



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

DIRECCIÓN REGIONAL DE AGUAS

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA RÍO SALADO

INFORME FINAL

**REALIZADO POR
UTP HIDROGESTIÓN S.A. – NTTDATA S.A.**

S.I.T. N.º 490

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2021



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**Ministro de Obras Públicas
Sr. Alfredo Moreno Charme**

**Director General de Aguas
Sr. Óscar Cristi Marfil**

**Jefe División Estudios y Planificación
Sr. Mauricio Lorca Miranda**

**Inspector Fiscal
Sra. Carolina Herrera Araya**

**Inspectores Fiscales Subrogantes
Sr. Óscar López Arenas
Sr. Jorge Espinoza Marino**

**Asesor Modelación Integrada
Sr. Pedro Sanzana Cuevas**

**Consultora
Jefe de Proyecto
Sr. Claudio Reyes Hurtado**

**Especialistas y Profesionales
Sr. Eugenio Celedón Correa
Sr. Eugenio Celedón Cariola
Sr. Alejandro Rodríguez Lazcano
Sra. María Sol Tejada
Sra. Gabriela Chaura
Sr. Alexis Vergara Cisterna
Sr. Miguel Segur Pelayo
Sr. Diego Carpentier Nazal
Sr. Óscar Romera Martínez
Sr. Diego Niklitschek Flores
Sr. Sebastián Carvajal Marambio
Sr. Francisco Vergara Riffo
Sr. Nicolás Bravo Reyes
Sra. Yumisleidys Sánchez Sánchez
Srta. Claudia Armijo Cortés
Sr. Francisco Molina Villagrán
Sr. Diego Gálvez Pino**



Índice General

Página

1	<u>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....</u>	1-15
1.1	Introducción	1-15
1.2	Objetivos	1-16
1.2.1	Objetivo general	1-16
1.2.2	Objetivos específicos	1-16
2	<u>CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....</u>	2-18
2.1	Dimensión Física	2-18
2.1.1	Geología y geomorfología	2-18
2.1.2	Hidrología	2-23
2.1.3	Ciudades y población	2-28
2.1.4	Red Vial	2-39
2.2	Clima.....	2-39
2.2.1	Caracterización Climática	2-39
2.2.2	Eventos extremos y variabilidad climática.....	2-42
2.2.3	Escenarios de cambio climático	2-45
2.3	Dimensión Ambiental.....	2-46
2.3.1	Unidades Ecosistémicas	2-47
2.3.2	Áreas silvestres protegidas.....	2-51
2.3.3	Amenazas sobre los ecosistemas.....	2-51
2.4	Infraestructura Hídrica	2-53
2.4.1	Obras Hidráulicas	2-53
2.4.2	Infraestructura Sanitaria	2-59
2.4.3	Redes de Medición.....	2-61
2.5	Nuevas fuentes de agua	2-63
2.5.1	Acuíferos.....	2-63
2.5.2	Plantas desaladoras.....	2-64
2.5.3	Reutilización de aguas industriales y mineras.....	2-66
2.5.4	Reutilización de aguas servidas domiciliarias.....	2-66
2.5.5	Neblinas.....	2-66
2.6	Gobernanza del agua a nivel de cuenca.....	2-68
2.6.1	Mapa de actores.....	2-69
2.6.2	Brechas de coordinación.....	2-76
2.6.3	Brechas de información.....	2-76
3	<u>DEMANDA FÍSICA Y LEGAL.....</u>	3-78

3.1	Demanda para uso humano	3-78
3.1.1	Demanda física	3-79
3.1.2	Demanda legal.....	3-81
3.2	Necesidades mínimas ambientales.....	3-82
3.3	Demanda agrícola	3-83
3.4	Demanda minera.....	3-83
3.4.1	Demanda física	3-83
3.4.2	Demanda Legal	3-87
3.5	Demanda industrial	3-88
3.5.1	Demanda física	3-88
3.5.2	Demanda legal.....	3-89
3.6	Demanda pecuaria	3-89
3.7	Sistematización de la demanda	3-90
4	OFERTA DE AGUA	4-92
4.1	Agua Superficial	4-92
4.1.1	Fuentes.....	4-92
4.1.2	Oferta en la fuente	4-94
4.1.3	Calidad del agua	4-99
4.1.4	Fuentes contaminantes	4-103
4.1.5	Derechos de aprovechamiento de agua otorgados	4-103
4.2	Agua subterránea.....	4-105
4.2.1	Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común	4-105
4.2.2	Oferta en la fuente	4-107
4.2.3	Calidad del agua	4-109
4.2.4	Fuentes contaminantes	4-111
4.2.5	Derecho de aprovechamiento de aguas otorgados	4-112
4.3	Trasvases y desalación.....	4-113
5	BALANCE DE AGUA	5-115
5.1	Modelo de simulación.....	5-118
5.1.1	Descripción del modelo elaborado	5-119
5.1.2	Balace de agua actual	5-122
5.1.3	Balace de agua proyectado	5-125
5.2	Brechas hídricas.....	5-127
5.2.1	Seguridad Hídrica para las Personas	5-129
5.2.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	5-133
5.2.3	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas	5-136
5.2.4	Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	5-138
5.2.5	Gestión Institucional.....	5-140
5.2.6	Gobernanza	5-143
5.3	Sustentabilidad de acuíferos	5-144



5.4	Indicadores hídricos de la cuenca	5-144
5.4.1	Indicadores de Estado.....	5-145
5.4.2	Indicadores de Impacto	5-147
5.5	Análisis de sensibilidad.....	5-155
5.5.1	Definición de los escenarios	5-155
5.5.2	Resultados de los escenarios	5-156
5.6	Mercado del agua	5-157
6	<u>ACCIONES</u>	6-159
6.1	Seguridad Hídrica para las Personas	6-159
6.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	6-160
6.3	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas	6-160
6.4	Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos.....	6-161
6.5	Gestión Institucional	6-161
6.6	Gobernanza	6-162
6.7	Otras acciones relevantes.....	6-162
6.7.1	Planificación a nivel regional	6-162
6.7.2	Fondo Nacional de Desarrollo Regional	6-162
7	<u>INICIATIVAS PROPUESTAS</u>	7-164
7.1	Síntesis de selección de alternativas	7-164
7.1.1	Seguridad Hídrica para las Personas	7-164
7.1.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	7-177
7.1.3	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas	7-190
7.1.4	Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	7-198
7.1.5	Gestión Institucional	7-202
7.1.6	Gobernanza.....	7-218
7.2	Alternativas seleccionadas	7-225
7.3	Líneas de Acción	7-226
7.4	Valorización económica del Plan	7-227
7.5	Cronograma de soluciones.....	7-231
8	<u>IMPLEMENTACIÓN</u>	8-234
8.1	Hitos de referencia	8-234
8.1.1	Plan de Acción de Corto Plazo	8-234
8.1.2	Plan de Acción de Mediano y Largo Plazo.....	8-234
8.2	Estrategia de implementación	8-237
8.2.1	Estructura del Plan de Gestión	8-237
8.2.2	Aspectos Institucionales.....	8-238
8.2.3	Aspectos de Cultura del Agua	8-241
8.2.4	Aspectos de financiamiento	8-242
8.3	Estrategia de comunicación	8-242
8.3.1	Público objetivo.....	8-242



8.3.2	Contenidos a comunicar	8-242
8.3.3	Medios de comunicación.....	8-243
8.3.4	Metas	8-244
8.4	Identificación de fuentes de financiamiento.....	8-246
9	<u>MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN.....</u>	<u>9-247</u>
9.1	Plan de Monitoreo.....	9-247
9.1.1	Indicadores	9-247
9.1.2	Seguimiento	9-250
9.2	Mecanismos para el análisis y la toma de decisiones	9-250
10	<u>ASPECTOS NORMATIVOS.....</u>	<u>10-251</u>
10.1	Integración entre aguas terrestres y marítimas	10-251
10.2	Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial...	10-252
10.3	Reutilización de aguas grises tratadas	10-252

Índice de Tablas

Tabla 2-1	Superficie de las subcuencas río Salado	2-18
Tabla 2-2.	Antecedentes de la cuenca hidrográfica río Salado.....	2-23
Tabla 2-3.	Caudales estimados para el cauce principal de la cuenca producto de las crecidas de marzo de 2015	2-24
Tabla 2-4	Comunas presentes en la cuenca río Salado.....	2-28
Tabla 2-5	Población total según localidad.....	2-29
Tabla 2-6	Número de habitantes y porcentaje de aumento poblacional urbana y rural	2-31
Tabla 2-7	Características demográficas población cuenca río Salado.....	2-32
Tabla 2-8	Número de personas pertenecientes a pueblos originarios y porcentaje según comuna cuenca Salado.....	2-34
Tabla 2-9	Proyectos en proceso de consulta indígena con participación de las comunidades indígenas de la cuenca río Salado	2-36
Tabla 2-10	Frecuencia de eventos extremos por año, región de Atacama.....	2-44
Tabla 2-11	Modelos global de clima seleccionados para representar las proyecciones de cambio climático en el estudio Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Norte y Centro (DGA, 2018).....	2-46
Tabla 2-12	Conducciones de producción Caldera.....	2-56
Tabla 2-13	Resumen del volumen trasvasado a la cuenca río salado	2-56
Tabla 2-14	Plantas desaladoras de agua de mar actuales en la cuenca	2-57
Tabla 2-15	Cobertura Aguas Servidas según ciudad/localidad.....	2-61
Tabla 2-16	Estaciones de medición hídrica en la cuenca río Salado	2-62
Tabla 2-17	Plantas desaladoras proyectadas	2-64



Tabla 2-18. Captación promedio de agua de niebla identificada en la zona norte de Chile	2-67
Tabla 3-1 Suministro de agua potable urbana según fuente. Año 2020	3-79
Tabla 3-2 Consumo y producción de agua potable en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Año 2020	3-80
Tabla 3-3 Consumo y producción de agua potable en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Año 2050	3-81
Tabla 3-4 Derechos de aprovechamiento de aguas para consumo humano.....	3-82
Tabla 3-5 Demanda hídrica actividades mineras más relevantes	3-84
Tabla 3-6 Consumo de agua industrial, División Salvador y Rajo Inca.....	3-85
Tabla 3-7 Localización Proyecto Rajo Inca, CODELCO	3-86
Tabla 3-8 Derechos de aprovechamiento de aguas para uso minero	3-88
Tabla 3-9 Demanda industrial manufacturera en la cuenca río Salado (m ³ /año).....	3-88
Tabla 3-10 Derechos de aprovechamiento de aguas para uso industrial	3-89
Tabla 3-11 Resumen de demanda consuntivas. Cuenca río Salado	3-90
Tabla 3-12 Resumen de demanda no consuntiva. Cuenca río Salado	3-90
Tabla 3-13 Origen de la captación de agua según la demanda.....	3-91
Tabla 4-1 Nodos de control para la presentación de la oferta de agua	4-93
Tabla 4-2 Oferta de agua superficial por nodos de control. Periodo histórico y actual (hm ³ /año)	4-95
Tabla 4-3 Promedio precipitación en el periodo histórico (1990-2014) periodo actual (2015-2020) y periodos proyectados (2021-2050). Variación respecto al histórico	4-97
Tabla 4-4 Oferta de agua superficial (hm ³ /año) por nodos de control. Período proyectado	4-98
Tabla 4-5 Calidad del agua según límite máximo establecido para parámetros químicos, según Norma chilena 409/1	4-101
Tabla 4-6 Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales	4-104
Tabla 4-7 Parámetros estimación de recarga.....	4-105
Tabla 4-8 Volumen de acuíferos cuenca río Salado.....	4-106
Tabla 4-9 Stock de agua en los acuíferos en la cuenca río Salado	4-108
Tabla 4-10 Recarga acuíferos periodo 1990-2014 y 2015-2020	4-108
Tabla 4-11 Recarga acuíferos periodo 2021-2050	4-109
Tabla 4-12 Oferta de agua externa a la cuenca. Trasvases y desalación	4-113
Tabla 5-1 Comparación de precipitaciones (pp), caudal total (Q), evapotranspiración (ET) y recarga, según DGA (2018).....	5-115
Tabla 5-2 Balance hídrico operacional. Brecha de Balance periodo actual.....	5-117
Tabla 5-3 Balance hídrico operacional. Brecha de Balance periodo proyectado.....	5-118
Tabla 5-4 Síntesis de demandas y brechas, actual y proyectada (hm ³ /año).....	5-119
Tabla 5-5 Balance de agua superficial periodo histórico 1990-2014, hm ³ /año.....	5-123
Tabla 5-6 Balance de agua superficial periodo actual 2015-2020, hm ³ /año	5-123



Tabla 5-7 Balance de agua subterráneo periodo histórico 1990-2014, hm ³ /año	5-124
Tabla 5-8 Balance de agua subterráneo periodo actual 2015-2020, hm ³ /año.....	5-124
Tabla 5-9 Balance de agua superficial periodo proyectado 2021-2050, hm ³ /año	5-125
Tabla 5-10 Balance de agua subterráneo periodo proyectado 2021-2050, hm ³ /año..	5-126
Tabla 5-11 Síntesis de la brecha hídrica para las personas. Abastecimiento.....	5-131
Tabla 5-12 Brecha según dotación para consumo humano	5-131
Tabla 5-13 Síntesis de la brecha de acceso al Saneamiento	5-132
Tabla 5-14 Síntesis demanda y brecha actual y proyectada, según actividad minera (hm ³ /año)	5-138
Tabla 5-15. Definición de Indicadores de Estado.....	5-146
Tabla 5-16. Cuantificación de Indicadores de Estado	5-146
Tabla 5-17. Definición de Indicadores de Impacto.....	5-147
Tabla 5-18. Determinación de Indicadores de Impacto	5-151
Tabla 5-19 Resultados de escenarios de gestión	5-157
Tabla 5-20 Valor de la mediana de UF/(l/s) según transacciones en conservador de bienes raíces y categorías de derechos de aprovechamiento de aguas.....	5-158
Tabla 6-1 Acciones con relación a los recursos hídricos identificadas en la cuenca....	6-159
Tabla 7-1 Iniciativas para la Seguridad Hídrica para las Personas	7-165
Tabla 7-2. Costo total por arranque	7-166
Tabla 7-2. Ficha de iniciativa PER 1.1	7-167
Tabla 7-3. Ficha de iniciativa PER 1.2.....	7-168
Tabla 7-4. Ficha de iniciativa PER 1.3.....	7-170
Tabla 7-5. Partidas del estudio de perfil para reutilización de agua en Chañaral.....	7-172
Tabla 7-6. Ficha de iniciativa PER 2.1	7-173
Tabla 7-7. Ficha de iniciativa PER 2.2.....	7-176
Tabla 7-8 Iniciativas para la Seguridad Hídrica los Ecosistemas	7-178
Tabla 7-9. Partidas para estudio de los humedales cordilleranos	7-180
Tabla 7-10. Ficha de iniciativa PER 3.1	7-181
Tabla 7-11. Ficha de iniciativa ECO 1.2.....	7-182
Tabla 7-12. Partidas del estudio de cambio de puntos de captación.....	7-183
Tabla 7-13. Ficha de iniciativa ECO 1.3.....	7-184
Tabla 7-14. Ficha de iniciativa ECO 2.1.....	7-186
Tabla 7-15. Partidas para un Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera	7-188
Tabla 7-16. Ficha de iniciativa ECO 2.2.....	7-189
Tabla 7-17 Iniciativas para la Seguridad Hídrica de las Actividades Productivas	7-191
Tabla 7-18. Partidas para el estudio de interconexión hídrica	7-192
Tabla 7-19. Ficha de iniciativa PRO 1.1.....	7-193
Tabla 7-20. Partidas para un estudio regulatorio y operacional	7-194
Tabla 7-21. Ficha de iniciativa PRO 1.2.....	7-195



Tabla 7-22. Especificaciones técnicas para el diseño de un sistema de atrapanieblas y red de almacenamiento y conducción de agua para riego	7-197
Tabla 7-23. Partidas para un sistema de atrapanieblas	7-197
Tabla 7-24. Ficha de iniciativa PRO 2.1	7-198
Tabla 7-25. Iniciativas para la Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	7-199
Tabla 7-26. Ficha de iniciativa DES 1.1	7-201
Tabla 7-27. Iniciativas para la Gestión Institucional	7-203
Tabla 7-28. Estaciones hidrometeorológicas propuestas para la cuenca río Salado ...	7-204
Tabla 7-29. Ficha de iniciativa GES 1.1	7-205
Tabla 7-30. Pozos de monitoreo a ser instalados en la cuenca	7-206
Tabla 7-31. Ficha de iniciativa GES 1.2	7-208
Tabla 7-32. Monitoreos a ser realizados en la cuenca	7-209
Tabla 7-33. Ficha de iniciativa GES 1.3	7-210
Tabla 7-34. Ficha de iniciativa GES 1.4	7-211
Tabla 7-35. Estudios específicos a ser realizados en la cuenca	7-213
Tabla 7-36. Ficha de iniciativa GES 1.5	7-213
Tabla 7-37. Ficha de iniciativa GES 2.1	7-215
Tabla 7-38. Ficha de iniciativa GES 2.2	7-216
Tabla 7-39. Partidas para un Plan Estratégico de Gestión Hídrica regional	7-217
Tabla 7-40. Ficha de iniciativa GES 3.1	7-218
Tabla 7-41. Gobernanza	7-219
Tabla 7-42. Actores que podrían formar parte de una gobernanza de partida	7-220
Tabla 7-43. Ficha de iniciativa GOB 1.1	7-222
Tabla 7-44. Alcances de una Secretaría Técnica	7-223
Tabla 7-45. Ficha de iniciativa GOB 1.2	7-224
Tabla 7-46. Alternativas seleccionadas	7-225
Tabla 7-47. Responsables por Línea de Acción	7-228
Tabla 7-48. Resumen de iniciativas de inversión	7-229
Tabla 7-49. Resumen de inversión por institución responsable y plazo de ejecución .	7-231
Tabla 8-1. Plan de Acción de Corto Plazo	8-235
Tabla 8-2. Plan de Mediano y Largo Plazo	8-236
Tabla 8-3. Metas de la Estrategia de Comunicación	8-245
Tabla 8-4. Fuentes de Financiamiento (Millones de \$)	8-246
Tabla 9-1. Indicadores del Proceso	9-248

Índice de Figuras

Figura 2-1 Cuenca río Salado y localidades	2-19
Figura 2-2 Geomorfología cuenca río Salado	2-20
Figura 2-3 Mapa Geológico de la cuenca río Salado	2-21
Figura 2-4 Hidrografía de la cuenca río Salado.....	2-24
Figura 2-5 Unidades de interés hidrogeológico cuenca río Salado	2-26
Figura 2-6 Población por localidades en la cuenca	2-30
Figura 2-7 Proyección de población de la cuenca	2-31
Figura 2-8 Pirámide de población	2-33
Figura 2-9 Línea de tiempo de desarrollo cultural, región de Atacama	2-33
Figura 2-10 Distribución del Producto Interno Bruto de la región de Atacama	2-37
Figura 2-11 Red Vial	2-39
Figura 2-12 Tipos de Climas (Köppen) en la cuenca río Salado	2-40
Figura 2-13 Precipitación Histórica para el periodo 1985-2020 (mm). Comparación precipitación observada en Estación Las Vegas con Modelo RFMEP.....	2-41
Figura 2-14 Precipitaciones (mm) en la cuenca río Salado.....	2-42
Figura 2-15 Distribución térmica (°C) en la cuenca río Salado	2-43
Figura 2-16 Usos de suelo	2-47
Figura 2-17 Pisos vegetacionales de la cuenca río Salado.....	2-49
Figura 2-18 Áreas Protegidas y Humedales de la cuenca río Salado.....	2-52
Figura 2-19 Tranques localizados en la cuenca río Salado	2-54
Figura 2-20 Trasvases y aducciones.....	2-57
Figura 2-21 Desaladoras existentes	2-58
Figura 2-22 Localización pozos de extracción cuenca río Salado.....	2-59
Figura 2-23 Esquema sistema de agua potable Diego de Almagro - El Salado.....	2-60
Figura 2-24 Estaciones meteorológicas en la cuenca río Salado	2-63
Figura 2-25 Nuevas fuentes de agua en la cuenca río Salado	2-65
Figura 2-26 Identificación de actores claves.....	2-69
Figura 2-27 Grupos de actores de la cuenca por eje de seguridad hídrica.....	2-70
Figura 2-28 Mapa de actores según seguridad hídrica para el consumo humano	2-74
Figura 2-29 Grafo de actores según relaciones y tipo	2-75
Figura 3-1 Demandas brutas consuntivas de agua (hm ³ /año).....	3-78
Figura 4-1 Nodos de control para la presentación de la oferta de agua	4-93
Figura 4-2 Distribución anual de la precipitación a nivel de cuenca. Promedio de precipitaciones mensuales (líneas) y promedio precipitaciones acumulado (barras). Periodo Histórico 1990-2014 y actual 2015-2020.	4-95
Figura 4-3 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período actual (2015-2020).....	4-96
Figura 4-4 Proyección de la precipitación (mm) en el periodo 2015-2050. Promedio móvil 10 años de la precipitación (mm)	4-97

