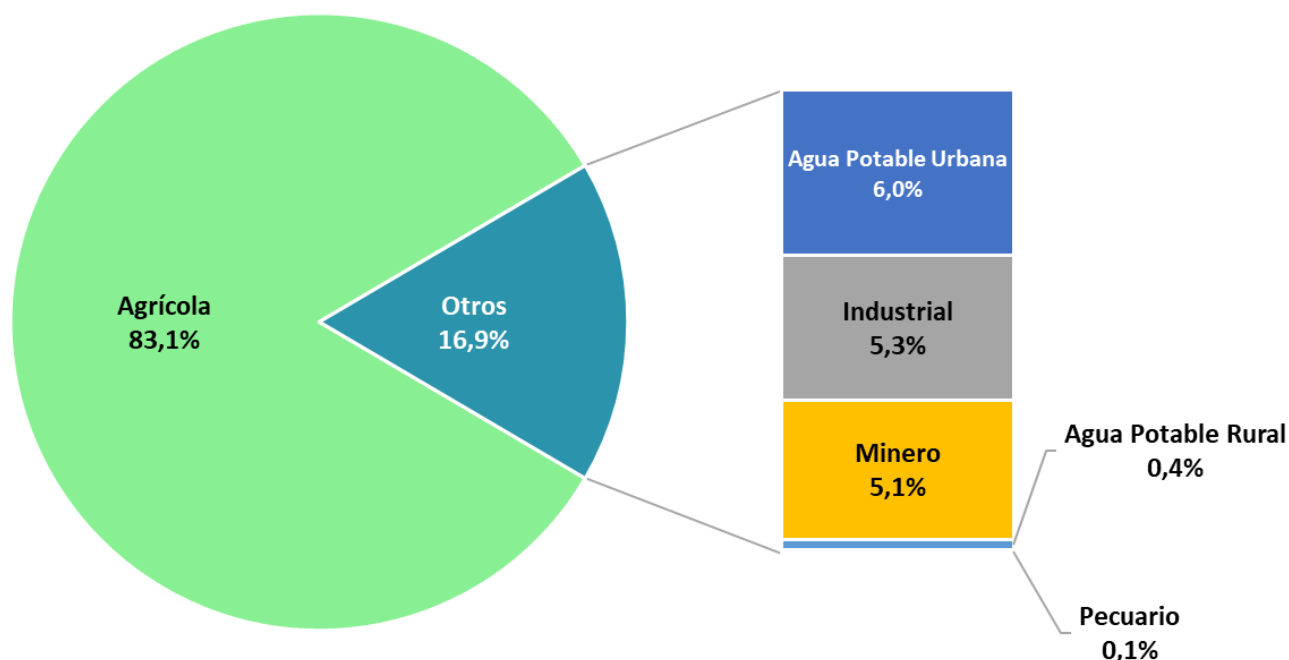
de excedencia. Entre los desafíos de Seguridad Hídrica (SH) para la región⁸, la sostenibilidad del suministro de agua potable enfrenta considerables presiones. En las zonas urbanas, si bien la cobertura alcanza un 94,3%, los sistemas de distribución registran pérdidas físicas del 36% en promedio⁹. En las áreas rurales, entre el 15% y 59% de las viviendas no tienen acceso a agua potable, mientras que la falta de información afecta hasta el 66,2% de las viviendas rurales, limitando el desarrollo de estrategias integrales. Además, el 32% 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. La eficiencia de riego para las cuencas Costeras Q. Pan de Azúcar – R. Salado (BNA 031), Río Salado (BNA 032), Q. Carrizal – Costeras hasta R. Huasco (BNA 037) y Costeras e Islas R. Huasco – C. Región (BNA 039) presentan eficiencias de riego menores al 55%. Se observan limitaciones en torno a las OUAs¹⁰, solo se identifican JV, CA y CAS para las cuencas Río Copiapó (BNA 034) y Río Huasco (BNA 038). Además, la infraestructura hídrica multipropósito es insuficiente, ya que solo se observan proyectos para uso de fuentes no convencionales en las cuencas Río Salado (BNA 032), Costeras e Islas R. Salado - R. Copiapó (BNA 033) y Río Copiapó (BNA 034), Río Huasco (BNA 038) y Costeras e Islas entre R. Huasco – C. Región (BNA 039). Por otra parte, se identifica una falta de gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos en relación al riego y disponibilidad, todas las cuencas, a excepción de Río Huasco (BNA 038), presentan un nivel crítico en este ámbito.