Figura 4-5 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período proyectado (2021-2050)	4-99
Figura 4-6 Puntos de muestreo para calidad de aguas superficiales	4-100
Figura 4-7 Principales parámetros químicos en estaciones de calidad de agua según norma chilena 1.333	4-101
Figura 4-8 Diagrama de Piper según campaña de monitoreo, proyecto Rajo Inca, CODELCO	4-102
Figura 4-9 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales	4-104
Figura 4-10 Basamento, volumen y stock de acuíferos cuenca río Salado (hm ³)	4-106
Figura 4-11 Profundidad del nivel estático de los sectores acuíferos (m)	4-109
Figura 4-12 Puntos de muestreo de calidad de aguas subterráneas	4-110
Figura 4-13 Puntos de muestreo y principales parámetros de calidad de aguas subterráneas	4-111
Figura 4-14 Derechos de aprovechamiento de agua subterránea	4-112
Figura 5-1 Zona modelada hidrológicamente	5-120
Figura 5-2 Ejes de la Planificación Estratégica	5-128
Figura 5-3 Árbol de Problemas para la seguridad hídrica de las personas	5-130
Figura 5-4 Árbol de Problemas para ecosistemas	5-134
Figura 5-5 Árbol de Problemas para las actividades productivas	5-136
Figura 5-6 Árbol de Problemas ante Eventos Extremos	5-139
Figura 5-7 Árbol de Problemas de Gestión	5-141
Figura 7-1 Árbol de Soluciones para la seguridad hídrica de las personas	7-165
Figura 7-2 Árbol de Soluciones para ecosistemas	7-177
Figura 7-3 Árbol de Soluciones para las actividades productivas	7-191
Figura 7-4 Árbol de Soluciones ante Eventos Extremos	7-199
Figura 7-5 Árbol de Soluciones de la gestión institucional	7-202
Figura 7-6 Propuesta de estaciones meteorológicas y pozos de monitoreo	7-207
Figura 7-7 Árbol de Soluciones para la Gobernanza	7-219
Figura 7-8 Líneas de Acción del Plan Estratégico	7-227
Figura 7-9 Cronograma de implementación del Plan Estratégico	7-233
Figura 8-1 Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza	8-238
Figura 8-2 Actores que forman parte del sistema de Gobernanza	8-240

Índice de ilustraciones

Ilustración 2-1 Consecuencias aluviones en Chañaral	2-45
---	------



Anexos

Anexo A. Abreviaturas

Anexo B. Referencias

Anexo C. Glosario

Anexo D. Figuras

Anexo E. Antecedentes Recopilados

Anexo F. Aspectos Metodológicos

- F1. Aspectos metodológicos
- F2. Resultados demandas
- F3. Balance y oferta
- F4. Indicadores
- F5. Brechas
- F6. Población

Anexo G. Sistema de Información Geográfica

- G1. Proyecto SIG
- G2. Diccionario

Anexo H. Modelos hidrológico e hidrogeológico

- H1. Validación de la precipitación
- H2. Validación de la precipitación acumulada
- H3. Validación de la temperatura
- H4. Modelo Hidrológico conceptual subterráneo en Surfer
- H5. Modelo WEAP
- H6. Resultados escenario base modelo WEAP
- H7. Información capacitación

Anexo I. Participación Ciudadana

- I0. Comunicación
- I1. Identificación de actores
- I2. Lanzamiento
- I3. Jefes de Unidad DGA
- I4. Talleres
- I5. Visita a Terreno
- I6. Presentación final
- I7. Minuta de reuniones



Anexo J. Plan Estratégico

- J1. Árbol de problemas
- J2. Estado de restricciones
- J3. Gobernanza
- J4. Cartera de iniciativas catastradas
- J5. Iniciativas PEGH
- J6. Evaluación de costos
- J7. Integración de infraestructura hidráulica
- J8. Escenarios de gestión

Anexo K. Caracterización Hidrogeológica

- K1. Campaña de gravimetría diseñada
- K2. Cartas geológicas escala 1:100.000 zona de estudio
- K3. Campañas gravimétricas y TEM ejecutadas
- K4. Campaña de TEM diseñada

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Introducción

El presente documento da cuenta del Informe Final del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca río Salado. El propósito de este Plan es contar con un instrumento capaz de orientar la toma de decisiones relacionadas con el agua, mediante la generación de portafolios de acciones para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la información, instituciones e infraestructura de agua, adaptación al cambio climático y un sistema de gobernanza.

La gestión de los recursos hídricos a nivel territorial es uno de los grandes desafíos que enfrenta el país y, en consecuencia, uno de los acuerdos adoptados en el contexto de la Mesa Nacional del Agua ha sido la elaboración de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica de las 101 cuencas del país, para el año 2030. En particular, la cuenca río Salado se caracteriza por desarrollarse a continuación de la meseta altiplánica, definida por el cauce del río Salado, que corre hacia su desembocadura junto a la localidad de Chañaral.

Esta cuenca se caracteriza por el uso minero, la convivencia con las comunidades indígenas y los eventos extremos. En su territorio se encuentra la faena minera de CODELCO División Salvador, que en su nueva fase se denomina Rajo Inca, y las instalaciones de la Empresa Nacional de Minería. Además, comparte la faena de Mantoverde con las cuencas costeras que se encuentran al sur (Costeras e Islas entre río Salado y río Copiapó). El uso minero ha resultado en pasivos ambientales históricos y conflictos por el uso de las aguas, el último de los cuales se resolvió con un avenimiento entre CODELCO y el Consejo de Defensa del Estado, en el año 2020. En este acuerdo se establecen medidas de colaboración con las comunidades indígenas de origen Colla que habitan el territorio, así como algunas medidas de resguardo para las quebradas que abastecen de agua a las localidades de El Salvador, Diego de Almagro e Inca de Oro.

El abastecimiento de agua para consumo humano en la parte baja de la cuenca, específicamente en la localidad de Chañaral, se realiza mediante un acueducto que trasvasa aguas desde los acuíferos del valle de Copiapó, y que recientemente se ha visto reforzado por la entrada en operación de la nueva planta desaladora de ECONSSA, en Caldera. Sin embargo, la longitud del acueducto (de más de 100 km de longitud), plantea riesgos asociados a desastres de origen natural que pudieran afectar la continuidad del abastecimiento. Precisamente, los eventos extremos han sido una fuente de riesgo reciente, que se han manifestado con fuerza en la cuenca, han provocado la revisión de las zonas urbanas y desplazado hacia zonas no habilitadas a aquellos habitantes que perdieron su primera vivienda.

En este contexto, este informe da cuenta de la recopilación de información, análisis y diagnóstico de las características de la cuenca y las condicionantes del ciclo hidrológico. Por último, en cuanto a la generación de información primaria, se identificó, caracterizó y conversó con los actores públicos y privados locales, relacionados con la gestión de los recursos hídricos.

Complementariamente, el presente Plan Estratégico incorporó los indicadores y metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible N°6, Agua Limpia y Saneamiento, de la Agenda 2030 de Naciones Unidas. De esta forma, se adopta un enfoque de Gestión Sostenible de los recursos hídricos, que se estructura bajo ejes de Seguridad Hídrica, y que se implementa a partir de una Gestión Integrada de los mismos.

Para dar cuenta del propósito del Plan, se adoptó como concepto estructurante la **Seguridad Hídrica**, entendida como la capacidad de proveer agua en cantidad, calidad y oportunidad requerida para las personas, los ecosistemas y las actividades productivas. Además, se debe tener en cuenta que esta provisión de agua debe ser resiliente frente a eventos extremos. Es por ello, que se adopta el concepto de **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)** como una aproximación que trasciende el manejo del recurso, extendiéndose hacia las fuentes o componentes del ciclo hidrológico en su totalidad. De esta forma, la GIRH implica la atención a las múltiples necesidades de diferentes actores, pero en consideración a los diferentes estados del recurso hídrico en cada cuenca. Esta aproximación desde la Seguridad Hídrica y la GIRH se alinean con la propuesta de un sistema de **Gobernanza** conversada con los usuarios, que se operativiza a través de Comités de Seguridad Hídrica, reunidos en un Consejo de Regional de Recursos Hídricos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer un Plan Estratégico indicativo en la **cuenca río Salado**, que oriente la toma de decisiones relacionadas con el agua, mediante la generación de portafolios de acciones para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la información, instituciones e infraestructura de agua, adaptación al cambio climático y la gobernanza.

1.2.2 Objetivos específicos

- **OBJETIVO N°1:** Describir el estado hídrico actual del área de estudio.
- **OBJETIVO N°2:** Caracterizar la hidrogeología del área de estudio con técnicas geofísicas, pruebas hidráulicas y muestras en terreno.
- **OBJETIVO N°3:** Construir un modelo hidrogeológico conceptual que sirva como base para el desarrollo futuro de un modelo numérico de aguas subterráneas.
- **OBJETIVO N°4:** Construir un modelo de simulación hidrológico en WEAP, para simular la hidrología histórica, adaptación al cambio climático y escenarios de gestión.
- **OBJETIVO N°5:** Diagnosticar el estado hídrico del área de estudio para obtener los contenidos del plan estratégico de gestión hídrica.

-
- **OBJETIVO N°6:** Realizar un proceso de participación ciudadana que informe y consulte a la institucionalidad del agua relevante del área de estudio, para retroalimentar la formulación del plan estratégico de gestión hídrica.
 - **OBJETIVO N°7:** Formular un plan estratégico de gestión hídrica que contemple un portafolio de acciones que promuevan la seguridad hídrica y sostenibilidad de uso del agua en el área de estudio.
 - **OBJETIVO N°8:** Compilar avances y productos finales en un sistema de información geográfico, informes y actividades de difusión.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La **cuenca río Salado** posee un área de 7.601 km², según la Dirección General de Aguas (DGA), la cual se ubica entre las comunas de Chañaral, Diego de Almagro y Copiapó, extendiéndose totalmente dentro de los límites de la **provincia de Chañaral** y, por lo tanto, de la **región de Atacama**. La cuenca está limitada al norte por la cuenca Costera entre Quebrada Pan de Azúcar y río Salado, al este por la cuenca Endorreicas entre Frontera y Vertiente del Pacífico y al sur por la cuenca Costera e Islas entre río Salado y río Copiapó. Las principales localidades son Chañaral, El Salvador, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro.

La cuenca se subdivide en 3 subcuencas (**Tabla 2-1**) y 11 subsubcuencas.

Tabla 2-1 Superficie de las subcuencas río Salado

Código BNA de cuenca/ Subcuenca	Nombre	Superficie (km ²)
0303	Cuenca río Salado	7.601
030300	Subcuenca río Salado	3.716
030301	Subcuenca Quebrada Saladito	1.319
030302	Subcuenca Quebrada del Chañaral	2.566

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Mapoteca DGA (2021a)

A continuación, la extensión de la cuenca y sus límites se presentan en la **Figura 2-1**.

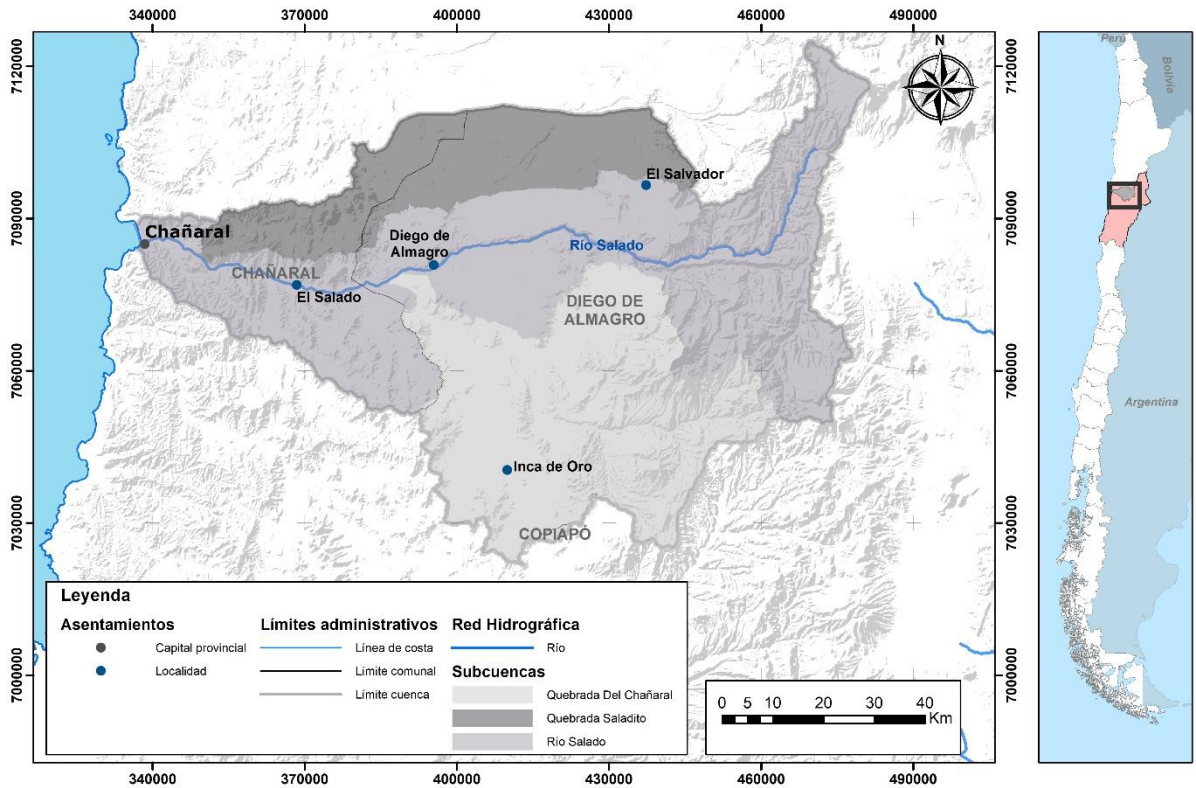
2.1 Dimensión Física

La cuenca hidrográfica es en sí una unidad funcional desde el punto de vista de los recursos hídricos, ya que concentra las aguas que precipitan en forma líquida y sólida, y que posteriormente se evaporan, escurren o infiltran, dando paso a distintos procesos del ciclo hidrológico. A continuación, se presenta una descripción de la geología y geomorfología, hidrología, ciudades, población y red vial de la cuenca, como base para el análisis del Plan Estratégico.

2.1.1 Geología y geomorfología

2.1.1.1 Geomorfología

En la cuenca río Salado se pueden identificar las siguientes unidades: planicie costera; cordillera de la Costa; llanos de sedimentación fluvial o aluvional; pampa Austral; pediplanos, glaciares y piedemonte; y la precordillera Altiplánica, tal como se aprecia en la **Figura 2-2**.



Fuente: Elaboración propia en base a información de la Mapoteca DGA (2021a)

Figura 2-1 Cuenca río Salado y localidades

La cuenca se desarrolló abarcando completamente la cordillera de la Costa, la pampa Austral y la precordillera (Domeyko). Debido a su orientación este-oeste y el control hidrográfico ejercido por el curso del río Salado, muestra una morfología propia de cuencas exorreicas de compacidad media C (según índice de compacidad de Ferrando (1992)), con una zona alta de recolección hidrológica emplazada en la precordillera, que considera un amplio territorio en esta parte; luego una zona de tránsito de los flujos esporádicos ligados a quebradas afluentes al curso principal, desarrollado en la unidad geomorfológica de la pampa Austral.

Finalmente, disminuyendo su ancho, se presenta una zona de desagüe o desembocadura correspondiente al tramo inferior del río Salado, que corta los afloramientos rocosos de la cordillera de la Costa, hasta su desembocadura en las planicies marinas en la playa de Chañaral (DOH, 2020a).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2 Geomorfología cuenca río Salado

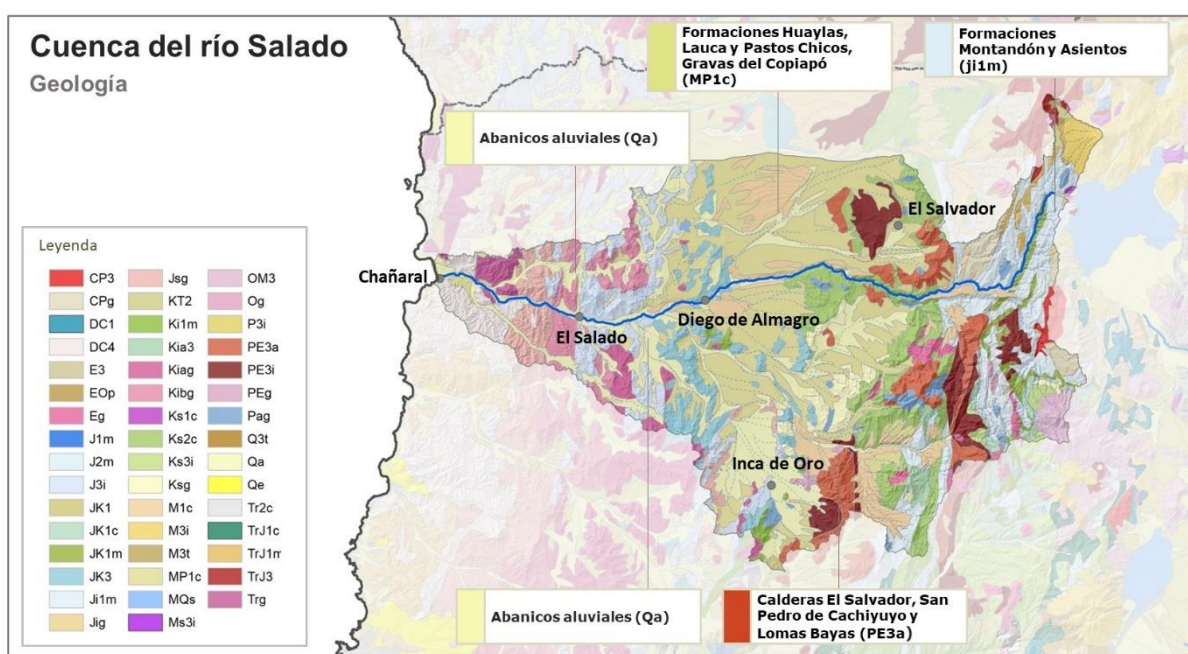
2.1.1.2 Geología

La cuenca río Salado se caracteriza por presentar un basamento antiguo compuesto por rocas sedimentarias metamorizadas paleozoicas que forman el complejo epimetamórfico Chañaral (DC4). Éste aflora adyacente a la costa y ha sido erosionado en el tiempo por algunas quebradas menores, en especial por el río Salado, el cauce mayor que atraviesa toda la cuenca en sentido E-O. También se localizan franjas de intrusivos paleozoicos, referidos a los batolitos quebrada del Castillo (CPg), volcánicos, así como las secuencias volcanosedimentarias en el cerro Pedernales (CP3), localizados al oriente de la cuenca (**Figura 2-3**). La descripción ha sido corroborada con las cartas geológicas 1:100.000 (Anexo K-2), correspondientes a cartografías y realización de perfiles geológicos de diferentes áreas dentro de la cuenca río Salado. Al respecto, se corroboró información en base a Tomlinson et al. (1999) para perfiles geológicos del sector de Potrerillos, hacia el interior de la cuenca; Matthews et al. (2006) para perfiles geológicos del sector de Inca de Oro, en el sector sur de la cuenca; Godoy y Lara (1998) en el sector de Chañaral y Diego de Almagro, en la mitad oeste de la cuenca; y Cornejo et al. (2013), quien realizó perfiles geológicos para el sector de El Salvador.

La intensa actividad volcánica y tectónica a la que ha sido sometida la región se refleja en la presencia de varios cuerpos intrusivos (plutones) que afloran dispersos por toda la hoya estudiada, así como dos grandes sistemas de fallas regionales con dirección principal norte-

sur, definidas como Sistema de Fallas Atacama (SFA) al oeste y Sistema de Fallas Domeyko (SFD) al este del territorio. El SFA aloja un cuerpo plutónico de granodiorita, el Plutón Las Tazas (Kibg) del Cretácico Inferior (DGA, 2020a). Los plutones mencionados anteriormente se diferencian tanto en su composición como en su edad (entre el Cretácico Medio y Triásico).

En la zona de estudio afloran las rocas volcanosedimentarias de la Formación (Fm). La Negra (J3i) en tono celeste claro y del Grupo Punta del Cobre (JK3) en color celeste más intenso. Estas unidades geológicas se ubican al centro y sur de la depresión intermedia (dominada por suelos asociados a formaciones Huaylas, Lauca y Pastos Chicos y Gravas del Copiapó (MP1c) y abanicos aluviales (Qa), entre otros), y al oeste de la cuenca. Además, son intruidas por una serie de rocas plutónicas que se distribuyen en una serie de franjas de orientación N-S (Triásico-Jurásico).