La calidad del agua representa un problema crítico para todas las cuencas de la región, debido a altos niveles de contaminación, carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales y falta de información de monitoreo. Las cuencas exhiben una baja protección ecosistémica: mientras las cuencas Endorreicas entre Frontera – V. Pacífico (BNA 030), Q. Totoral – C. hasta Q. Carrizal (BNA 036) y Q. Carrizal – C. hasta R. Huasco (BNA 037) tienen entre el 5% y 25% de su superficie de humedales protegida, el resto de las cuencas apenas alcanzan el 5% de protección, evidenciando la necesidad de medidas de conservación más efectivas. Las cuencas Endorreicas entre Frontera – V. Pacífico (BNA 030), Costeras Q. Pan de Azúcar – R. Salado (BNA 31), Río Salado (BNA 032), Río Copiapó (BNA 034), Q. Totoral – C. hasta Q. Carrizal (BNA 036) y Río Huasco (BNA 038) presentan alta vulnerabilidad a eventos extremos como inundaciones y aluviones. Los sistemas de drenaje resultan insuficientes, lo que agrava los impactos de estos eventos.

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

⁹ Para el período comprendido entre 2012 -2022.

¹⁰ OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua, JV: Juntas de Vigilancia, CAS: Comunidades de Aguas Subterráneas, AC: Asociaciones de Canalistas.



Fuente: Elaboración propia.

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

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

Código BNA	Cuenca	Balance Hídrico ¹¹	Restricciones		Estado Balance Unificado ¹²
			Superficiales	Subterráneas	
030	Endorreicas entre Frontera - Vertiente del Pacífico	Déficit hídrico	No	Sí	Déficit hídrico estructural
031	Costeras Q. Pan de Azúcar-R. Salado	Con recursos	No	No	Con recursos
032	Río Salado	Déficit hídrico	No	No	Déficit hídrico estructural
033	Costeras e Islas R. Salado-R. Copiapó	Déficit hídrico	No	No	Déficit hídrico estructural
034	Río Copiapó	Déficit hídrico	No	Sí	Déficit hídrico estructural
035	Costeras entre R. Copiapó - Q. Totoral	Déficit hídrico	No	No	Déficit hídrico estructural
036	Q. Totoral y Costeras hasta Q. Carrizal	Déficit hídrico	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
037	Quebrada Carrizal y Costeras hasta R. Huasco	Déficit hídrico	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
038	Río Huasco	Estrés hídrico	Sí	Sí	Déficit hídrico estructural
039	Costeras e Islas entre R. Huasco - Cuarta Región	Déficit hídrico	Sí	No	Déficit hídrico estructural

¹¹ El Balance Hídrico corresponde al contraste realizado entre la oferta superficial y la demanda, donde Déficit Hídrico 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.

¹² El Balance Hídrico Unificado combina el Balance Hídrico con las restricciones de uso de agua superficiales y subterráneas, si la cuenca posee restricciones su nivel de criticidad aumenta.

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

En la región de Atacama se han implementado Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) en todas las cuencas a excepción de Endorreicas entre Frontera – V. del Pacífico (BNA 030) y Costeras e Islas entre R. Huasco – C. Región (BNA 039). Paralelamente, en el ámbito productivo se han formulado Planes de Riego orientados a promover un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos destinados al riego en las cuencas Río Copiapó (BNA 034) y Río Huasco (BNA 038). A partir de lo anterior, se identifica la necesidad de extender el desarrollo de instrumentos de gestión, como Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas (PERHC) y Planes de Riego, a aquellas cuencas que carecen de herramientas similares. Para un análisis más detallado, se recomienda consultar el Capítulo 3 del Informe Nacional.

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

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

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) lidera la gestión de infraestructura hídrica mediante planificación estratégica, regulación y coordinación interinstitucional, buscando garantizar la sostenibilidad y disponibilidad de los recursos hídricos. Su Plan Nacional de Infraestructura Pública 2025-2055 (PNIP) establece una estrategia para abordar los desafíos hídricos futuros, adaptándose a cambios climáticos y socioeconómicos, promoviendo soluciones sostenibles. En la región de Atacama, actores como el Gobierno Regional, SEREMI MINAGRI, INDAP, SISS, OUAs, ECONSSA, CODELCO¹³, Empresa Sanitaria Nueva Atacama, empresas del sector minero, 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.

¹³ SEREMI MINAGRI: Secretaría Ministerial Regional del Ministerio de Agricultura; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios; OUAs: Organizaciones de Usuarios de Agua; ECONSSA: Empresa Sanitaria; CODELCO: Corporación Nacional del Cobre.

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 Atacama, la estrategia se centra en desarrollar una gestión integral de los recursos hídricos, con especial énfasis en el acceso al agua potable y saneamiento, mediante el desarrollo de infraestructura eficiente, soluciones innovadoras y el desarrollo de tecnologías que permitan la protección de los ecosistemas, la adaptación al cambio climático y la protección frente a eventos extremos. Busca promover la implementación de infraestructura hídrica y la mejora en la gestión de datos que permitan fortalecer la toma de decisiones sobre los recursos hídricos.

8.5 MEGATENDENCIAS Y SUS POTENCIALES CONSECUENCIAS: ESCENARIOS DE DESARROLLO

La región enfrenta cuatro escenarios contrastantes. En un escenario de *Estancamiento Crítico*, la gestión ineficiente de la infraestructura hídrica de la región ha incrementado las brechas hídricas profundizando las desigualdades. La dependencia del suministro de agua potable por camiones aljibe ha provocado desigualdad en el acceso, lo que se evidencia en mayor medida en áreas rurales. La recarga de acuíferos y los niveles de almacenamiento de embalses se encuentran en rangos críticos, insuficientes para sostener la demanda creciente, lo que lleva a restricciones en el suministro de agua. Las demandas del sector agrícola y minero superan la capacidad de reposición del sistema, generando competencia entre los sectores con impactos negativos en la sostenibilidad del recurso. La contaminación y explotación de los ecosistemas, profundiza la crisis consolidando un escenario de degradación permanente. La vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos se agudiza. En un escenario de *Desafío Gestionable*, la región ha implementado mecanismos de mitigación mediante inversión en infraestructura, optimización de la eficiencia en la distribución del recurso y mejoras en la gobernanza territorial, sin embargo, la variabilidad climática y la disminución progresiva de la recarga de acuíferos ha agudizado la vulnerabilidad de los sectores estratégicos como la minería, agricultura e industria y la respuesta de la región ante eventos hidrometeorológicos extremos. La promoción de medidas de eficiencia y monitoreo ha logrado reducir el nivel de pérdidas en la distribución del agua potable. En un escenario de *Capacidad Limitada*, los desafíos de seguridad hídrica se mantienen estables, sin embargo, la región enfrenta limitaciones en infraestructura, gobernanza y asignación de recursos financieros, que comprometen el desarrollo de las actividades productivas y la sostenibilidad de los recursos. Finalmente, en un escenario de *Avance Sostenible*, mediante un modelo de gobernanza hídrica sostenible y resiliente, la región garantiza un suministro hídrico estable y equitativo a largo plazo donde se

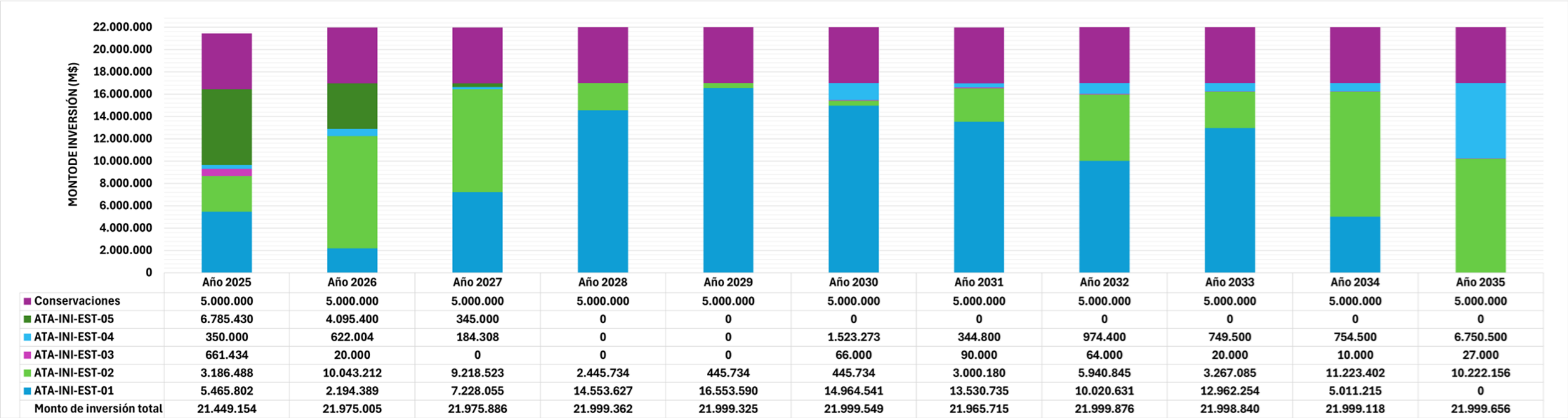
prioriza la eficiencia y sostenibilidad en las ciudades como en áreas rurales. Desarrolla una regulación institucional robusta, modernización de redes de abastecimiento, expansión de infraestructura de saneamiento, sistemas telemétricos de monitoreo, que reducen la carga ambiental y evitan la sobreexplotación de acuíferos y ecosistemas.