Fuente: Elaboración propia en base a SERNAGEOMIN (2003)

Figura 2-3 Mapa Geológico de la cuenca río Salado

La era Cenozoica está marcada por rocas sedimentarias, algunas simbolizan el paleorelieve existente a los pies de la cordillera de los Andes, que denotan mayor compactación por constituir litologías más antiguas asociadas al Mioceno-Plioceno (Gravas de Atacama (M1c) y depósitos aluviales antiguos (MP1c)). Con un menor grado de compactación y mala selección, se encuentran los depósitos naturales más recientes y antrópicos (MQs) aflorando en laderas y pisos de los cauces que atraviesan la cuenca, variables en su composición debido a la formación de estos (Qa, Qe). Generalmente, son de poco espesor en las zonas más encajonadas por la estrechez de las quebradas y con mayor espesor en zonas más abiertas, como en la depresión intermedia (pampa Austral) y hacia la desembocadura.

2.1.1.3 Suelos

Para la cuenca en estudio, los datos disponibles son escasos, o bien se encuentran obsoletos, debido a que estos suelos poseen una limitada aptitud agrícola, determinada por sus regímenes hidrotérmicos y a la inaccesibilidad de muchos sectores de interés, que finalmente se traduce en la escasez de estudios de suelos actualizados (Henríquez, 2013).

Según lo reportado por Salas et al. (2015), en un estudio de este tipo, los análisis de las muestras cercanas a la costa de Chañaral indican que su composición está representada mayoritariamente por silicio y aluminio, lo que se condice con la estructura litológica de las rocas presentes en la cuenca hidrográfica del río Salado. Otros minerales como el azufre y el bario se encuentran en las capas más superficiales, mientras que el cobre aparece entre los 60 y 130 centímetros de profundidad.

Son suelos franco-arenosos y franco-limosos principalmente, con presencia de feldespatos, que son aquellos minerales más abundantes en la corteza terrestre, llegando a participar en la composición de los suelos en más de un 60% del volumen (Griem, 2020).

Entre la cordillera de Los Andes y la cordillera de la Costa, se encuentran las llanuras depositacionales, que corresponden a suelos de la zona desértica de Chile entre los 18° y los 29° de latitud sur, cuyas alturas aproximadas van desde los 1.000 hasta los 2.800 m.s.n.m. Son sectores constituidos principalmente por mantos de rocas volcánicas terciarias (ignimbritas, riolitas). Las características principales de esta zona son las grandes extensiones con superficies ligeramente onduladas y erosionadas, pendientes uniformes y la presencia de suelos con diferentes grados de salinidad, existiendo sectores con costras duras de sales, carbonatos o sílice (DOH, 2020a).

En los fondos de quebradas y valles se presentan suelos más fértiles, gracias a la sedimentación y los aportes de materia orgánica asociada a las formaciones vegetales que se presentan cercanas a los cursos de agua. La presencia de suelos más productivos permite que los asentamientos humanos se desarrollen en estos sectores, gracias a la factibilidad de realizar cultivos agrícolas, fuente alimenticia de la población indígena y el ganado (Henríquez, 2013).

En el caso de la precordillera, los suelos se presentan de color gris, con gran cantidad de arenas, piedras y sales, pobres en materia orgánica. El altiplano, por su parte, presenta suelos sin desarrollo, de texturas gruesas, muy delgados y poco evolucionados, derivados de materiales volcánicos. En sectores de alta cordillera, sobre los 3.000 m.s.n.m., existen planicies que almacenan aguas de precipitaciones pluviales, deshielos de glaciares y afloramientos de aguas subterráneas. Destaca en estas zonas la presencia de suelos con altos contenido de material orgánico y elevada salinidad (Henríquez, 2013).

2.1.2 Hidrología

2.1.2.1 2.1.2.1 Cursos de agua

La cuenca río Salado es una cuenca exorreica cuyo cauce principal es el río homónimo que cruza desde aguas arriba hacia aguas abajo las localidades de Llanta, Diego de Almagro, El Salado y Chañaral, ésta última en su desembocadura. La cabecera principal del río Salado tiene su origen en las vegas de Vicuña, al pie occidental del cerro Doña Inés, desarrollando su curso en un cañón profundo de dirección suroeste por alrededor de 50 kilómetros. A esta altura, el cajón toma franco rumbo al oeste en dirección a la desembocadura en el mar, recorriendo alrededor de 135 kilómetros de distancia. En la **Figura 2-4** se presenta la hidrografía de la cuenca.

La precordillera andina recibe varias quebradas tributarias, siendo la más importante la **Quebrada el Asiento**. Durante el curso medio recibe sus tributarios más importantes desde el sur, **Quebrada Angostura** y **Quebrada Chañaral Alto**. En su desembocadura, en tanto, su cauce recibe los aportes de la **Quebrada Saladito** desde el norte y la **Quebrada Las Ánimas** desde el sur (DOH, 2020a).

Debido a la **ausencia de estaciones fluviométricas de la DGA** que pudieran medir con factibilidad el caudal del cauce principal, no se pueden obtener empíricamente estos datos. Sin embargo, dadas las condiciones meteorológicas de extrema aridez del territorio, el cauce del río se mantiene seco a excepción de aquellos escurrimientos esporádicos asociados a eventos de precipitaciones con un alto período de retorno, es decir, posee flujo eventual en casos de lluvia extrema o se reúnan las condiciones que generen una menor altitud de las precipitaciones en las zonas pre-altiplánicas (DOH, 2020b). Debido a esto, el cauce principal tiene un régimen hidrológico natural efímero con un escaso escurrimiento permanente.

En la **Tabla 2-2** se resumen los principales antecedentes analizados de la cuenca río Salado.

Tabla 2-2. Antecedentes de la cuenca hidrográfica río Salado

Nombre cuenca	Área (Km ²)	Régimen Hidrológico	Caudal Medio Anual	Principales tributarios
Río Salado	7.601	Esporádico nivo-pluvial.	Indefinido	Quebrada Chañaral Alto Quebrada Angostura Quebrada Saladito Quebrada Las Ánimas Quebrada El Asiento

Fuente: DOH (2020b)

Dadas estas condiciones de eventos extremos, el estudio hidrológico de la cuenca (DOH, 2020a) estimó el caudal del río Salado en diferentes puntos de su recorrido, mediante un ajuste de trazas. El caudal estimado para el cauce principal de la cuenca, producto de las crecidas por el temporal del 25 y 26 de marzo de 2015, se encuentra detallado en la **Tabla 2-3**. El alto caudal mostrado en dicha tabla debe asociarse directamente con este evento

2.1.2.2 Cuerpos de agua

Uno de los rasgos geomorfológicos importantes a considerar en la cuenca río Salado es la presencia de la cordillera de Domeyko como elemento que separa los cauces que vierten sus aguas al mar chileno (como la cuenca río Salado) de aquellos que no lo hacen, por lo que se conforman cuencas endorreicas que permiten la existencia de lagunas y salares.

El cuerpo de agua principal corresponde al tranque de relaves Pampa Austral (en la comuna de Diego de Almagro), mientras que fuera de la cuenca se encuentra el tranque la Ola. Ambos forman parte de la operación de CODELCO en la zona.

El **tranque de relaves Pampa Austral**, se encuentra ubicado en la comuna de Diego de Almagro, en la quebrada El Saladito, a 30 km de Chañaral y 10 km de Diego de Almagro. El tranque fue construido en la primera fase en el año 1990, con el objeto de disponer los relaves provenientes de las operaciones de la planta concentradora. Dentro del uso de las aguas claras del tranque, CODELCO riega una plantación de 5 hectáreas de diversas especies (ver **Figura 2-19**).

Fuera de la cuenca, en el Salar de Pedernales se encuentra el **tranque La Ola** de la misma empresa, el cual suministra agua industrial y potable para la División Salvador, faena minera ubicada dentro de la cuenca río Salado (ver **Figura 2-19**). Históricamente, dicho tranque ha utilizado las aguas del río La Ola, que nace en la confluencia de la quebrada Cerros Bravos y el río Pastos Largos, en la cuenca de Pedernales.

Finalmente, en el inventario de humedales del Ministerio del Medio Ambiente (2020) se identifica la presencia de humedales asociados al cauce principal del río Salado en zonas pre-altiplánicas. Entre los más importantes, en la parte alta de la quebrada Potrerillos se presentan dos humedales: Pasto Cerrado n°1 y Pasto Cerrado n°2.

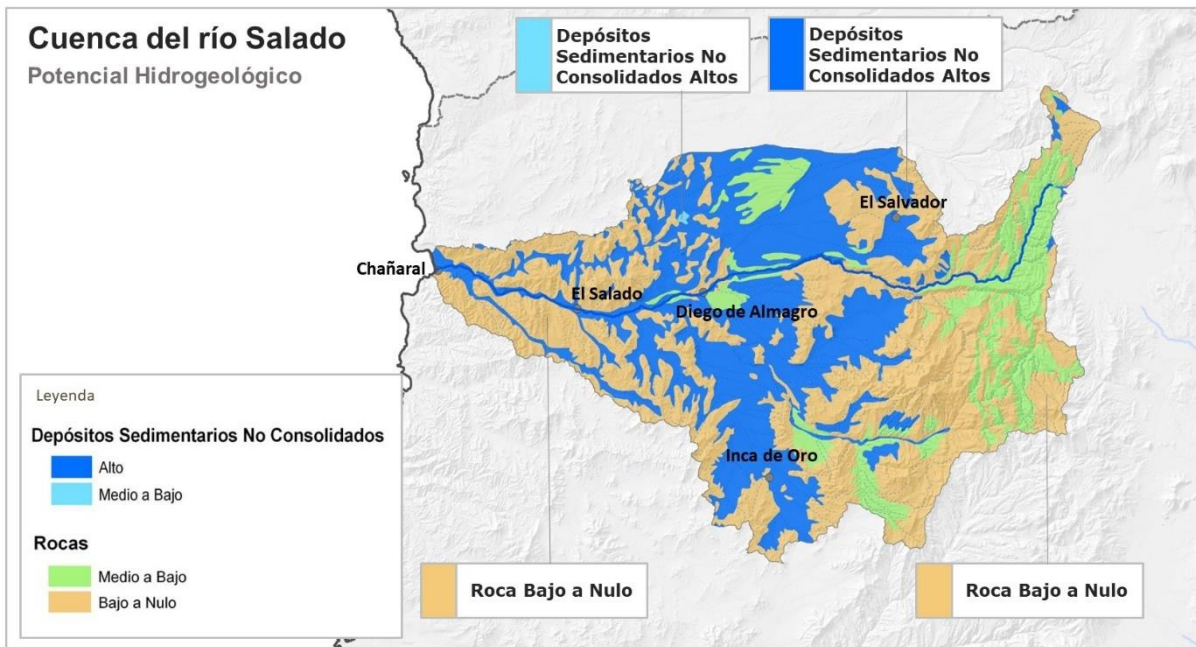
2.1.2.3 Nieves y Glaciares

Debido a sus características geomorfológicas y a su localización, el territorio de la cuenca en estudio **no presenta glaciares**. Lliboutry (1956) señala como límite del equilibrio glaciar los 5.000 m.s.n.m. Este valor puede variar por condiciones locales de exposición, en este sentido, pese a que la cuenca tiene cota máxima de 5.314 m.s.n.m., el Catastro de Glaciares no revela la existencia de glaciares en la cuenca (DGA, 2021b).

Por otro lado, aproximadamente 3.052 km² de superficie de la cuenca se encuentra por encima de los 2.000 m.s.n.m., y considerando que las precipitaciones son escasas, la influencia de la nieve es insignificante, pese a que en algunos sectores donde la precordillera se sitúa entre las isoyetas de 25 mm anuales y 50 mm anuales, pueden llegar a tener precipitaciones sólidas.

2.1.2.4 Hidrogeología

La cuenca forma parte del acuífero río Salado en su totalidad. De acuerdo con el estudio de impacto ambiental del proyecto "Obras fluviales y de control aluvional en la cuenca río Salado, región de Atacama" (DOH, 2020a) el sector presenta cuatro unidades hidrogeológicas, clasificadas en base a las características geológicas y de permeabilidad, capacidad de almacenar agua y calidad de sus aguas. El estudio de referencia para esta descripción (DGA, 2009 en DOH, 2020a), clasifica estas unidades hidrogeológicas, de acuerdo con su ubicación, en zonas de rellenos sedimentarios no consolidados, o bien, si éstas se encuentran sobre rocas. Esto se puede ver en la **Figura 2-5**.



Fuente: Modificado de DGA (2009)

Figura 2-5 Unidades de interés hidrogeológico cuenca río Salado

- Unidades localizadas en rellenos sedimentarios no consolidados

Éstas son representadas con los colores azul y celeste. En color azul se muestran unidades con **alto potencial hidrogeológico**, las que se presentan principalmente en depósitos aluviales del Neógeno y el Cuaternario. Se estima que estas unidades poseen buenas características de almacenamiento y transmisividad de agua. Se componen principalmente de gravas, arenas, limos, conglomerados, areniscas y limolitas que en la cuenca se encuentran en su mayoría en la depresión intermedia. Por otra parte, en color celeste se pueden ver las unidades con **importancia hidrogeológica media a baja**, que corresponden a depósitos de remoción en masa originarios del período Terciario hasta el Cuaternario; depósitos de flujo piroclástico del Cuaternario; y depósitos evaporíticos. En

general estas unidades poseen reducida potencia y moderada capacidad para transmitir y almacenar agua.

- Unidades localizadas sobre rocas

Estas unidades son presentadas en colores verde y beige. Las zonas en color verde son unidades con **importancia hidrogeológica media a baja**, que corresponden a rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas volcánicas y sedimentarias del Mioceno, meteorizadas y/o fracturadas que almacenan agua en distintas proporciones. Por otra parte, en color beige se pueden ver las unidades con **importancia hidrogeológica baja a nula**, que corresponden a rocas con un alto grado de consolidación y poca presencia de fracturas, por lo que no poseen capacidad para almacenar y/o transmitir agua (o bien, ésta es muy baja).

Para este estudio, se consideran de importancia las unidades localizadas en rellenos sedimentarios no consolidados, por lo que los esfuerzos para estudiar el acuífero de la cuenca están orientados a aquellos lugares, y no a las unidades localizadas sobre rocas.

En complemento a los antecedentes recopilados, uno de los objetivos de este estudio es el levantamiento de información con una campaña de terreno que comprende dos etapas: gravimetría y prospección TEM.

Respecto a la **campaña gravimétrica**, se consideraron **332** estaciones, con un total de 469 km de perfiles gravimétricos. Este método permitió abarcar gran parte de la cuenca de estudio y contar con un levantamiento de información global. Con la campaña se determinó la profundidad del basamento rocoso, que va de 0 m (es decir, la roca está expuesta en superficie) hasta zonas con profundidades de aproximadamente 400 m en la depresión intermedia de la cuenca. Más detalles sobre esta campaña se encuentran en el Anexo K, sección 2.2 y 2.4.

La segunda fase de la campaña consideró **150 estaciones de prospección TEM**. La interpretación de los resultados de la campaña de prospección TEM es el complemento a la campaña gravimétrica para generar el modelo conceptual de la cuenca. Esta campaña permite obtener información sobre el subsuelo, su composición, la presencia de agua y el movimiento de flujos subterráneos. Se determina la existencia de acuíferos en las zonas delimitadas en la **Figura 2-5** como rellenos sedimentarios no consolidados. De acuerdo a lo obtenido en la campaña de prospección TEM, las permeabilidades del suelo van de $2,4 \cdot 10^{-5}$ a $5,3 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Por otra parte, se determinó la cota del nivel estático, que comienza con valores del orden de 2.500 m.s.n.m. en el extremo este del acuífero, y desciende paulatinamente hacia el oeste hasta llegar al nivel del mar en el borde costero y desembocadura del acuífero.

Finalmente, de acuerdo con la estimación realizada en la modelación de este estudio², la recarga del acuífero río Salado corresponde a 8,9 hm³/año (entre los años hidrológicos 1985 y 2015), y proviene de los aportes de precipitaciones.

2.1.3 Ciudades y población

2.1.3.1 División político-administrativa

A nivel administrativo, la cuenca río Salado se encuentra íntegramente dentro de la provincia de Chañaral, en la región de Atacama. En la **Tabla 2-4** se presentan las comunas que comprende la cuenca y su superficie. Adicionalmente, la **Figura 2-6** representa la ubicación de éstas. Si bien la comuna de Chañaral sólo se encuentra parcialmente dentro de la cuenca en estudio (un 27,2%), su principal núcleo urbano, la ciudad de Chañaral, pertenece en su totalidad al área de la cuenca río Salado, por lo que, para efectos de este estudio, se ha considerado la comuna en su totalidad. Finalmente, limita al sur con la comuna de Copiapó y, en pequeños tramos, la cuenca logra contener los límites administrativos de dicha comuna.

Tabla 2-4 Comunas presentes en la cuenca río Salado

Comunas	Superficie total de la comuna (km ²)	Superficie dentro de la cuenca (km ²)	Porcentaje de la comuna dentro de la cuenca	Porcentaje del total de la cuenca
Chañaral	5.759	1.570	27,26%	20,66%
Diego de Almagro	18.969	6.016	31,71%	79,15%
Copiapó	17.783	15	0,08%	0,20%
Total	42.511	7.601	17,88%	100%

Fuente: Elaboración Propia

La cuenca río Salado contiene otras ciudades como **Diego de Almagro** y **El Salvador**, además de algunas aldeas como **El Salado** e **Inca de Oro** (INE, 2017); la primera en la comuna de Chañaral, la segunda en la comuna de Diego de Almagro. Éstas son consideradas del tipo aldea puesto que su población oscila entre 301 y 2.000 habitantes (INE, 2017). La localización de las entidades se puede observar en la **Figura 2-6**.

² Es muy importante recalcar que la modelación no está calibrada con datos medidos en terreno, sino que lo está con los resultados obtenidos en DGA (2018) para la cuenca de estudio (obtenidos también desde un modelo).

2.1.3.2 Demografía

La cuenca río Salado alberga una población de **25.327 habitantes**³, donde un 95,9% de ésta se concentra en las principales ciudades de la cuenca. Esto corresponde a una población de 24.312 personas viviendo en entornos urbanos, siendo la ciudad de Chañaral la que congrega mayor cantidad de habitantes (INE, 2017). Entre las localidades, la **Tabla 2-5** muestra, en específico, el número de habitantes en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salvador, El Salado e Inca de Oro, según datos del INE (2017).

Tabla 2-5 Población total según localidad

Localidad	Tipo	Población total (número de habitantes)
Chañaral	Ciudad	11.073
Diego de Almagro	Ciudad	7.207
El Salvador	Ciudad	6.032
El Salado	Aldea	699
Inca de Oro	Aldea	316
Total cuenca		25.327

Fuente: Elaboración propia según datos de población INE (2017)

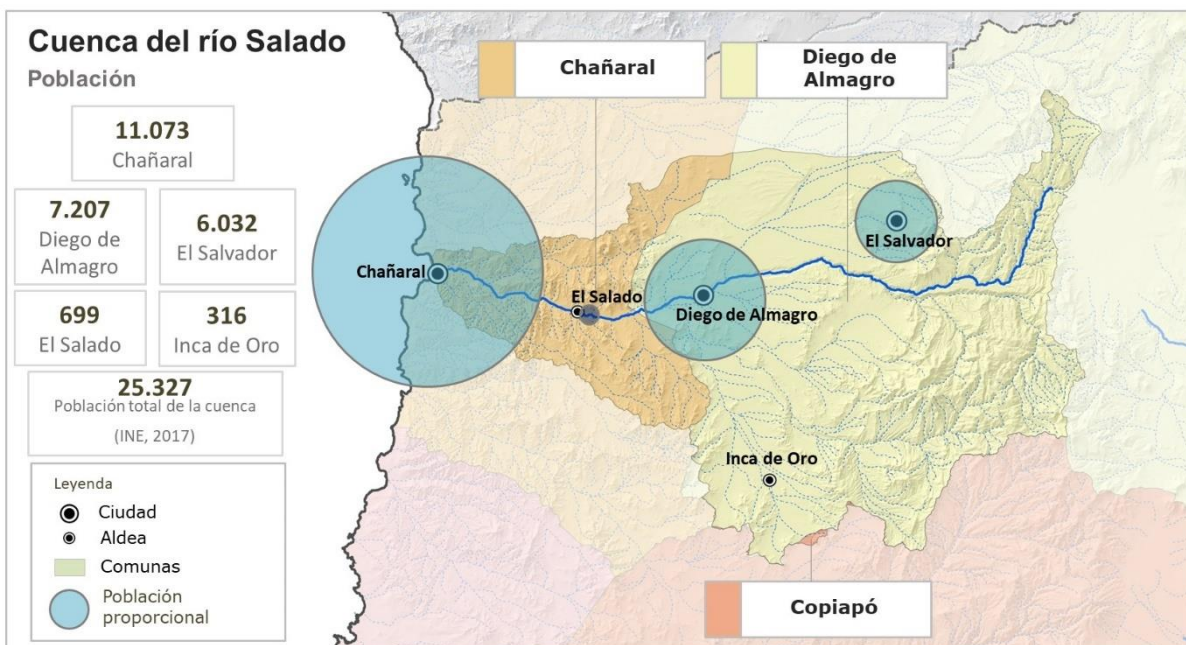
Datos históricos de los censos aplicados desde 1970 hasta la actualidad (INE, 1992; 1993; 2002; y 2017) muestran dos tendencias en la población que habita la cuenca río Salado⁴ (ver **Tabla 2-6** y **Figura 2-7**). Durante las primeras décadas desde la primera medición censal, la cuenca tuvo un aumento poblacional promedio de un 6,2%, exacerbado por un gran crecimiento urbano en la comuna de Diego de Almagro. Sin embargo, a partir del año 2002 se refleja una disminución promedio de 20,6% en la población de la cuenca, sobre todo por una baja en los valores de población de áreas urbanas. Dadas estas tendencias, sobre todo las que han caracterizado la cuenca durante las últimas décadas, proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas con base en el año 2017 hasta 2030⁵, y mediante método de regresión lineal para 2040 y 2050, estiman en 20.881 habitantes para

³ Población con referencia a los habitantes totales de las comunas con más de un 30% de su superficie y/o que contengan el centro urbano dentro del mismo límite. Datos: INE 2017. En este sentido, para efectos de este informe, se considerará población de la cuenca en estudio a las y los habitantes de las comunas de Diego de Almagro y Chañaral.

⁴ Para la proyección, se consideró la población total de las comunas que tengan más de un 30% de su superficie dentro de la cuenca, o bien, que contengan su principal centro urbano dentro de ella. Luego, se calculó la diferencia porcentual entre este valor y el total de población de las localidades de la cuenca. Esta diferencia se aplicó para el resto de los años, determinando el total de habitantes en la cuenca río Salado.

⁵ <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>

las comunas que componen la cuenca al 2050⁶. Es decir, 4.446 personas menos dejarían de vivir en esta cuenca durante los próximos 30 años, aproximadamente.



Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017)

Figura 2-6 Población por localidades en la cuenca

La **Tabla 2-6** y la **Figura 2-7** muestran que estas tendencias han tenido un comportamiento variable, pero eminentemente urbano. Si bien la población que vive en este tipo de asentamientos de las comunas de la cuenca río Salado creció, desde 1970 hasta 1992, en un 20,9% (con un promedio de 0,95% anual); desde 2002 hasta la actualidad, hubo una disminución de un 42,3% (-2,82% promedio anual). Para el año 2050, se proyecta una nueva disminución de un 17,5% en la población urbana (-0,5% promedio por año proyectado) y de 10,7% en la población rural (-0,3% promedio por año proyectado).

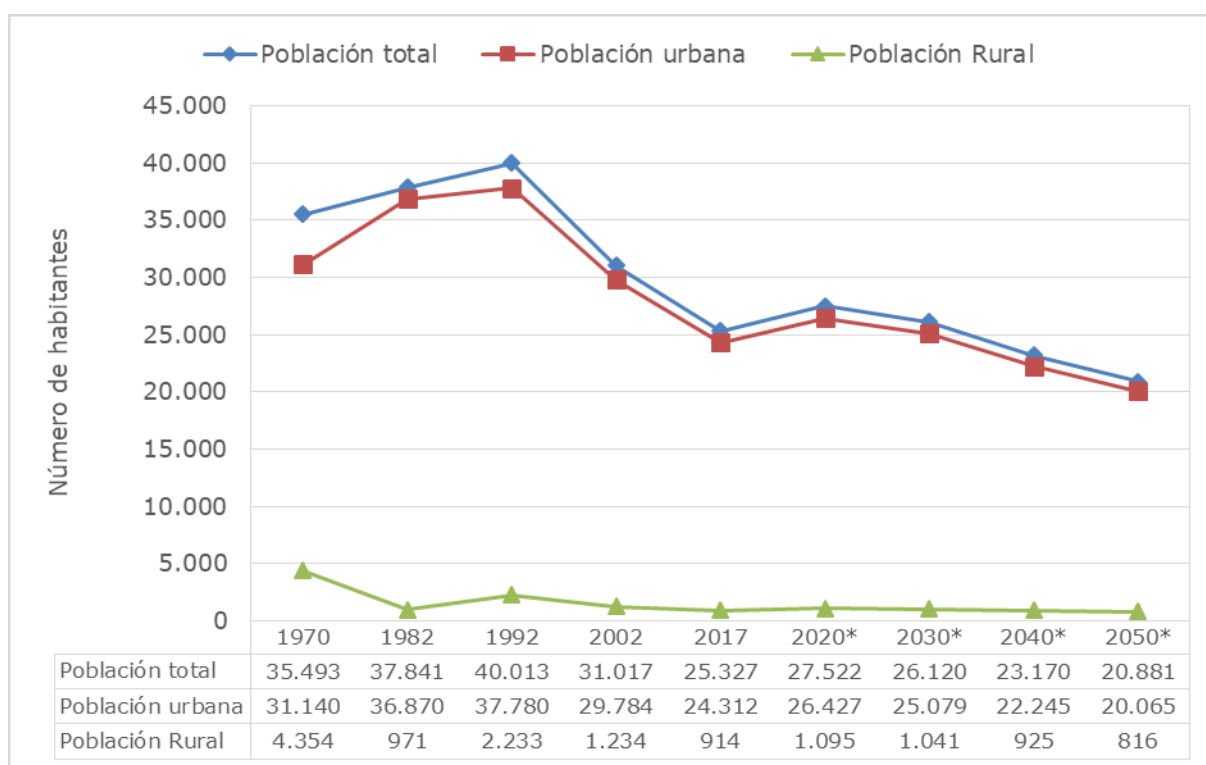
⁶ Regresión lineal fue realizada por el equipo de trabajo mediante software R-Studio, con comandos de regresión lineal y predicción de datos, tomando como referencia los años 1970, 1982, 1992, 2002, 2017 y proyecciones 2020 y 2030.

Tabla 2-6 Número de habitantes y porcentaje de aumento poblacional urbana y rural

Año	Población Total	Crecimiento (%)	Población Urbana	Crecimiento (%)	Población Rural	Crecimiento (%)
1970	35.493		31.140		4.354	
1982	37.841	6,6%	36.870	18,4%	971	-77,7%
1992	40.013	5,7%	37.780	2,5%	2.233	129,9%
2002	31.017	-22,5%	29.784	-21,2%	1.234	-44,7%
2017	25.327	-18,6%	24.312	-18,4%	914	-25,0%
2020*	27.522	8,7%	26.427	8,7%	1.095	19,8%
2030*	26.120	-5,1%	25.079	-5,1%	1.041	-4,9%
2040*	23.170	-11,3%	22.245	-11,3%	925	-11,1%
2050*	20.881	-9,8%	20.065	-9,8%	816	-11,8%

*Datos proyectados estadísticamente

Fuente: Informes INE (1992, 1993, 2002 y 2017)



*Datos proyectados estadísticamente

Fuente: Informes INE (1992, 1993, 2002 y 2017)

Figura 2-7 Proyección de población de la cuenca

En cuanto a las características demográficas de la población que vive en este territorio, la **Tabla 2-7** muestra la cantidad de personas por género, densidad poblacional y personas en situación de pobreza que viven en las comunas consideradas representativas de la

cuenca en estudio, según datos del Censo 2017 y Casen 2017. En tal sentido, en la cuenca viven un total de 12.388 mujeres y 13.756 hombres, con una densidad poblacional de 1,1 habitantes por km² y un 10,4% de personas viviendo en situación de pobreza monetaria en el territorio, siendo la comuna de Chañaral la que presenta una mayor proporción de población en esta condición.

Tabla 2-7 Características demográficas población cuenca río Salado

Comuna	Hombres	Mujeres	Densidad (hab/km ²)	Personas en situación de pobreza (%)
Diego de Almagro	7.486	6.439	0,7	8,0%
Chañaral	6.270	5.949	2,1	16,4%
Total cuenca	13.756	12.388	1,1	10,4%

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2017) y Ministerio de Desarrollo Social y Familia (2017)

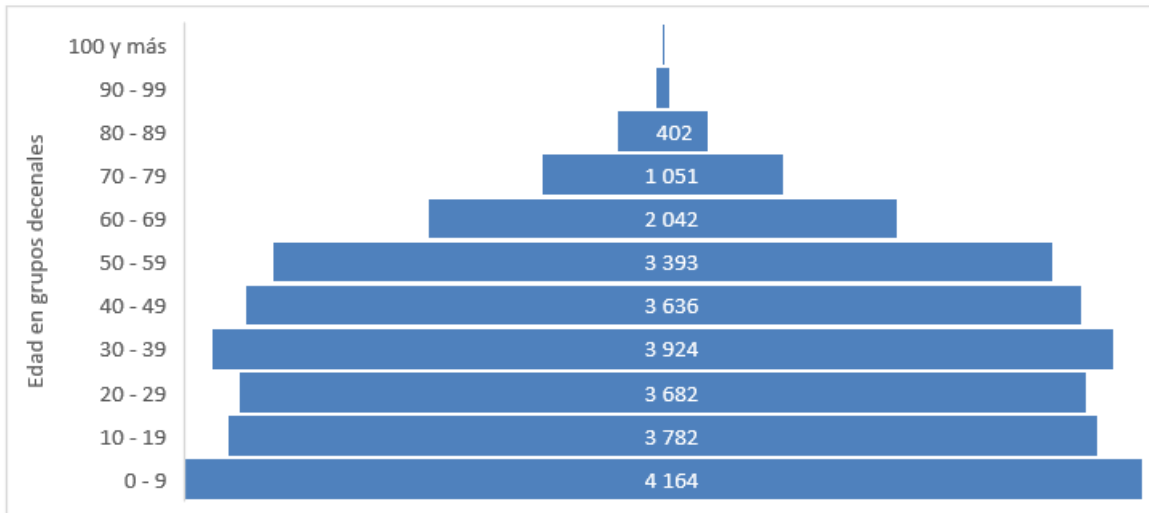
Por otro lado, el rango etario de la población que vive en la cuenca se concentra principalmente en los decenios anteriores a 40 años, disminuyendo la población posterior a esta edad, lo que indica una pirámide progresiva que aún mantiene una base de población joven con una leve tendencia hacia el envejecimiento. Esta información es presentada en la **Figura 2-8**. Además, la mayor parte de la población cuenta con educación básica y científico-humanista como el nivel de curso más alto aprobado (26,7% y 24,8% respectivamente), siguiéndole un 9,7% con nivel educacional profesional y un 6,6% técnico superior. Finalmente, sólo un 0,4% de la población cuenta con estudios de postgrado⁷ (INE, 2017).

2.1.3.3 Cultura y Pueblos Originarios

En base a la descripción cultural realizada por CODELCO (2018) en el marco del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Rajo Inca en la cuenca El Salado, la caracterización cultural del territorio se enfoca en el patrimonio arqueológico, paleontológico y atractivos culturales de la cuenca en estudio.

El territorio en el que se inserta la cuenca río Salado presenta varios períodos de desarrollo cultural, los cuales son resumidos en la **Figura 2-9**, resaltando las dinámicas que han ido desarrollando pueblos originarios en este territorio, prácticas culturales y relaciones; pasando desde los primeros grupos humanos cazadores, hasta los procesos de aumento poblacional, fundación de las principales ciudades y ocupación de grandes pueblos indígenas, como la presencia Inca en este territorio.

⁷ Para más detalles sobre el nivel educativo de la población en la cuenca, ver Anexo D – Figuras.



Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017)

Figura 2-8 Pirámide de población



Fuente: Elaboración propia en base a CODELCO (2018a)

Figura 2-9 Línea de tiempo de desarrollo cultural, región de Atacama

Su principal centro urbano, Chañaral, fue denominado en primera instancia como **Chañaral de las Ánimas**, puesto que significa conjunto de chañares, nombre indígena que se le da al árbol *Gourliea chilensis* o *Lucuma spinosa* de Molina, el cual era muy abundante en la zona, y **Ánimas** debido al descubrimiento del señor Diego de Almeyda en el año 1824 del depósito mineral de cobre de las Ánimas, ubicado a 25 kilómetros al sureste de la desembocadura del río Salado. Con este descubrimiento surge la necesidad de un puerto para el embarque de sus productos a Europa. La búsqueda arrojó dos puertos con condiciones favorables: la Bahía Flamenco y Chañaral de Las Ánimas. Tras el gran movimiento existente en ambos puertos en el año 1830, el Gobierno de Chile declara estas caletas habilitadas para la exportación de mineral en barcos al extranjero. La fundación de la ciudad de Chañaral se remonta al 26 de octubre de 1833 y su auge comienza hacia los

años 1860 con la inauguración de la fundición de A. Edwards y Cía., la cual con la explotación de Potrerillos se transforma en la mayor mina de cobre de la zona.

Actualmente se han registrado evidencias superficiales de presencia humana en la ruta incaica desde el Juncal por el norte, prácticamente en el límite interregional, hasta el sector de Mina Galleguillos por el sur, hacia el término del Despoblado de Atacama, refiriéndose a la cerámica y a las estructuras arquitectónicas aledañas a la ruta, entre ellas, el denominado Tambo del río Salado, 16 Km. al suroeste de El Salvador (CODELCO, 2018a).

Entre los atractivos culturales, el SERNATUR para el año 2012 presenta 128 atractivos turísticos a nivel regional, 8 de los cuales se encuentra en Diego de Almagro y 8 en Chañaral, entre los que destaca el "Camino del Inca", "Inca de Oro", el pueblo de "El Salvador", "Potrerillos" y la "Fiesta religiosa de La Tirana Chica"; Fiestas Tradicionales y Populares del Norte; Litoral de Atacama y Circuito de Caldera; "De cordillera a mar", el derrotero de Atacama; y Atacama Costero, el Morro (CODELCO, 2018a).

Por otro lado, según datos del Censo 2017, se encuentran viviendo 1.299 personas pertenecientes a pueblos originarios en la comuna de Chañaral y 1.789 viviendo en Diego de Almagro, sumando en total 3.088 personas de pueblos originarios en la cuenca en estudio (ver **Tabla 2-8**).

Del total de personas pertenecientes a pueblos originarios en la comuna de Chañaral, la mayor parte corresponde a población mapuche (32,1%), siguiéndole población de origen Diaguita (26,9%) y Colla (18,3%). Mientras que, en Diego de Almagro, la mayor proporción de pueblos originarios es de origen Colla (36,2%), Diaguita (27,8%) y Mapuche (24,0%).

No existe un registro de la población de origen Chango, ya que la ley que los reconoce oficialmente se promulgó en octubre de 2020, y las primeras designaciones se realizaron en 2021. Sin embargo, este pueblo originario es activo en la participación regional, y contó con representantes en la Convención Constituyente del año 2022.

Tabla 2-8 Número de personas pertenecientes a pueblos originarios y porcentaje según comuna cuenca Salado

Comuna	Población total	Población pueblos originarios	Porcentaje pueblos originarios
Chañaral	12.219	1.299	10,6%
Diego de Almagro	13.925	1.789	12,8%
Total	26.144	3.088	11,8%

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, 2017

Las comunidades indígenas presentes en la zona son principalmente colla y changos, destacando las comunidades Colla: Geoxcultuxial, Diego de Almagro, Chiyagua de Quebrada el Jardín, y del río Jorquera y sus afluentes.

Las tres primeras comunidades se encuentran dentro del sector en el que se emplaza el proyecto Rajo Inca de CODELCO, por lo que se han establecido relaciones según el Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo. En este contexto se han comprometido

iniciativas y medidas relacionadas con el fomento de actividades crianceras, seguimiento y monitoreo ambiental, y respeto y fomento de actividades culturales tradicionales⁸.

El pueblo colla se ha situado históricamente en las provincias de Copiapó y Chañaral, en la región de Atacama. Específicamente, han habitado las quebradas comprendidas entre Juncal por el norte y el río Copiapó por el sur. Se trata de un territorio de quebradas y montañas, en los cuales se han desarrollado intensamente actividades económicas mineras y agrícolas (Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, 2011). Adicionalmente, en la comuna de Chañaral se constituyó en el año 2017 la Asociación Indígena Multicultural Musuk Relmu, que cuenta con 24 socios (CODELCO, 2018a).

De acuerdo con el sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), a la fecha se han iniciado 59 procesos de consulta a pueblos indígenas en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en el país. Del total de consultas realizadas, 11 de ellas se han realizado en la región de Atacama y 7 corresponden a proyectos mineros. Entre ellos, el ex proyecto minero El Morro (hoy, parte del proyecto Nueva Unión) marca un hito al ser invalidado por motivos de consulta indígena. Esta jurisprudencia, junto a otras de casos posteriores, han ido dando forma a los estándares actuales de procedimiento de consulta indígena por parte de los organismos públicos y los titulares de proyectos de inversión (Ministerio de Minería, 2020a).

La **Tabla 2-9** muestra algunos de los proyectos en proceso de consulta a pueblos originarios en la región, específicamente los relativos a las comunidades de la cuenca río Salado.

Al respecto, uno de los proyectos más grandes y que involucra más comunidades indígenas es el proyecto Rajo Inca de CODELCO. El proceso de consulta indígena involucró reuniones y actividades realizadas con las comunidades afectadas. Este proceso se realizó debido a impactos ambientales asociados a la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos; localización próxima a poblaciones protegidas susceptibles de ser afectadas; y alteración de sitios con valor arqueológico existente en el sector de Pampa Austral.

Dicho proceso involucró medidas de mitigación y compensación a comunidades indígenas de la cuenca del río Salado, entre las que se encuentran asesoría técnica para mejoramiento de la actividad productiva como buenas prácticas ganaderas, aumento de la producción y eficiencia, entre otras. También se realizó un programa de fortalecimiento y desarrollo productivo agrícola para la Comunidad Indígena Colla Comuna de Diego de Almagro; control de polvo en suspensión en los principales caminos de acceso; y planes de comunicación permanente con las comunidades. Se realizó mejoramiento de las condiciones e infraestructura en asentamientos permanentes majadas y aguas La Corvi, Peña Negra, Castilla, San Juan y asentamientos temporales como Peña Blanca 1, Peña Blanca 2, Inés

⁸ <https://www.mch.cl/2019/12/26/servicio-de-evaluacion-ambiental-y-CODELCO-finalizan-exitosamente-consulta-indigena-de-rajo-inca/>

Chica 1 y las juntas Juan Crisólogo Marcial, asociada a actividad ganadera. Por último, se construyó una Mesa de Coordinación Integral entre la CI Colla Chiyagua de Quebrada el Jardín y CODELCO, entre otras iniciativas (SEA, 2020).