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

8.7 SOLUCIONES SINÉRGICAS PARA PROBLEMAS COMPLEJOS: INICIATIVAS ESTRATÉGICAS

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



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

Fuente: Elaboración propia.

* Las inversiones se encuentran en miles (M\$).

Figura 8.7-1 Inversión total distribuida por Iniciativas Estratégicas

Entre las IE más relevantes de la región, destaca la “Ampliación, Conservación y Mejoramiento Operacional y Tecnológico de SSR en Agua Potable”, orientada a garantizar el derecho al agua. Asimismo, la iniciativa “Fuentes de Abastecimiento Sustentables para Consumo Humano y Riego” busca asegurar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. La “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\$ 45.205.400 de inversión para Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Rural en la región, con un beneficio para más de 14.451 personas distribuidas en todas las cuencas de la región, lo que permitirá disminuir la brecha de accesibilidad al agua potable. Destaca la cuenca Q. Carrizal – Costeras hasta R. Huasco (BNA 037) que equivalente al 40% de la inversión total para este ítem, la cuenca Río Copiapó (BNA 034) que equivale al 20% y Costeras e Islas R. Salado – R. Copiapó (BNA 033) equivale al 13% de la inversión.
- M\$ 4.830.000 de inversión para la Evaluación de Alternativas de Nuevas Fuentes de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y/o Riego, equivalente a 13 estudios de recursos hídricos, 1 estudio de riego y 1 estudio de nuevas tecnologías. El 6% de la inversión se centra en estudios a escala regional, el 94% restante se distribuye en 5 cuencas, donde destaca la cuenca Río Copiapó (BNA 034) que concentra un 40% de la inversión para este ítem.
- M\$ 176.400 de inversión para el Diseño y Construcción de Plantas Desaladoras y Desalinizadoras, con un beneficio para 159 personas.
- M\$ 35.086.000 de inversión para Incrementar la Eficiencia en el Uso del Agua, donde el 83% corresponden a inversiones con enfoque regional. La inversión total se desglosa en Fomento a la Eficiencia en Riego con un beneficio de 27 ha y el Fomento de Eficiencia Hídrica en agua potable beneficiando a más de 35.700 personas, disminuyendo la demanda sobre la matriz hídrica.
- M\$ 33.869.100 de inversión para el Diseño y Construcción de Obras para la Recuperación y Recarga de Acuíferos, equivalente a más de 26.000.000m³ de volumen de recarga de agua, aumentando la oferta en la matriz hídrica.
- M\$ 11.250.500 de inversión para el Diseño, Construcción de Sistemas de Reutilización de Aguas Servidas para beneficiar a más de 35 hectáreas de riego en la región.
- M\$ 1.070.000 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\$ 52.350.000 de inversión para el Diseño y Construcción de Grandes Obras de Riego que permitirán regular la oferta hídrica de 14 hm³/año y; \$ 21.511.200 de inversión para el Diseño, Construcción de Obras Medianas de Riego, beneficiando a más de 40 hectáreas.
- M\$ 49.508.600 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Tecnologías en Estaciones Hidrométricas, donde más del 80% del monto total está destinado a estaciones para el monitoreo de calidad de agua distribuido, principalmente, en las cuencas de Endorreicas entre Frontera – V. Pacífico (BNA 030), Costeras e Islas R. Salado – R. Copiapó (BNA 033) y Río Salado (BNA 032).
- M\$ 42.407.900 de inversión para el Diseño, Construcción e Implementación de Medidas de Conservación, Restauración y Protección de Humedales, Riberas y Cauces, equivalente al Mejoramiento de 21 km de Riberas y/o Orillas Naturales, la Construcción de 2 km de Áreas Verdes de Flora Nativa, y la Construcción de 2 Obras de Regulación e Infiltración.
- M\$ 1.480.000 de inversión en Estudios de Regulación Hídrica y Gestión de Suelos, equivalente a 9 estudios de Manejo de Normas Ambientales e Hídricas, Reservas de agua, y Planes y Políticas; 3 estudios de Erosión y Arrastre de Sedimentos, 2 estudios de Definición de Franjas de Restricción y 1 estudio de Reforestación en sectores con riesgo de inundación. Un 50% de la inversión se encuentra asignado a la cuenca Río Copiapó (BNA 034), un 38% a la cuenca Río Salado (BNA 032) y el 13% restante 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: **Mitigación**, acciones que pretenden reducir impactos adversos probables, incluyen la modernización de la infraestructura de riego y la reducción de la pérdida en canales; la **cobertura**, corresponden a acciones que buscan minimizar riesgos por incertidumbres, considera la implementación de plantas desaladoras y la diversificación de fuentes. Por su parte, las medidas de **oportunidad** procuran aprovechar beneficios ciertos, considerando acciones que priorizan tecnologías de reúso de aguas residuales y optimización industrial-minera; las acciones de **beneficio** persiguen capitalizar desarrollos inciertos, estas acciones consideran políticas de conservación (protección de humedales y caudales ecológicos), y la actualización de Instrumentos de Planificación Territorial. Por último, las medidas **preventivas** buscan influir proactivamente en eventos externos, estas medidas involucran sistemas de monitoreo hidroclimático y la promoción de la gobernanza hídrica, reduciendo los conflictos socioambientales e incrementado la resiliencia regional. Estas acciones, respaldadas por inversión en datos actualizados y participación multisectorial, robustecen la adaptabilidad frente a incertidumbres climáticas y presiones demográficas.

CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA

- ACADES. (2022). *Desalinización de agua de mar en la minería*. Obtenido de <https://www.acades.cl/wp-content/uploads/2023/04/ACADES-en-Expomin.pdf>
- 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 Atacama*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region3/clima.htm>
- BCN. (2023). *Hidrografía Región de Atacama*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region3/hidrografia.htm>
- Bolados A., M., Roa A., S., & Aedo A., M.-V. (2023). Análisis de las brechas e iniciativas hídricas propuestas en los planes estratégicos de gestión hídrica (PEGH): un acercamiento a la gobernanza para su implementación. *Sequía y escasez hídrica: mejoras institucionales y regulatorias en materia de aguas: IV Jornadas del régimen jurídico de las aguas*, 520.
- Cabello, J. (2022). Reservas, recursos y exploración de litio en salares del norte de Chile. *Andean geology*.
- CASEN. (2023). *Resumen de resultados: Pobreza por ingresos, pobreza multidimensional y distribución de los ingresos*.
- Celedón, N. D. (2023, Julio). Concesiones sanitarias: cómo se insertan en el actual modelo de gestión colectiva de las aguas. *Actualidad Jurídica*(N°48). Retrieved from <https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2023/04/aj-47-concesiones-sanitarias-como-se-insertan-en-el-actual-modelo-de-gestion-colectiva-de-las-aguas-natalia-dasencich.pdf>
- CEN. (2024). *Infotécnica Instalaciones en Operación*. Obtenido de <https://infotecnica.coordinador.cl/info/centrales>
- CNE. (2018). *Energía Maps - Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de <https://energiamaps.cne.cl/#>
- CNR. (2016). *Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca de Río Copiapó*. Ministerio de Agricultura.