Tabla 2-9 Proyectos en proceso de consulta indígena con participación de las comunidades indígenas de la cuenca río Salado

Expediente	Titular	Inversión (US\$ Millones)	Fecha presentación	Estado proceso	Etnia relacionada
Optimización proyecto minero Cerro Casale	Compañía Minera Casale SpA.	5.200	29-07-2011	Finalizado	Comunidad indígena Colla del río Jorquera y sus afluentes
Proyecto Arqueros	Laguna Resources Chile Ltda.	300	29-12-2011	Finalizado	Comunidad Colla de la Comuna de Diego de Almagro. Comunidad Colla Geoxcultuxial. Comunidad Colla de Chiyagua de Quebrada el Jardín
EIA Proyecto Salares Norte	Minera Gold Fields Salares Norte SpA	1.000	11-07-2018	Finalizado	Comunidad indígena Colla de la comuna de Diego de Almagro
Rajo Inca	CODELCO	1.000	23-10-2018	En proceso	Comunidad indígena Colla de la comuna de Diego de Almagro. Comunidad indígena Colla Geoxcultuxial. Comunidad indígena Colla Chiyagua de Quebrada el Jardín

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Minería (2020a)

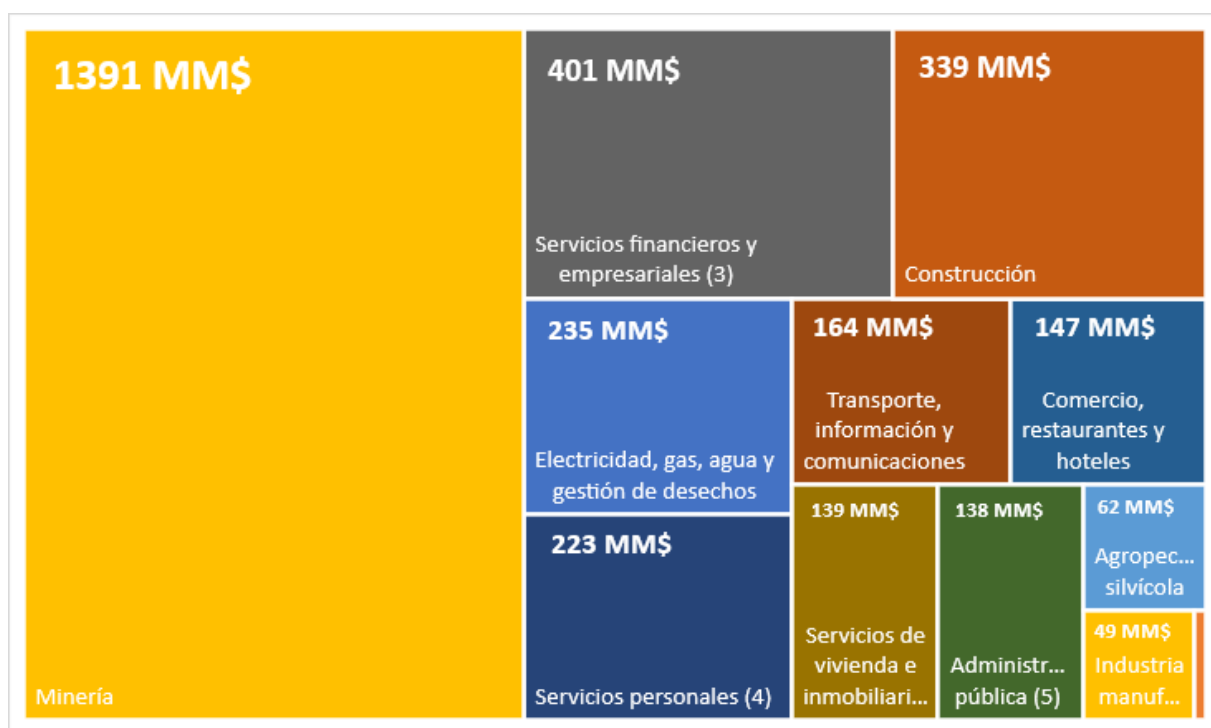
De esta manera, los procesos de consulta indígena están muy relacionadas con la actividad minera en la cuenca río Salado, y permite que las principales empresas desarrollen medidas orientadas al desarrollo agrícola y pecuario de las comunidades indígenas, así como también mitigar los posibles impactos que conllevan estas actividades industriales en comunidades y territorios con valor arqueológico, histórico y cultural.

2.1.3.4 Actividad económica

Identificar las actividades económicas predominantes en una cuenca es fundamental para entender algunas de las características del sistema hídrico de un territorio, ya que son parte no sólo de la demanda de agua actual, sino también del consumo industrial de agua

proyectada a futuro, entendiendo que son actividades que perpetúan en el tiempo y se consolidan en los territorios. En ese sentido, si bien es importante entender las principales actividades económicas, en específico, de las comunas que componen la cuenca en estudio; es también fundamental entender la vocación económica de la región y los sectores en los que se basan los ingresos a nivel regional.

Para el año 2018, el Producto Interno Bruto de la región de Atacama fue de **3.323 miles de millones de pesos (MM\$)**, liderado por la minería (1.391 MM\$), servicios financieros y empresariales (401 MM\$) y construcción (339 MM\$). La minería representa casi la mitad del PIB Regional, con un 41,8% del total; mientras que actividades como la agropecuaria-silvícola, representa sólo el 1,9% del total regional (ODEPA, 2018). La proporción entre las distintas actividades productivas que componen el PIB se presenta en la **Figura 2-10**.



Fuente: Banco Central, 2018

Figura 2-10 Distribución del Producto Interno Bruto de la región de Atacama

La tendencia de la producción de la región desde 2013 hasta 2019 va en disminución, según datos del Banco Central de Chile (2020), pasando de 3.736 MM\$ a 3.323 MM\$ al 2019, disminuyendo en un 11,1%. Para el año 2020 esta cifra vuelve a bajar levemente a 3.175 MM\$ de PIB regional. Las actividades económicas que más disminuyeron en términos de valor de producción (PIB) fueron la pesca, con -67,5% desde 2013 a 2019; siguiéndole la

construcción (-54,1%); y la industria manufacturera (-27,0%)⁹. Las actividades que aumentaron su PIB, en tanto, fueron electricidad, gas, agua y gestión de desechos (51,1% en alza) y la administración pública (16,1%). La minería, en tanto, sufrió una disminución de un 3,7% en este período de tiempo.

En base a esta tendencia, valores proyectados **hasta el año 2050** (bajo la premisa de que el crecimiento PIB sigue una tendencia lineal), sitúan el PIB Regional en **3.146 MM\$,** con un promedio de disminución anual de -0,2%.

Dentro del rubro minero en la cuenca, la división CODELCO Salvador ha generado 51 mil toneladas métricas finas de cobre para el año 2019, siendo Rajo Inca uno de los proyectos más recientes de expansión de la industria, representando una inversión de 1.226 millones de dólares. Además, aporta en un 3% al PIB de toda la región de Atacama¹⁰, equivalente a alrededor de **99,69 MM\$** (alrededor de **117.007.042 USD**).

En términos de empleo, la región cuenta con un total de 97 mil empleados formales y casi 30 mil personas trabajando en empleos informales, con una tasa de informalidad para ambos sexos de 23,1% promedio para el año 2020 (INE, 2017). Entre los empleados, según la Encuesta Nacional de Empleo del INE (2020), el último año las actividades económicas que más concentraron los empleos de la región son las explotaciones de minas y canteras (23.888 empleos), seguida de comercio al por mayor y al por menor (23.777 empleos).

En ese sentido, entre empleos directos e indirectos, la minería aporta con el 54% de participación del empleo a nivel regional, siendo una de las cifras más altas a nivel nacional, proporcionalmente, sólo por debajo de la región de Antofagasta (59% de participación regional), según datos del Consejo Minero (2020).

Específicamente, para las comunas de la cuenca, las principales actividades económicas se relacionan con explotaciones mineras y canteras (19,3% en Chañaral y 36,7% en Diego de Almagro), construcción (9,0% y 8,5%, respectivamente) y comercio (14,6% y 8,4% respectivamente). Adicionalmente, en la comuna de Chañaral, un 49,5% de la población se encuentra trabajando por un pago en dinero o especies, en comparación con un 55,5% en Diego de Almagro (INE, 2017).

De esta forma, comunas hacia el interior tienen una mayor relación con actividades mineras, con un mayor porcentaje de población que se encontraba trabajando el año 2017; mientras que hacia el sector costero aumentan las actividades comerciales, disminuyendo levemente la proporción del rubro minero, con un porcentaje menor de población que se encontraba trabajando en labores remuneradas.

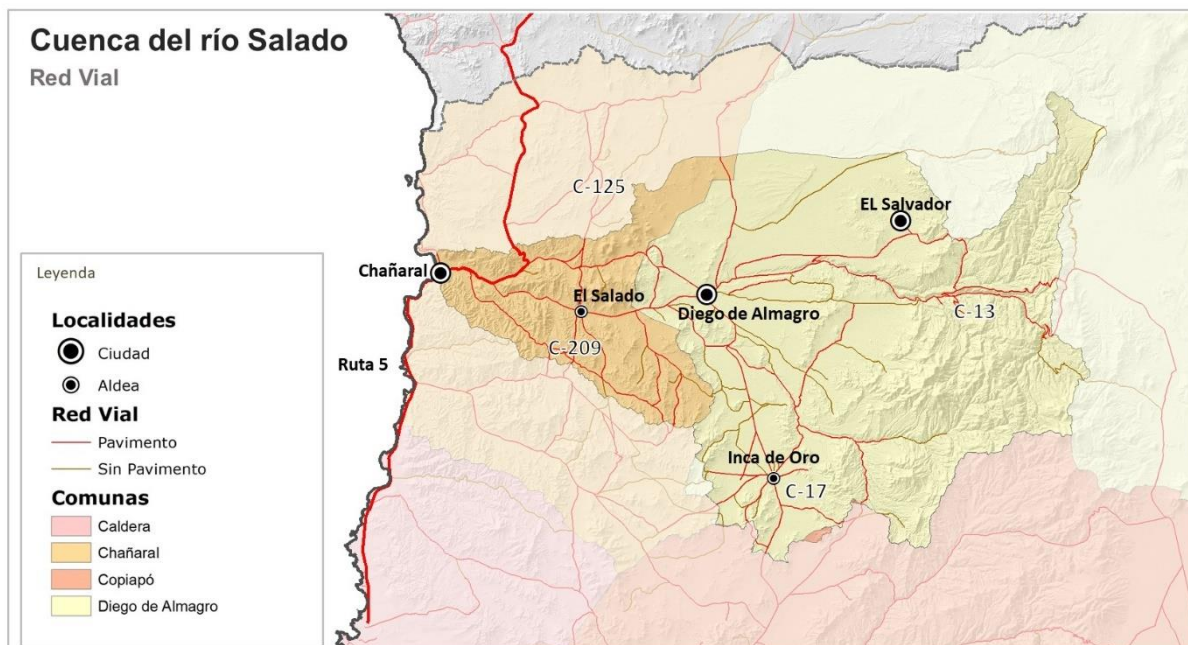
⁹ Para consultas con mayor detalle, ver Anexo D – Figuras – PIB región de Atacama

¹⁰<https://www.CODELCO>

[.com/presidente-pinera-inaugura-obras-de-rajo-inca-en-division-salvador-de/prontus_CODELCO/2021-08-24/172229.html](https://www.CODELCO.com/presidente-pinera-inaugura-obras-de-rajo-inca-en-division-salvador-de/prontus_CODELCO/2021-08-24/172229.html)

2.1.4 Red Vial

Complementariamente, es importante mencionar de qué manera se encuentran integradas las localidades antes descritas, de forma que sea posible dar cuenta de las principales infraestructuras de conexión vial que caracteriza a la cuenca en estudio. Su caracterización se encuentra detallada en el Anexo J3, sección 3.1. y se presenta gráficamente en la **Figura 2-11**.



Fuente: Elaboración Propia en base a MOP (2021)

Figura 2-11 Red Vial

2.2 Clima

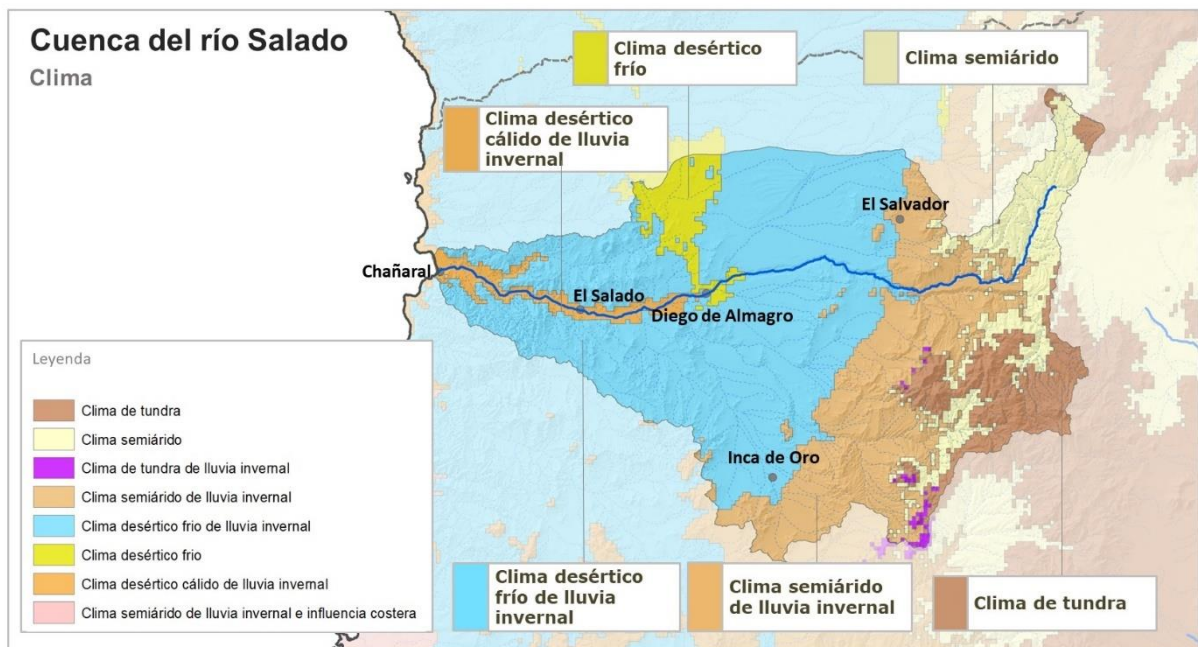
El clima determina, en forma amplia, las características y variaciones del ciclo hidrológico a nivel intra anual, interanual, y de largo plazo. Para una mejor comprensión del Plan Estratégico, se incluye una caracterización climática, una revisión de los eventos extremos y variabilidad climática, y un análisis de los escenarios de cambio climático para la cuenca.

2.2.1 Caracterización Climática

El sector norte de la región de Atacama, donde se encuentra la cuenca río Salado, presenta en general un clima desértico frío de lluvia invernal, transitando en el interior hacia un clima semiárido debido al aumento paulatino de las precipitaciones invernales (ver **Figura 2-12**).

Por su parte, existe un clima desértico litoral que se localiza a lo largo de toda la franja costera de la región, penetrando hacia el interior de los valles de Copiapó y Huasco, presentando abundante nubosidad matinal y aumentando sus precipitaciones hacia el sur, alcanzando los 20 mm anuales.

El clima desértico hacia el interior se localiza en la franja intermedia, especialmente en los relieves de las pampas que se extienden hasta el río Copiapó por el sur. Sus principales características son las elevadas temperaturas durante el día, ausencia de nubosidad y de precipitaciones. Por último, se presenta un clima desértico de altura, generalmente por sobre los 2.000 m.s.n.m., donde las precipitaciones aumentan sobre los 250 mm anuales. La presencia de nieve en sectores muy altos de la región permite el desarrollo de ríos de régimen pluvio nival (DOH, 2020b).



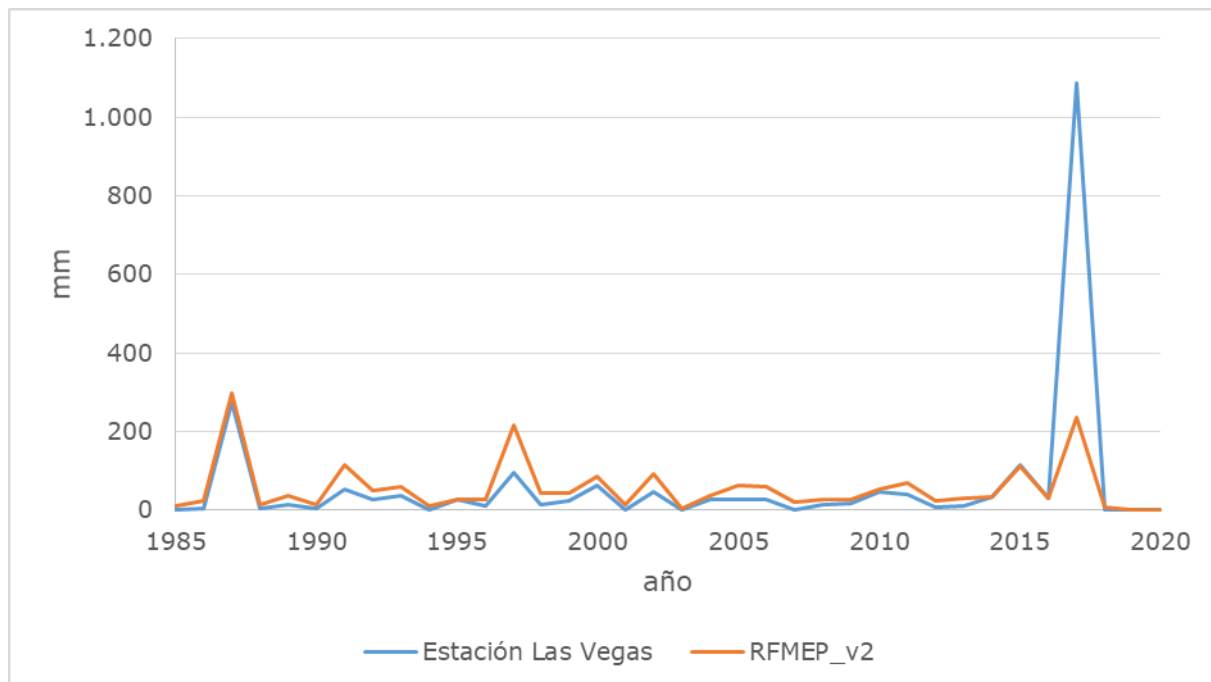
Fuente: Elaboración propia en base a Sarricolea, Herrera y Meseguer-Ruiz (2017)

Figura 2-12 Tipos de Climas (Köppen) en la cuenca río Salado

En específico, según la clasificación de Köppen, la cuenca presenta varios climas, entre los que se encuentra un clima de Tundra hacia los sectores pre-altiplánicos que transita hacia una Tundra de lluvia invernal en el sector sur, al límite de la cuenca del Copiapó. En el sector central de la cuenca se presenta un clima semiárido de lluvia invernal que en dirección a la costa transita hacia un clima desértico frío.

En cuanto a la información pluvial, las Estimaciones Espacialmente Distribuidas de Precipitación (EEDP) son una fuente de datos para estudios hidrológicos en áreas con escasez de mediciones tradicionales de precipitación, tal como sucede en sectores de la cordillera de Los Andes e incluso en amplios sectores de la depresión intermedia del norte y sur de Chile (Mawün, 2021).

Estas estimaciones son consideradas en el modelo actual a partir de los modelos climáticos disponibles (IMERG, CR2MET, RFMEP, ERA5, CHIRPS, TMPA)¹¹. Dicha información se compara con los datos observados por las estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA) y Dirección Meteorológica de Chile (DMC), para finalmente definir el modelo climático que se utilizará dentro del modelo hidrológico. En el presente estudio se consideró el modelo CR2MET para precipitación (tomando únicamente los días con precipitaciones mayores a 5 mm) y temperatura (ver Anexo H. 3.3.1.2: Validación de modelos meteorológicos para precipitación y temperatura). En la **Figura 2-13**, se presenta la relación entre la precipitación observada y simulada para la Estación Las Vegas.

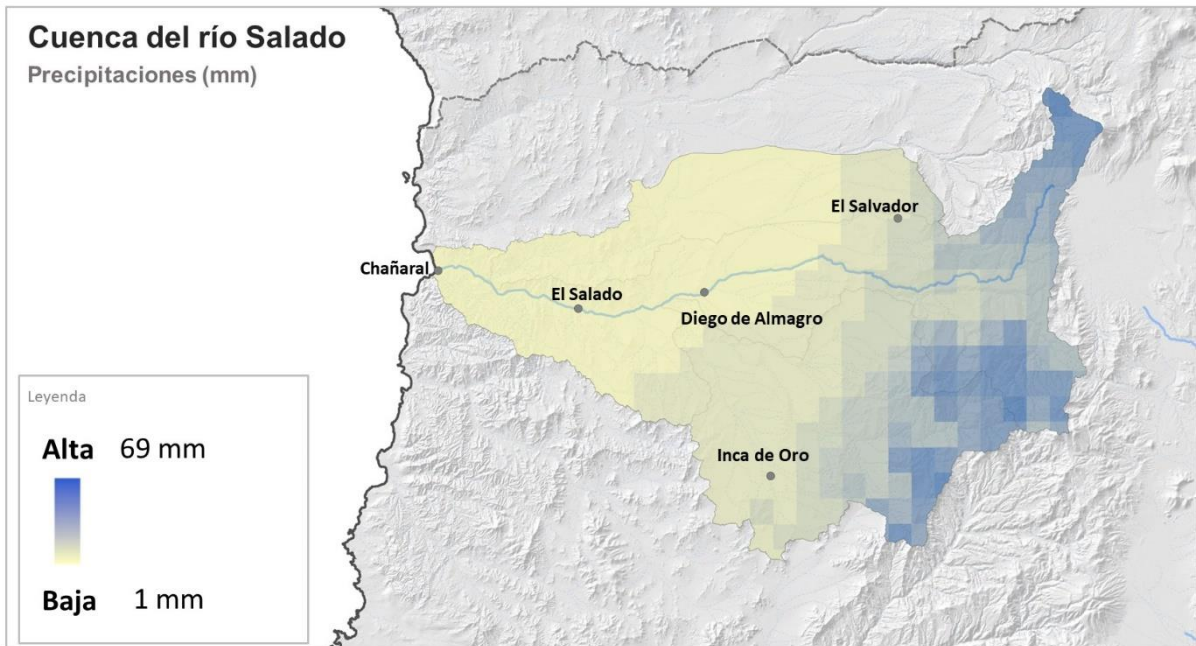


Fuente: Elaboración Propia en base a la información DGA (2021c) y Modelo RFMEP

Figura 2-13 Precipitación Histórica para el periodo 1985-2020 (mm). Comparación precipitación observada en Estación Las Vegas con Modelo RFMEP

Además, a continuación (**Figura 2-14** y **Figura 2-15**) se muestra la distribución de las precipitaciones (mm) y temperatura en toda la cuenca del río Salado.

¹¹ <https://mawun.cr2.cl/>



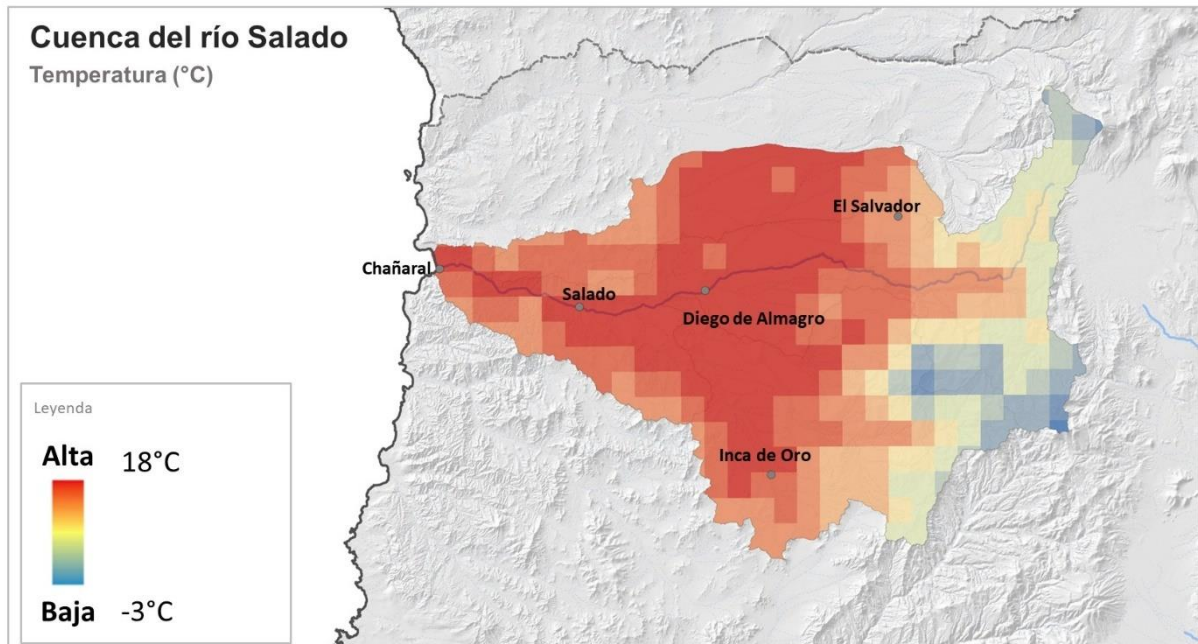
Fuente: Elaboración propia en base a modelación RFMEP

Figura 2-14 Precipitaciones (mm) en la cuenca río Salado

2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Los eventos extremos alcanzan mayor notoriedad debido a las pérdidas de vida, daños en infraestructura y/o perjuicios económicos que pueden generar. De manera constante, los centros internacionales de pronósticos se encuentran vigilando la ocurrencia de eventos extremos con el fin de alertar a la población y a los organismos de seguridad respectivos, minimizando riesgos asociados a ellos. El quinto informe del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) ha concluido que varios eventos considerados extremos, como los tornados, marejadas intensas, inundaciones u olas de calor, han sufrido cambios en su comportamiento, intensificando su ocurrencia en algunos casos.

A continuación, los fenómenos naturales que fueron analizados son las inundaciones, sequías, deslizamientos y aluviones (Ver Anexo C. Glosario).



Fuente: Elaboración propia en base a datos del modelo CR2MET v2.0¹²

Figura 2-15 Distribución térmica (°C) en la cuenca río Salado

Para estos eventos extremos se consideraron datos históricos entre los años 1985 y 2014, disponibles en la plataforma web de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR por sus siglas en inglés). Complementariamente, se consideraron boletines anuales de eventos extremos (Dirección Meteorológica de Chile, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), informes que realizan una recopilación a partir de datos obtenidos de la red de estaciones meteorológicas disponibles en Agromet y CR2. Complementariamente, se consideró prensa en línea que reportara eventos como inundaciones, aluviones, remociones en masa, etc., en los años estudiados.

A partir de esta información, se identificaron 65 eventos importantes en la región de Atacama, destacando los episodios de lluvias extremas en cortos períodos de tiempo, las cuales logran producir efectos como inundaciones y aluviones. Los eventos se presentan en la **Tabla 2-10**.

¹² Para más información sobre el modelo, consultar Anexo H, sección 3.3.

Tabla 2-10 Frecuencia de eventos extremos por año, región de Atacama

Eventos extremos	Número de eventos según período de tiempo						
	1985 1989	1990 1994	1995 1999	2000 2004	2005 2009	2010 2014	2015 2020
Sequía	3	8	1	0	0	0	1
Lluvia	3	9	5	3	3	1	5
Inundaciones	1	1	2	1	0	0	3
Deslizamientos	0	2	1	2	0	5	1
Aluviones	1	0	1	0	0	0	2

Fuente: Elaboración propia a partir de UNDRR (1985-2014), Dirección Meteorológica (2015-2019) y prensa en línea

Los eventos asociados a precipitaciones con consecuencias como aluviones e inundaciones se han configurado históricamente como uno de los eventos extremos más importantes a considerar en esta región del país. Las causas de este fenómeno apuntan a una inusitada debilidad del sistema de altas presiones, el anticiclón del Pacífico, permitiendo el acceso de un sistema de baja presión y dando origen a un núcleo frío en altura, lo que junto a la entrada de aire húmedo desde el noroeste forman intensas precipitaciones. Durante el evento ocurrido en marzo del año 2015, en las tres horas consecutivas más lluviosas, se superó lo observado en un promedio de 30 años y las 36 horas más lluviosas superaron lo observado en promedio cada 50 años.

En la cuenca río Salado, en específico, la distribución temporal de la tormenta (pulsos iniciales que saturan el suelo y posteriores pulsos intensos sobre suelo ya húmedo), explican los grandes deslizamientos de terreno en las partes altas y quebradas de la cuenca y subsecuentes aluviones en la región. Los **aluviones** afectaron intensamente las áreas urbanas de las ciudades de **Chañaral** y **Diego de Almagro**, principalmente áreas aledañas a los cauces (ver **Ilustración 2-1**). Las características de los impactos en áreas urbanas permiten estimar un volumen de agua y sedimentos extremadamente altos que superarían los 100 m³/s en Chañaral (Cienfuegos *et al.*, 2015).

En cuanto a las personas afectadas y fallecidas con relación a los eventos ocurridos los años 2015 y 2017, en el primero de ellos las localidades más afectadas dentro de la cuenca fueron Chañaral, Diego de Almagro y El Salado. El último reporte de la ONEMI para dicho evento¹³, registró un total de 31 personas fallecidas, 16 desaparecidas y 16.588 damnificados en total. Dicho reporte no registra detalles a nivel comunal, siendo estas cifras correspondientes al total de afectados y fallecidos en la región de Atacama y Antofagasta.

¹³ <https://www.onemi.gov.cl/alerta/monitoreo-por-evento-hidrometeorologico/>

Ilustración 2-1 Consecuencias aluviones en Chañaral



Fuente: Equipo Ladera Sur (2017)¹⁴

En relación con los eventos de sequía, la Dirección General de Aguas dicta decretos de escasez hídrica con el objeto de proveer determinadas herramientas a usuarios del agua y a la población en general para reducir al mínimo los daños derivados de la sequía. Sin embargo, para la cuenca río Salado, según datos históricos de la DGA desde 2008 al 2021¹⁵, aún no se han declarado decretos de escasez en este territorio.

2.2.3 Escenarios de cambio climático

Para la selección del modelo de circulación general (MCG) se utilizó la metodología empleada en la Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Norte y Centro (DGA, 2018). Los escenarios evaluados están dentro de la trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero al equivalente del forzamiento radiactivo a 8,5 W/m² (RCP 8.5) en el año 2100. Con esta consideración se presentan los criterios para la elección de los modelos (ver **Tabla 2-11**).

¹⁴ Revisado en <https://laderasur.com/estapasando/el-balance-tras-la-catastrofe-que-afecto-a-chanaral/>

¹⁵ Revisado en <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursosHIDRICOS/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>

- **Respuesta regional a modos globales de variabilidad climática.** Influencia del Niño u Oscilación Sur (ENSO) y el Modo Anular del hemisferio sur (SAM) en la precipitación de la cuenca.
- **Sensibilidad climática.** Respuesta del sistema climático a las forzantes externas, temperatura y contestación de CO2.
- **Cambios regionales.** Criterio local de sensibilidad a cambios de temperatura y precipitación para el escenario RCP 8.5 en una ventana temporal de 2030-2060.

Tabla 2-11 Modelos global de clima seleccionados para representar las proyecciones de cambio climático en el estudio Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Norte y Centro (DGA, 2018)

Modelo	Institución	Sensibilidad climática
CSIRO-MK3-6-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence, Australia.	Baja Extrema
CCSM4	National Center for Atmospheric Research, USA	Baja moderada
MIROC-ESM	Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (University of Tokyo), and National Institute for Environmental Studies, Japan.	Alta moderada
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace, France.	Alta extrema

Fuente: Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Norte y Centro (DGA, 2018)

Los modelos escogidos para el desarrollo de la herramienta WEAP son, para el periodo entre Abril de 1985 a Marzo 2020 (período histórico y actual) el **modelo CR2MET v2.0**; y para el periodo entre Abril 2020 y Marzo 2060 se consideró el **modelo MIROC-ESM**. Estos modelos fueron escogidos luego de realizar una validación de los datos entregados por los modelos en relación a las observaciones en estaciones meteorológicas de la zona de estudio para el período histórico y actual. Se analizó precipitación, precipitación acumulada y temperatura, y se seleccionaron los modelos con mejores parámetros de ajuste. (ver Anexo H sección 3.3).

2.3 Dimensión Ambiental

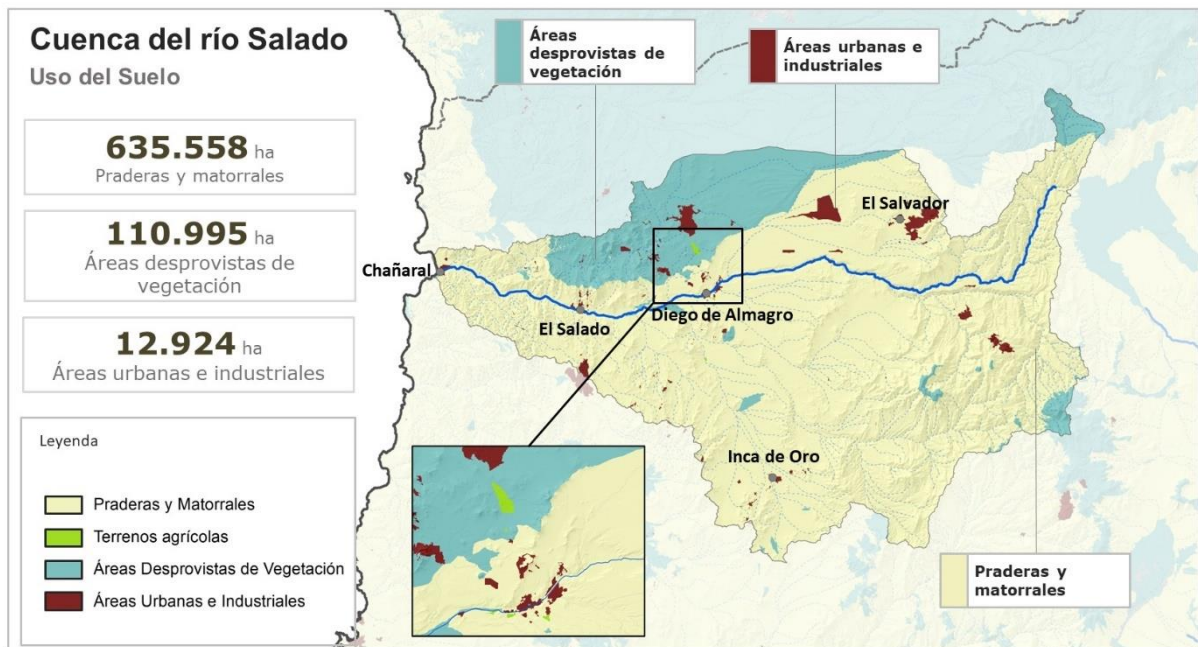
Los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos forman parte del ciclo hidrológico en tanto interactúan y condicionan la forma en que las aguas se comportan dentro de la cuenca hidrográfica. Los ecosistemas, a su vez, dependen del manejo que las personas realicen sobre el territorio, particularmente las acciones de protección de aquellos sistemas singulares, representativos o relevantes desde distintos puntos de vista, los que se presentan en el punto de Áreas Silvestres Protegidas.

Los ecosistemas de la cuenca río Salado están asociados, en su mayoría, a suelos de praderas y matorrales, abarcando el 83,6% del total de la superficie de la cuenca, con 635.558 hectáreas (ver **Figura 2-16**). Le siguen suelos con áreas desprovistas de vegetación, con un 14,6% del total de superficie de la cuenca. En menor medida se encuentran suelos destinados a áreas urbanas e industriales (1,7%), terrenos agrícolas (0,04%), humedales (0,02%) y bosques (0,002%), estos últimos, al tener porcentajes extremadamente bajos, no se pueden observar directamente en la figura mencionada.

2.3.1 Unidades Ecosistémicas

2.3.1.1 Ecosistemas terrestres

Para realizar una descripción previa del sector de estudio, se tomó como referencia el trabajo realizado por Gajardo (1983) y Lübert y Pliscoff (2004). De acuerdo con la clasificación elaborada por Gajardo (1983), esta área se encuentra inserta en la *región del Desierto Absoluto*, comenzando en el norte de la región de Tarapacá y extendiéndose hasta el río Elqui en la región de Coquimbo. De mar a cordillera abarca desde las serranías de la cordillera de la Costa hasta las laderas occidentales de la cordillera de Los Andes.



Fuente: Elaboración propia en base a Corporación Nacional Forestal (2018d)

Figura 2-16 Usos de suelo

El Desierto Absoluto es el que comprende mayores superficies a nivel nacional y también a nivel del estudio. Las precipitaciones en esta subregión son despreciables, por lo que se considera que no aportan al desarrollo de la vegetación. Los aportes hídricos en esta zona se dan a modo de aluviones que descienden de la cordillera, especialmente durante la época conocida como "invierno altiplánico".

Según Lübert y Pliscoff (2004), la variación espacial de la vegetación en el área de influencia se desarrolla en la formación de matorral desértico. Específicamente, se ubica en los siguientes pisos vegetacionales (**Figura 2-17**):

- Matorral desértico mediterráneo costero de *Gypothamnium pinifolium* y *Heliotropium pycnophyllum*.
- Matorral desértico mediterráneo costero de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia saintpieana*.
- Matorral desértico mediterráneo interior de *Oxyphyllum ulicinum* y *Gymnophyton foliosum*.
- Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* y *Atriplex deserticola*.
- Matorral bajo desértico tropical interior de *Nolana leptophylla* y *Cistanthe salsoloides*.
- Matorral desértico tropical interior de *Huidobria chilensis* y *Nolana leptophylla*.
- Matorral bajo desértico tropical- mediterráneo andino de *Atriplex imbricata*.

Los pisos vegetacionales que presentan la mayor superficie dentro del área de estudio son dos, el primero es el matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* y *Atriplex deserticola*, que se distribuye en el llano interior y parte de la cordillera de la Costa de la región de Atacama y sur de Antofagasta, entre 200 y 1.500 m.s.n.m. Constituye un matorral muy abierto en el que dominan las especies *Skytanthus acutus* y *Atriplex deserticola* a las que se asocian los subarbustos *Encelia canescens*, *Fagonia chilensis*, *Nolana rostrata*, *Heliotropium myosotifolium* y las herbáceas *Argylia radiata*, *Nolana baccata*, *Cistanthe longiscapa* (Henríquez, 2013).

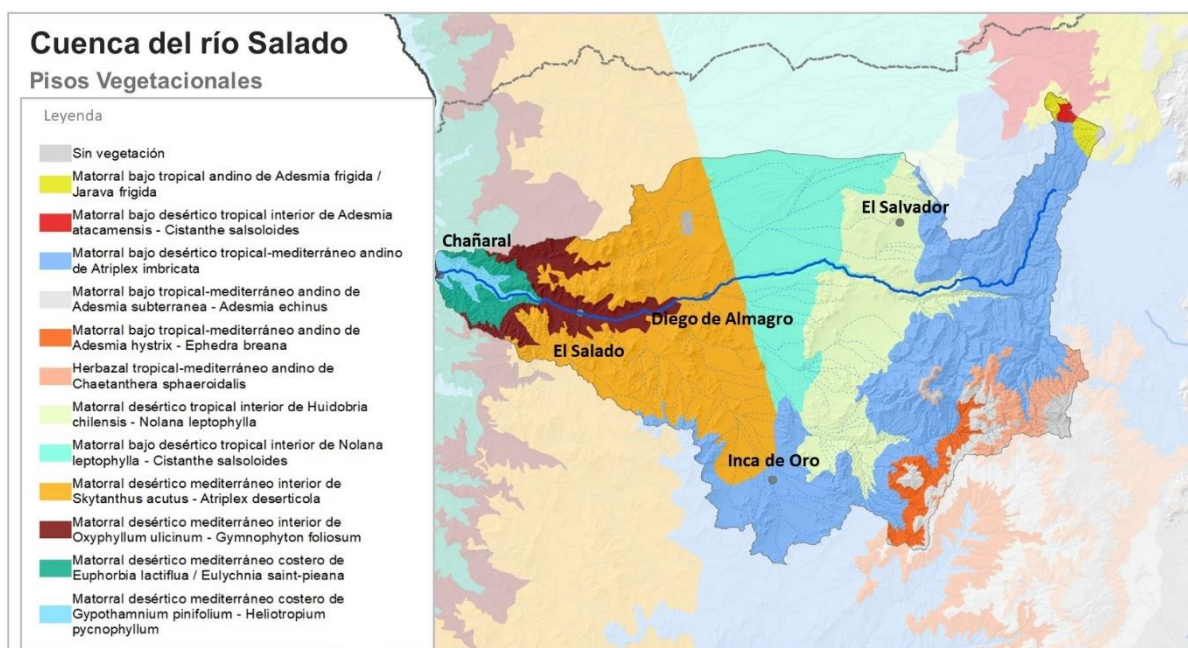
En este piso vegetacional, las especies dominantes tienden a mantener sus estructuras vegetativas, siendo casi las únicas especies posibles de diferenciar en períodos de poca lluvia, mientras que el resto pierden todos sus órganos aéreos, renovándolos durante los periodos más húmedos (CONAMA y DGA, 2009).

En el caso del segundo, el matorral bajo desértico tropical-mediterráneo andino de *Atriplex imbricata*, se encuentra distribuido en la zona precordillerana andina del centro-norte de la región de Atacama y sur de Antofagasta, entre los 2.000 y 3.500 m.s.n.m., también se puede encontrar en el desierto montano de la cordillera de Domeyko, la estepa alto-andina de Coquimbo, la estepa desértica de los salares andinos, desierto interior de Taltal, entre otros lugares desérticos de Chile (Henríquez, 2013).

Se observa como un matorral abierto, pobre en especies, dominado casi exclusivamente por *Atriplex imbricata*, y acompañado por algunos elementos propios del piso altitudinal superior, como *Cristaria andicola* y *Adesmia hystrix*. También están presentes fuertes

influencias desérticas que se manifiestan en la presencia ocasional de *Adesmia atacamesnis* y *Argylia tomentosa*, gran parte de la información expuesta se basa en trabajo de Philippi del año 1860. La composición florística está principalmente formada por *Atriplex imbricata*, *Adesmia atacamensis*, *A. hystrix*, *Argylia tomentosa*, *Cistaria andicola*, *Ephedra breana*, *Malesherbia lactea* (Henríquez, 2013). Esta información se encuentra representada en la **Figura 2-17**.

La **fauna terrestre** es escasa a nivel regional, determinada por las dificultades que generan las condiciones geográficas y climáticas, influyendo variables limitantes como la escasez de alimento, la falta de agua y la oscilación térmica diaria, sobre todo en sectores altiplánicos de la cuenca. A mayor altura, el aire se torna seco y la radiación solar es más intensa. Entre otras especies, es posible encontrar el ratón orejado de Darwin (*Phyllotis darwini*), y el lagarto nítido (*Liolaemus nitidus*). Asimismo, existen otras especies en diferentes categorías de conservación (vulnerable y rara), entre los que se encuentran anfibios como el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*) y reptiles como la lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), lagartija de dos manchas (*Liolaemus bisignatus*), la iguana chilena (*Callopistes maculatus*), lagartija de plate (*Liolaemus platei*) y el corredor de Atacama (*Microlophus atacamensis*). Por último, entre los mamíferos que es posible encontrar se encuentra el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*) (CAP Minería, 2012).