- 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*. 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. (2019). *Anuario de la Minería de Chile*. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_2019_act100720.pdf
- COCHILCO. (2022). *Agua en la minería del cobre*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.cochilco.cl/Listado%20T
emtico/Agua%20en%20la%20miner%C3%ADa%20del%20cobre.pdf](https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Agua%20en%20la%20miner%C3%ADa%20del%20cobre.pdf)
- COCHILCO. (2023). *Infraestructura hídrica compartida*.
- CONAF. (2014). Obtenido de <https://www.conaf.cl/>
- CONAF. (s.f.). *Uso de Suelo, IDE MINAGRI*. 2019.
- CORFO, & ASOEX. (2019). *Caracterización física e hidrológica de los cuerpos criosféricos en cuencas estratégicas de la región de Atacama*. Obtenido de <https://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/handle/11373/692515>
- DGA. (1989). *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/>
- DGA. (2016). *Embalses - Inventarios*. Recuperado el 2024, de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Documents/Embalses.zip>
- 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](https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d28ba07a-b472-4b6d-96db-628a3d3851e5/content)
- DGA. (2017). *Plantas desaladoras*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/35263/Plantas%20desaladoras>
- DGA. (2020). *Declaraciones de agotamiento de aguas superficiales*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/asuperficiales/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2020). PEGHs. *Planes Estratégicos de Gestión Hídrica*.
- 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 Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Huasco*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/7675>
- dga. (2021). *Conoce el Plan de Reconstrucción de Atacama*. [https://www.gob.cl/noticias/conoce-el-plan-de-reconstruccion-de-
atacama/#:~:text=El%20proceso%20de%20reconstrucci%C3%B3n%20consiste,t%C3%A9rmino%20de%20este%20per%C3%ADodo%20presidencial.](https://www.gob.cl/noticias/conoce-el-plan-de-reconstruccion-de-atacama/#:~:text=El%20proceso%20de%20reconstrucci%C3%B3n%20consiste,t%C3%A9rmino%20de%20este%20per%C3%ADodo%20presidencial.)

- DGA. (2021). Conoce el Plan de Reconstrucción de Atacama. <https://www.gob.cl/noticias/conoce-el-plan-de-reconstruccion-de-atacama/#:~:text=El%20proceso%20de%20reconstrucci%C3%B3n%20consiste,t%C3%A9rmino%20de%20este%20per%C3%ADodo%20presidencial.>
- DGA. (2021). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca Costeras e Islas Río Salado - Río Copiapó. <https://snia.mop.gob.cl/PIA/items/753a1942-4c78-425a-abe4-e7172339ff75>.
- DGA. (2021). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de Maricunga*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/125491>
- DGA. (2021). *Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Río Salado*. Obtenido de <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/handle/20.500.13000/126253>
- DGA. (2022). *Homologación del Cálculo Hidrológico para la Estimación de la Oferta Natural de Agua Histórica y Futura en Chile*. Santiago.
- DGA. (2022). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de La Quebrada Carrizal S.I.T N°500.
- DGA. (2022). Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca de la Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada de Carrizal.
- 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
- DGA. (2023). *Decretos declaración zona de escasez vigentes*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- DGA. (2023). *Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA*. Obtenido de https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx
- DGA. (2023). *Mapoteca Digital*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>
- DGA. (2023). *Zonas de prohibición*. Obtenido de <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/zonadeprohibicion.aspx>
- DGA. (2024). *Boletín N° 552 Información Pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas*. Obtenido de

- <https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/BoletinDGAAbril2024.pdf>
- DGOP. (2021). *Plan de Inversión en Iniciativas Hídricas 2020-2050*.
- Dictuc. (2021). *Metodología para Priorización de Cuencas Hidrográficas para Elaboración de Normas Secundarias de Calidad Ambiental u otros Instrumentos de Gestión relacionados a Calidad del Agua*.
- DIRPLAN. (2012). *Metodología de evaluación socioeconómica ex ante de planes territoriales de infraestructura y gestión de recurso hídrico — MOP*. Santiago.
- DIRPLAN. (2024). *Estudio básico: Análisis integral Plan Director de Infraestructura 2025-2055*. Santiago.
- DOH. (2021). *Listado de Sistemas de Agua Potable Rural en Chile*. Obtenido de <https://datos.gob.cl/dataset/listado-de-sistemas-de-agua-potable-rural-en-chile>
- DOH. (2023). *Listado de Servicios Sanitarios Rurales*. Santiago, Chile.
- EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Obtenido de <https://www.emdat.be/>
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- GORECoquimbo. (2020). *Estrategias Regional del Desarrollo*. <https://www.gorecoquimbo.cl/estrategia-regional-de-desarrollo/gorecoquimbo/2015-05-08/164205.html>.
- II, S. (2012). *SIFAC II. CONSUMOS Y CIENTES MENSUALES 2012-2023*.
- 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). *Censo Agropecuario*. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>
- INE. (2021). *VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- INE. (2024). *Generación y distribución de energía eléctrica*.
- INIA. (2023). *Expertos en materia hídrica avanzan en programa piloto de recarga de acuíferos en Pan de Azúcar*. Obtenido de <https://www.inia.cl/2022/03/23/expertos-en-materia-hidrica-avanzan-en-programa-piloto-de-recarga-de-acuiferos-en-pan-de-azucar/>
- Lempert, R. (2019). Robust Decision Making (RDM). En V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen, & S. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty*. Springer, Cham.
- Minería, S. N. (2022). *Anuario de La Minera Chile*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/anuario-de-la-mineria-de-chile/>
- MMA. (2023). *Plan de Acción Regional de Cambio Climático Región de Atacama*. Obtenido de Gobierno Regional de Atacama: https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/2024_01_08_Plan_Acción_Regional_Cambio_Climático.pdf