Fuente: Elaboración propia a partir de Lübert y Pliscoff (2004)

Figura 2-17 Pisos vegetacionales de la cuenca río Salado

2.3.1.2 Ecosistemas acuáticos

Dentro de los ecosistemas acuáticos, es importante mencionar la existencia del Salar de Pedernales, localizado a 124 kilómetros de la comuna de Diego de Almagro, hacia la cordillera, aunque se encuentre fuera de los límites establecidos de la cuenca. Este cuerpo de agua corresponde a una enorme extensión de salares, ubicada en una depresión entre montañas.

Según el informe técnico "Sistema territorial de cuencas hidrográficas, región de Atacama"¹⁶ desarrollado por el Gobierno Regional de Atacama (2019), existe sólo este ecosistema acuático cercano a la zona de estudio y es de especial importancia, al ser parte del proyecto Rajo Inca de CODELCO, en el marco de la División Salvador, correspondiente a obras existentes de extracción de agua mediante obras de captación superficial ubicadas en La Ola y pozos de bombeos ubicados en el Salar de Pedernales para el suministro de agua industrial para dicha faena, de la cual, una fracción, se utilizará para el suministro de agua potable.

Adicionalmente, se deben mencionar los **Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica**, o **SVAHT** (SAG, 2009), que corresponden al sector denominado "Estepa Desértica de Salares Andinos". La presencia de humedales (bofedales, pajonales húmedos o vegas) en el área altiplánica responde a patrones azonales, lo que representa la forma de distribución de una formación vegetal o especie que responde a condiciones locales, las que normalmente están acotadas a características de suelo o sustrato, humedad o a cualquier característica particular que determine su presencia, sin observarse en ningún caso un patrón continuo de distribución.

En particular, los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante influenciados principalmente por las precipitaciones estivales (fines de primavera, verano e inicios de otoño). Desde el punto de vista de la vegetación, se presentan en ambientes normalmente árido-fríos, en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 50% normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 metro de altura) resaltando por su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50%). Además, corresponden a los sistemas de mayor productividad en las áreas en las que se ubican, a pesar de su menor superficie, constituyéndose en elementos funcionales de alta significación para los ecosistemas relacionados.

Por último, dentro de la cuenca destacan los sectores que abastecen de agua para consumo humano a la parte alta de la cuenca, como los drenes en el sector de El Jardín, El Pingo, Los Juanitos y en la Finca de Chañaral. Se tratan de unidades ecosistémicas fundamentales no sólo como fuente de agua, sino también para el desarrollo de vegetación, conformando

¹⁶ https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/2019_03_28_7_Sistema_Cuencas_Hidrogr%C3%A1ficas.pdf

áreas que actualmente se encuentran protegidas bajo diferentes mecanismos (ver siguiente capítulo, **Figura 2-18**), formando parte de los sistemas vegetacionales azonales hídricos de altura. Así, estos drenes de agua forman parte de un ecosistema que no sólo destaca como fuente de aprovisionamiento de agua, sino también como forraje para ganado; fuente de biodiversidad y "pool" genético; parte de un sistema de corredores ecológicos; entre otras (SAG, 2009).

2.3.2 Áreas silvestres protegidas

Dentro del Libro Rojo de la Flora Nativa (Squeo F. et al., 2008), se hace mención a 2 Sitios Prioritarios de Conservación de la Biodiversidad (**Figura 2-18**), ubicados dentro de la comuna de Diego de Almagro. Estos sitios poseen un registro de 248 especies de plantas nativas, 2 de ellas en categoría "En peligro", *Senecio chrysolepis* y *Senecio eriophyton* y 6 en categoría vulnerable: *Adesmia sessiliflora*, *Buddleja suaveolens*, *Eremocharis fruticosa*, *Geoffroea decorticans*, *Heliotropium glutinosum*, *Maihueiniopsis glomerata*.

Dentro del **Salar de Pedernales**, hay registradas 35 especies nativas, de las cuales, una está en la categoría de conservación "En peligro" (Squeo et al., 2008). Este sitio tiene una superficie aproximada de 53 km² y está ubicado a una altitud de 3.370 m.s.n.m.

En el sitio prioritario **El Jardín**, existen 13 especies de plantas nativas, entre ellas se encuentran 2 especies vulnerables (Squeo et al., 2008). Este sitio tiene una superficie de 25,6 km².

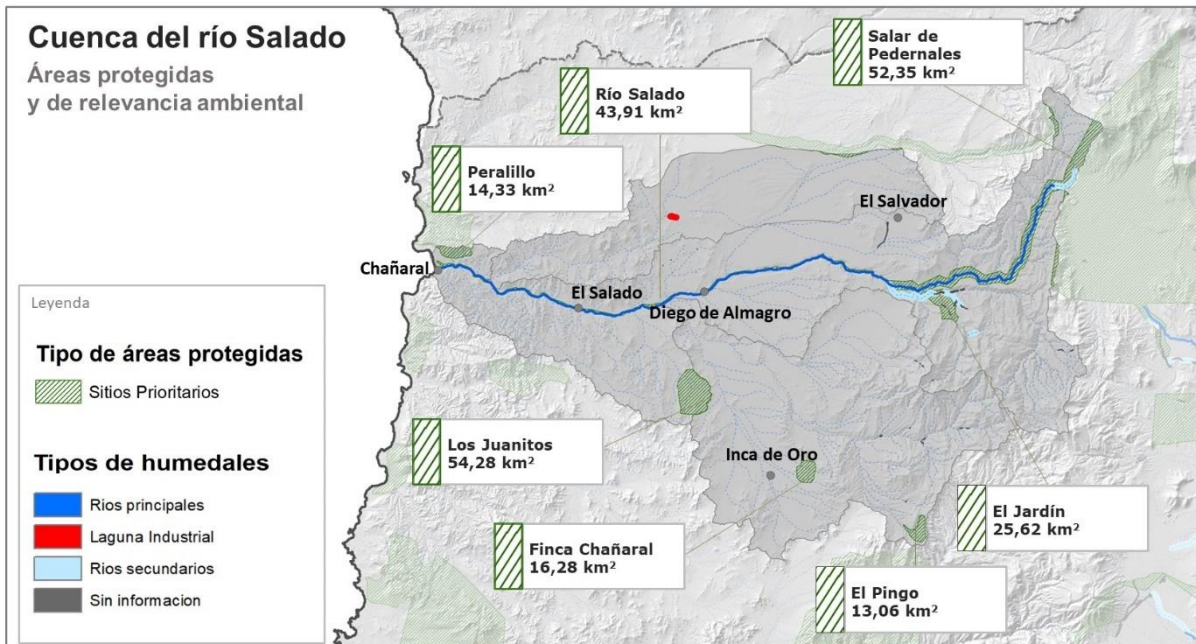
Sumado a lo anterior, en la comuna de Chañaral se encuentra la **quebrada de Peralillo**, con una superficie de 98,5 km² y el sitio prioritario **Los Juanitos**, con una superficie de 54,3 km² (Squeo et al., 2008). Estos antecedentes son representados en la **Figura 2-18**.

2.3.3 Amenazas sobre los ecosistemas

Las principales amenazas para los ecosistemas de la cuenca resultan de la actividad minera y los servicios relacionados para proveer de insumos, como el agua y la energía.

En diciembre de 2020, CODELCO División Salvador alcanzó un avenimiento con el Consejo de Defensa del Estado (CDE), el cual fue aprobado por el Tribunal Ambiental de Antofagasta. Este acuerdo contiene más de una decena de compromisos, entre los que destacan el máximo resguardo del Salar de Pedernales y su acuífero, 60 hectáreas de vegetación que serán recuperadas y otras 175 hectáreas de vegas altoandinas que serán puestas en valor, en un plan cuyo costo estimado supera los US\$ 56 millones¹⁷. En particular destaca un plan de reparación ex situ (que implica acciones de recuperación) de 60 hectáreas de vegas altoandinas en las que se restablecerán las condiciones hídricas que existían hace décadas, las que se encuentran dentro de la cuenca río Salado.

¹⁷ Revisado en https://www.CODELCO.com/tribunal-ambiental-de-antofagasta-aprueba-acuerdo-entre-el-cde-y-CODELCO/prontus_CODELCO/2020-12-30/091816.html



Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Medio Ambiente (2018)

Figura 2-18 Áreas Protegidas y Humedales de la cuenca río Salado

Este acuerdo da cuenta de los conflictos que se arrastran entre el desarrollo minero y el territorio, los que se suman a la contaminación histórica del río Salado¹⁸ producto de la descarga de relaves excedentes del sector de Potrerillos, a partir de 1938, los que se acumularon por décadas en el cauce del río y en la Bahía de Chañaral.

Complementariamente, en la cuenca se encuentran a nivel de proyecto nuevas faenas mineras en la comuna de Diego de Almagro (faenas de Diego de Almagro y Santo Domingo, entre otros), las que se abastecerían de agua desalada y agua de mar desde plantas ubicadas en el borde costero de la región. En la actualidad, si bien existe un Plano Regulador Intercomunal del Borde Costero (PRICOST) para la región de Atacama, no existe una regulación que determine la superposición o concentración de plantas desaladoras, evaluándose cada proyecto por separado dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. A esto se suma el desconocimiento que existe sobre la acumulación de las descargas de salmuera, en el largo plazo.

¹⁸ Revisado en <https://www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos/andes-copper-company-y-CODELCO-destruyen-el-rio-salado-y-la-bahia-de-chanaral/>

De manera similar, los acueductos proyectados se extienden en forma paralela al interior del territorio, superponiéndose entre sí (como es el caso de Quebrada Huamanga), al mismo tiempo que se aumenta la necesidad de energía para las impulsiones.

En general existe un escenario de desarrollo independiente de las soluciones para proyectos mineros, el cual carece de un contexto general de ordenamiento territorial que permita establecer unos estándares mínimos comunes de resguardo para el territorio.

2.4 Infraestructura Hídrica

La infraestructura hídrica da cuenta de cómo las personas han intervenido los sistemas naturales y, en particular, el ciclo hidrológico; con el propósito de acceder al agua, disponer de ella en otras estaciones, trasvasarla, depurarla, e incluso desalarla, accediendo de esta forma a las aguas marinas del borde costero.

2.4.1 Obras Hidráulicas

Como se indica en el apartado 2.1.2, la cuenca tiene obras hidráulicas relacionadas con la actividad minera, dentro de las que se cuentan trasvases, tranques de relaves y tranques de captación de aguas, estos últimos localizados en el Salar de Pedernales, fuera de la cuenca en estudio.

2.4.1.1 Tranques de acumulación y tranques de relaves

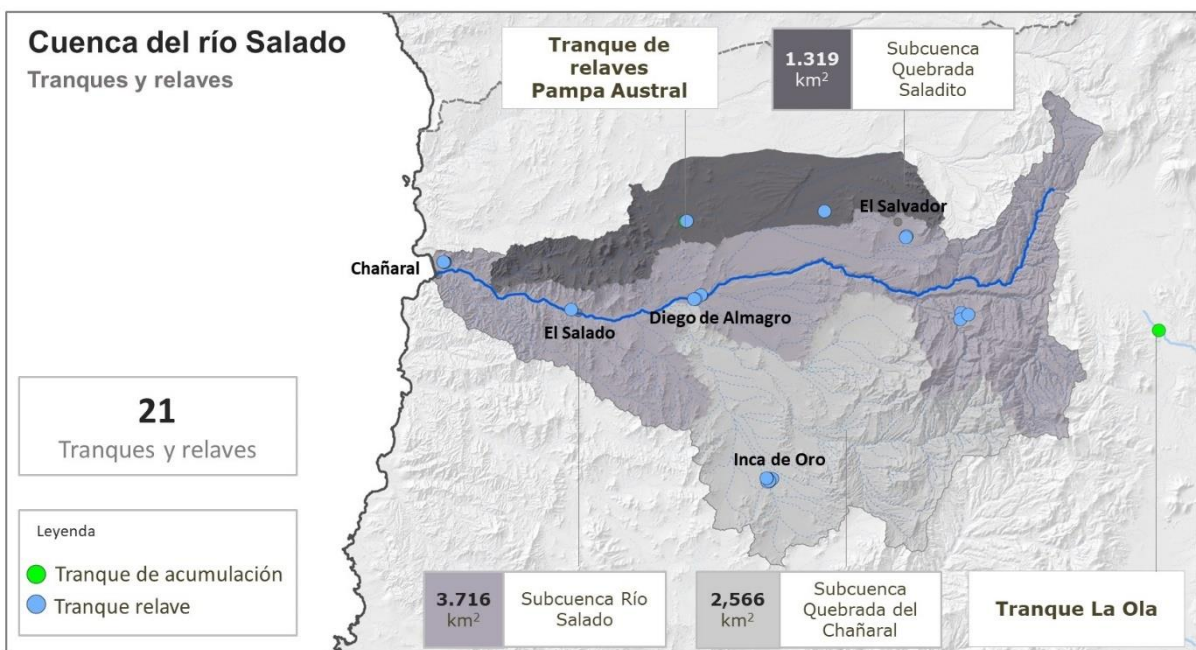
En cuanto a los depósitos de relaves y tranques presentes en la zona, éstos suman un total de 20 en toda la cuenca, tal como se muestra en la **Figura 2-19**. Sin embargo, todos ellos se configuran como infraestructura asociada a relaves y desechos industriales; mientras que el tranque La Ola y el tranque Juncal, ubicados fuera de la cuenca, forma parte del sistema hidráulico de embalses que aporta agua a la cuenca.

Del total de depósitos y tranques, la empresa propietaria de la mayor parte de estos relaves es CODELCO, con un total de siete localizados en la comuna de Diego de Almagro. Estas actividades industriales han llevado a conflictos históricos con comunidades de la localidad de Chañaral, respecto al vertimiento de residuos líquidos al cauce del río Salado¹⁹ que, como se ha mostrado en la descripción anterior, cruza la cuenca completamente hasta su desembocadura en dicha ciudad.

¹⁹ https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/109

Entre los tranques más relevantes, al estar asociados a las principales actividades mineras como los proyectos mineros de División Salvador, se encuentra el **tranque de Relaves Pampa Austral**, localizado a 60 km al poniente de la ciudad El Salvador y que históricamente ha recibido los relaves que descarga la planta concentradora del proceso productivo (CODELCO, 2011). Actualmente, su objetivo principal es el depósito de relaves producidos a partir del nuevo proyecto "Rajo Inca", que ampliará su capacidad de llenado en aproximadamente 560 Mton, equivalente a un volumen de 491 Mm³. Las nuevas obras permitirán la producción por más de 40 años de esta actividad.

Actualmente, este tranque de relaves es de alta relevancia, pues parte de la evacuación de aguas claras (5,0 hm³/año), son utilizadas para riego experimental de terceros y de la propia empresa de CODELCO, con un total de 3,4 hm³/año para estos fines (CODELCO, 2020).



Fuente: Elaboración propia a partir de SERNAGEOMIN (2019)

Figura 2-19 Tranques localizados en la cuenca río Salado

Además, asociados a CODELCO Salvador, aunque fuera de la cuenca, se encuentra el **tranque La Ola y tranque Juncal**, obras de captación de aguas localizados en la cuenca de Pedernales y ejecutadas a partir de la década de 1920, con el fin de abastecer de agua a la División Salvador de CODELCO. Del total de agua que circula desde esta cuenca hacia la operación minera, 690 l/s (cerca del 80%) son enviados desde tranque La Ola, por lo que se conforma como una obra hidráulica fundamental para la actividad minera en la cuenca. Además de su importancia en este sector, el tranque La Ola es uno de los principales destinos turísticos de la región, al localizarse cercano al Salar de Pedernales, a 3.500 m.s.n.m. y cercano al río La Ola, con una vegetación baja, cordillerana y fauna compuesta por guanacos, vicuñas, flamencos y patos (Servicio Nacional de Turismo, 2012).

2.4.1.2 Traslases y aducciones

La cuenca río Salado cuenta con un trasvase dedicado preferentemente para uso de aguas industriales, proveniente de la cuenca de Pedernales, aguas arriba del área de estudio. Este trasvase forma parte de la infraestructura hídrica de la División Salvador (actualmente, proyectado con el proyecto Rajo Inca). Se trata de una tubería que nace en los tranques de captación de aguas localizados en la cuenca Pedernales, y que tiene una capacidad máxima de porteo de 860 l/s (27,12 hm³/año).

Por otro lado, existen traslases correspondientes al abastecimiento de agua potable de diferentes localidades de esta cuenca. El Plan de Desarrollo Caldera – Chañaral del año 2017, especifica que el agua potable para el abastecimiento de las localidades de Caldera, Bahía Inglesa, Chañaral, Barquitos y clientes aducción, son obtenidas de aguas subterráneas del valle río Copiapó, sector 6. Éstas son extraídas mediante un sondaje, el Mamoros, ubicado a 34 kilómetros de la ciudad de Copiapó, sobre la ribera del río en la cuenca homónima. También se cuenta con el sondaje Peaje, ubicado a 30 km de Copiapó, el cual se encuentra en proceso de habilitación, con un caudal máximo de 60 l/s.

Adicionalmente, se cuenta con un trasvase que aporta un caudal adicional proveniente de la minera Caserones, correspondiente a 50 l/s de agua procesada por una planta de osmosis de propiedad de CAP y operada por Acciona, sin embargo, dicho aporte corresponde principalmente a la localidad de Caldera (fuera de la cuenca).

El sistema de agua potable cuenta con dos aducciones en paralelo denominadas Piedra Colgada-Chañaral y Piedra Colgada-Caldera. La **Tabla 2-12** muestra la infraestructura asociada a este sistema para el caso de Caldera y Chañaral, con un total de 233.738 metros de longitud (Aguas Chañar, 2017) y la **Tabla 2-13** presenta el volumen trasvasado en la cuenca. A continuación, la **Figura 2-20** muestra los traslases y aducciones en la cuenca.

2.4.1.3 Desaladoras

La cuenca río Salado no presenta ninguna captación de plantas desaladoras en su borde costero. Sin embargo, existen plantas construidas actualmente que tienen su captación fuera de la cuenca, pero la demanda de este recurso se encuentra dentro de sus límites. En específico, se encuentran operando dos plantas desaladoras: una para usos mineros y otra para agua potable de, entre varias comunas, Chañaral (ver **Tabla 2-14**).