- MOP. (2012). *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Atacama*. Obtenido de https://planeamiento.mop.gob.cl/planes/regional/Paginas/detalle_prigrh.aspx?item=5
- MOP. (2021). Análisis de Inversión en Infraestructura y Gestión Hídrica 2020 -2050.
- MOP. (2021). PRIGRH. *Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico* .
- MOP. (2023). Inventario de Planes . *Plan Territorial de Desarrollo para Zonas Rezagadas Freirina Sustentable, Región de Atacama*.
- MOP. (2023). *Inversión Historica MOP 1986-2023*.
- Nueva Atacama. (2022). *Memoria Nueva Atacama 2022*.
- Nueva Atacama. (2023). *Áreas de concesión*. Obtenido de https://www.nuevaatacama.cl/p_373-381_concesionnew
- ODEPA. (2021). *Resultados del VII Censo Agropecuario y Forestal*. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/estadisticas/estadisticas-productivas/resultados-del-viii-censo-agropecuario-y-forestal>
- ODEPA. (2022). *Catastros Frutícolas*. Santiago, Chile.
- 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).
- S. Larraín, P. P. (2010). *Conflictos por el agua en Chile: entre los derechos humanos y las reglas del mercado*. biblioteca.cehum.org.
- SENAPRED. (2023). *Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres*. Obtenido de <https://bibliogrdsenapred.gob.cl/handle/2012/21/recent-submissions?offset=0>
- Sernageomin. (2018). *Anuario de la Minería de Chile*. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2019/06/Libro_Anuario_2018_.pdf
- SERNAGEOMIN. (2022). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNAGEOMIN. (2023). *Catastro de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
- SERNAGEOMIN. (2024). *Servicio Nacional de Geología y Minería*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/>
- 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., Eriqat, F., & Diaz Anadon, L. (2016). Formulating Expectations for Future Water Availability through Infrastructure Development Decisions in Arid Regions. *Systems Engineering*. doi:10.1002/sys.21337
- SiSS. (2022). *Servicios Sanitarios Rurales*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-7244.html>

- SiSS. (2022). *Sistema de Gestión Unidad Información - PTAS*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- 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). *PTAS en operación*. Obtenido de <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6409.html>
- SiSS. (2023). Sistema de Facturación Clientes y Coberturas SIFAC II.
- SiSS. (2023). *Sistema de Gestión Unidad Información - Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- SiSS. (2023). *Territorios Operacionales*. Obtenido de <https://sit.siss.gob.cl/>
- SiSS. (2024). Planes de desarrollo vigentes. <https://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6399.html>.
- Subdere. (2023). *División Política Administrativa 2023*. Obtenido de <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog/36391/Divisi%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20Administrativa%202023>
- Vitale, J., & Puebla, P. (2017). Aplicación de la prospectiva estratégica a la gestión integrada del recurso hídrico. En *Desafíos del agua para la región Latinoamericana* (págs. 80-93). Santiago: Fundación Chile.
- Walker, W. E., Marchau, V. A., & Kwakkel, J. H. (2019). Dynamic Adaptive Planning (DAP). En V. A. Marchau, W. E. Walker, P. J. Bloemen, & S. W. Popper, *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*. Cham: Springer.