Tabla 2-12 Conducciones de producción Caldera

Identificación	Tipo	Diámetro	Longitud total (m)
Impulsión Sondaje MA-01 Aducción Caldera	Impulsión	355	60
Impulsión Sondaje PE-01 Aducción Caldera	Impulsión	315	235
Aducción Copiapó - Caldera	Aducción	400	15.649
Aducción Copiapó - Caldera	Aducción	450	41.596
Aducción Copiapó - Caldera	Aducción	500	4.755
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	250	37.867
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	315	487
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	350	56.357
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	400	48.434
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	450	7.162
Aducción Copiapó - Chañaral	Aducción	500	110
Aducción Corfo - Caldera	Aducción	250	16.884
Aducción Corfo - Caldera	Aducción	300	2.071
Aducción Corfo - Caldera	Aducción	350	2.071
Total sistema Caldera			83.321
Total sistema Chañaral			150.417

Fuente: Elaboración propia en base a Aguas Chañar (2017)

Tabla 2-13 Resumen del volumen trasvasado a la cuenca río salado

Trasvase	Caudal porteo (l/s)	Volumen promedio anual (en la cuenca) hm ³ /año	Uso
Piedra Colgada Caldera Chañaral	203	1,63	Agua Potable
El Salar de Pedernales - CODELCO	860	27,1	Minería

Fuente: Elaboración propia en bases a (Aguas Chañar, 2017) (RCA CODELCO, 2017)



Fuente: Elaboración propia en base a Aguas Chañar (2017)

Figura 2-20 Traslases y aducciones

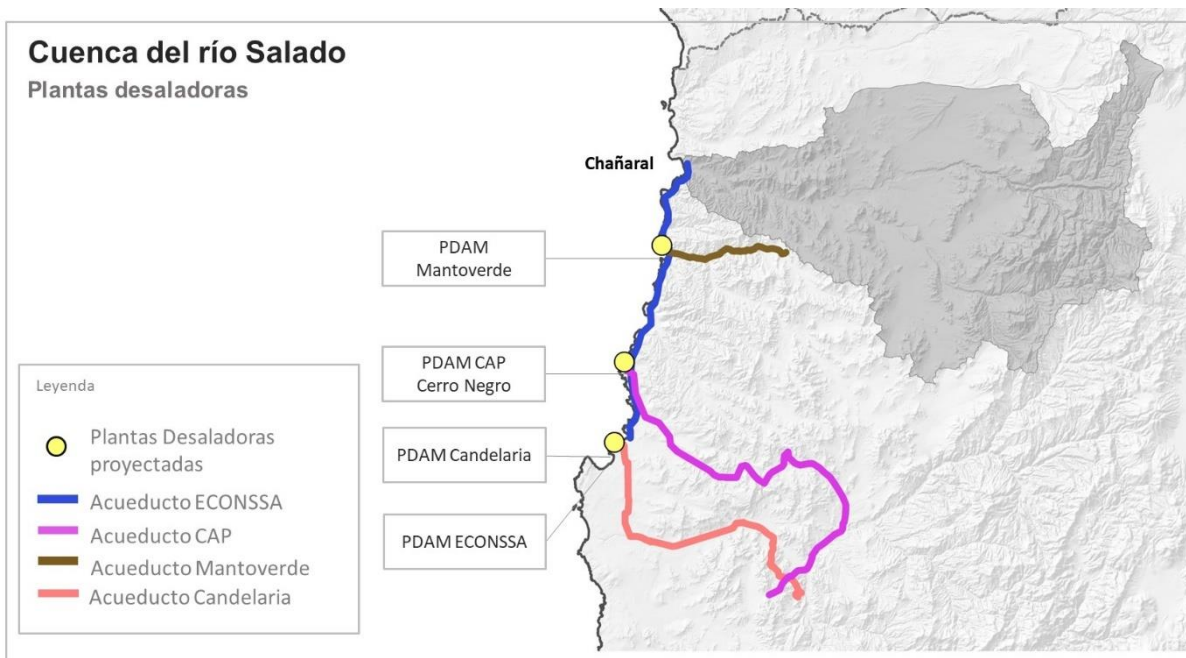
Tabla 2-14 Plantas desaladoras de agua de mar actuales en la cuenca

Nombre	Ubicación	Destino	Cap. máxima de producción (l/s)	Cap. Producción para la cuenca (hm ³ /año)
Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde	Sector Norte Bahía Flamenco	Minera Mantoverde	375	11,8
Planta Desalinizadora de Agua de Mar Econsa Chile S.A.	Sector Punta Zorro, Caldera	Agua potable comunas de Chañaral, Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla	450	1,6
Total actual			26,0	13,4

Fuente: Elaboración propia en base a información de Ministerio de Minería (2020)

El proyecto de **Agua Desalada Mantoverde** se ubica en el sector Bahía Flamenco, localizado a 30 km al sur de Chañaral, a 3,3 km (aproximadamente) al norte de Bahía Flamenco y a 0,25 km al poniente de la Ruta 5 Norte. El proyecto consiste en la instalación de una planta desaladora, ubicada en el sector de Flamenco, con el objeto de garantizar el abastecimiento de la demanda de agua requerida por la División Mantoverde (yacimientos mineros), para los planes actuales y futuros de producción.

Por otro lado, la PDAM de Econssa Chile S.A está ubicada en el sector de Punta Zorro, en la comuna de Caldera. El proyecto da suministro de agua potable al sistema Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla, el cual actualmente es alimentado por el acuífero de Copiapó. Por lo tanto, dentro de la cuenca la localidad de Chañaral será suministrada por agua potable por la PDAM. La fecha inicio de operación es octubre de 2021²⁰. Actualmente, para esta primera fase del proyecto se generarán 14,2 hm³/año. La localización de ambas plantas se muestra en la **Figura 2-21**.



Fuente: Elaboración propia en base a SEIA (2022)

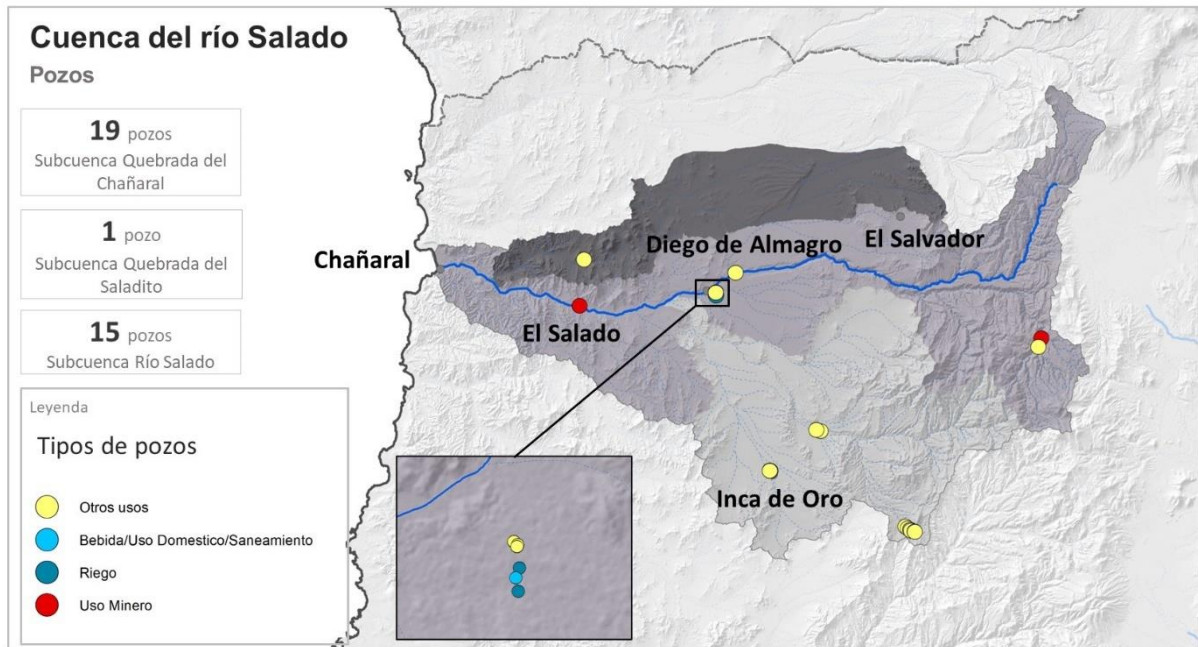
Figura 2-21 Desaladoras existentes

2.4.1.4 Pozos de extracción

En la cuenca río Salado se encuentran un total de 34 pozos de extracción, de los cuales 3 se utilizan para uso eminentemente minero, teniendo como propietarios a Minera Mantoverde (50 l/s), CODELCO (10 l/s) y Rodrigo Benítez (40 l/s). A su vez, se presenta un pozo de extracción de la Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro, utilizado para bebida, uso doméstico y/o saneamiento (5 l/s); y dos pozos de extracción del mismo propietario utilizados para actividades de riego (10 l/s en total). El resto se utiliza para otros usos o no existe información que especifique esta variable.

²⁰ Referencia Minuta 18/06/2021. Econssa Chile S.A

El total de caudal extraído a partir de estos pozos da un total de **281,2 l/s**. La localización de cada uno de ellos se muestra en la **Figura 2-22**.



Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2021)

Figura 2-22 Localización pozos de extracción cuenca río Salado

2.4.2 Infraestructura Sanitaria

2.4.2.1 Provisión de Agua Potable en Sectores Urbanos

En la cuenca hay 4 localidades (Chañaral, El Salado, Diego de Almagro e Inca de Oro) dentro del territorio operacional de la empresa sanitaria, Nueva Atacama. Además, CODELCO Salvador suministra agua potable a la localidad minera El Salvador.

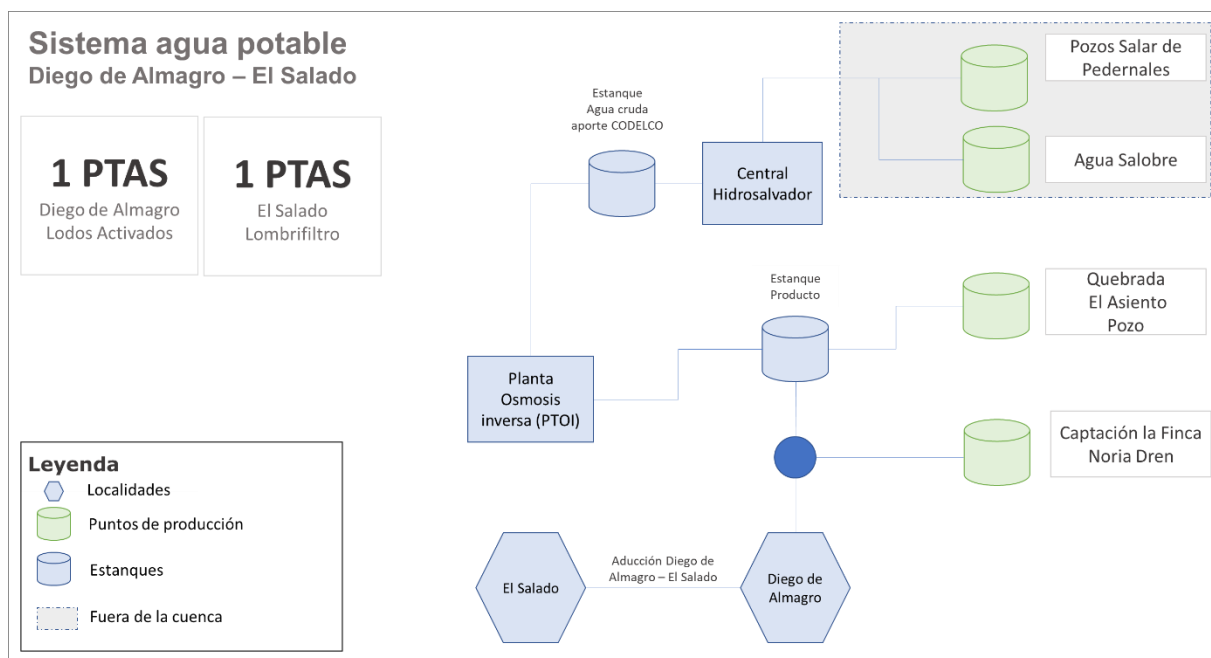
La captación de agua para consumo humano está principalmente fuera de la cuenca por la demanda de la localidad de Chañaral. La fuente de captación es de naturaleza subterránea ubicada en Piedra Colgada, y se traslada por acueducto según se indica en el apartado Trasvases y aducciones.

Respecto a las otras demandas, Diego de Almagro y El Salado se unen en un mismo sistema donde el agua se toma de tres captaciones:

- Quebrada el Asimiento: Pozo de 26 m de profundidad y un caudal de diseño de 18 l/s (12 l/s producción).
- Aporte de CODELCO: Suministro de 26 l/s de agua salobre (contrato N° 02071/2002) conducido a la Planta de Osmosis Inversa de Diego de Almagro. Se incluyen 25 l/s (21 l/s en promedio) de agua cruda proveniente del campo de pozos del Salar de Pedernales. Ambos caudales salen de la central Hidrosalvador de CODELCO.
- Captación La Finca: Noria-dren de 100 metros de longitud y 1,3 m de profundidad, el caudal de diseño es 12 l/s y la captación actual es de 11 l/s.

Históricamente, la captación de la Finca estuvo constituida por 5 pozos, sin embargo, los caudales fueron deshabilitados después del aluvión del 2015 (Aguas Chañar, 2017). En la **Figura 2-23** se presenta el esquema de captación y distribución del sistema de agua potable de Diego de Almagro y El Salado.

La localidad de Inca de Oro se suministra por dos drenes: uno en funcionamiento (código 2d1-LV01) de 137 m y 3,12 m de profundidad, ubicado en el sector La Vega. El caudal de diseño es de 3 l/s y aporta actualmente 2,5 l/s. El dren LV02 está fuera de servicio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23 Esquema sistema de agua potable Diego de Almagro - El Salado

2.4.2.2 Provisión de Agua Potable en Sectores Rurales

No se identificaron sectores que se abastezcan, fuera de la cobertura de la empresa sanitaria concesionada.

2.4.2.3 Plantas de Tratamiento de aguas Servidas

Las localidades de Diego de Almagro y El Salado disponen de una red de recolección de tipo separado, la cual termina en un emisario hasta la PTAS de cada localidad. Inca de Oro actualmente no dispone de red de recolección (Aguas Chañar, 2017), por lo tanto, se proyecta la construcción de una red recolectora, emisario y PTAS.

Finalmente, en Chañaral existe red de recolección de aguas servidas, pero las aguas son transportadas por emisario submarino al océano pacífico y existe solamente tratamiento primario de éstas, por lo tanto, tampoco se presenta la reutilización de agua en Chañaral.

A continuación (**Tabla 2-15**), se muestra la cobertura de aguas servidas según Plan de Desarrollo de Aguas Chañar, para el año 2017.

Tabla 2-15 Cobertura Aguas Servidas según ciudad/localidad

Ciudad o Localidad	Cobertura Red de Aguas Servidas (%)	Planta de tratamiento de aguas
Chañaral	93,8%	No
Diego de Almagro	98,0%	Si
El Salado	97,5%	Si
Inca de Oro	Sin red de recolección	No

Fuente: Plan de Desarrollo Aguas Chañar, año 2017

Como parte de los resultados del modelo, se tiene que existen flujos de retornos de aguas tratadas que son devueltas al sistema. En total, actualmente existe un flujo promedio (entre los años 2015 y 2020) de 1,38 hm³/año, tal como es posible observar en el capítulo 3.14 del Anexo H.

2.4.3 Redes de Medición

A continuación, se presentan las redes de medición de la Dirección General de aguas y de terceros.

2.4.3.1 Red Hidrométrica

La Dirección General de Aguas cuenta con 2 estaciones meteorológicas con emisión de datos por satélite o GPRS. **La cuenca no presenta estaciones de reportes fluviométricos, ni reportes de pozos y sedimentos.** A continuación, la **Tabla 2-16** muestra las diferentes estaciones identificadas en la cuenca, según tipo y principal ente administrador.

Debido a la presente brecha de información, se utilizaron estaciones meteorológicas cercanas para la validación de los datos de los modelos climáticos, como se indica en el apartado 2.2.3. Además, existen otras estaciones cuya administración corresponde a instituciones públicas y/o privadas (ver **Tabla 2-16**). En la **Figura 2-24** se presentan las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca.

2.4.3.2 Red de Calidad de Aguas

Respecto a la calidad de aguas, la Dirección General de Aguas no reportan puntos de estaciones que permitan medir este parámetro en la cuenca en estudio.

2.4.3.3 Red Glaciológica y de Nieves

No existen estaciones de seguimiento de glaciares o nieve dentro de la cuenca.

Tabla 2-16 Estaciones de medición hídrica en la cuenca río Salado

Tipo de estación	Nombre	Código	Administrador	Estado
Meteorológica	Las Vegas	BNA 3210001-5	DGA	Vigente
Meteorológica	Potreriillo	BNA 3201001-6	DGA	Vigente
Meteorológica	Chañaral (aeródromo)	DMC 260002	DMC	Sin Información
Meteorológica	Potreriillos		DMC	Vigente
Meteorológica	El Salvador		DMC	Vigente
Meteorológica	Pueblo Hundido	-	DMC	Sin Información
Meteorológica	Llanta Retén	-	DMC	Sin Información
Meteorológica	Inca de Oro	-	DMC	Sin Información
Meteorológica	Pampa Austral Norte	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	Cine Inca	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	Intelec	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	CAP	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	Doña Inés	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	Pampa Austral Sur	-	CODELCO	Sin Información
Meteorológica	Cruce Ruta 5	-	CIMM	Sin Información
Meteorológica	Aeródromo El Salvador	-	CIMM	Sin Información
Meteorológica	Diego de Almagro	-	CIMM	Sin Información
Meteorológica	El Salado	-	CIMM	Sin Información
Meteorológica	Finca Montandón	-	CIMM	Sin Información
Meteorológica	Llanta	-	CIMM	Sin Información

BNA = Banco Nacional de Aguas

CIMM = Centro de Investigación Minería y Metalúrgica

CODELCO = Corporación Nacional del Cobre

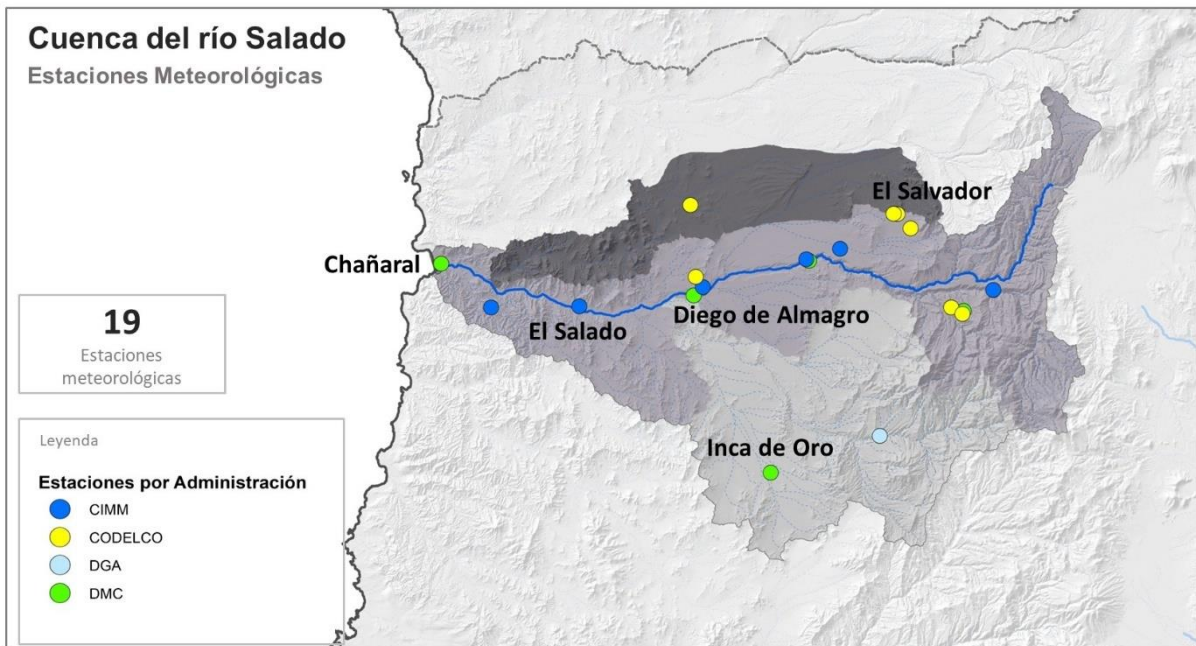
DGA = Dirección General de Aguas

DMC = Dirección Meteorológica de Chile

Fuente: Elaboración propia

2.5 Nuevas fuentes de agua

El uso creciente de los recursos hídricos producto de una mayor demanda poblacional, por las actividades productivas, al mismo tiempo que se dispone de una oferta decreciente producto de una explotación de las aguas por sobre la disponibilidad real, resulta en una necesidad constante por acceder a nuevas fuentes de agua que permitan reducir el riesgo de abastecimiento y contribuir a la seguridad hídrica de las personas, de los ecosistemas y de las actividades productivas. A continuación, se evalúa la posibilidad de acceder a nuevas fuentes de agua en esta cuenca, como pueden ser acuíferos y su recarga, la desalinización, reutilización de aguas y neblinas costeras.



Fuente: Elaboración propia en base a DOH (2020)

Figura 2-24 Estaciones meteorológicas en la cuenca río Salado

2.5.1 Acuíferos

De estudios anteriores (Gobierno Regional de Atacama, 2019), se pudo determinar que en el área donde se encuentra la cuenca río Salado, los acuíferos son libres, con profundidades medias entre 55 y 75 metros en Inca de Oro, y de alrededor de 27 metros en La Finca. En Diego de Almagro, en cambio, el acuífero es confinado; mientras que en El Salado el nivel estático del acuífero confinado alcanza los 7 metros de profundidad. En relación con sus propiedades hidráulicas, no se tiene información secundaria sobre la transmisibilidad de los

acuíferos en la zona; los caudales específicos son muy bajos, en general menores a 0,2 m³/h/m, exceptuando El Salado, con un caudal específico de 24,6 m³/h/m.

Con respecto a los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC), el SHAC del río Salado (SHAC-03-51-86) abarca toda el área de la cuenca y corresponde a un acuífero abierto.

A partir de las campañas de gravimetría y TEM realizadas en terreno, se determinan en mayor detalle las características del subsuelo (se puede revisar en la sección 4.2.1 de este informe, y en mayor detalle en el Anexo K, sección 2.4 y Anexo H sección 2.2). Se obtiene una profundidad de basamento que alcanza hasta 390 m en algunos sectores, como al poniente de El Salvador. A su vez, el rango de permeabilidades oscila entre 4,99e-07 y 0,0099 cm/s, destacando como los sectores con mayor permeabilidad aquellos situados en el sureste de la cuenca, donde existen depósitos aluvionales.

Como nuevas fuentes de agua, se puede considerar la extracción de sectores con buenas permeabilidades y profundidades, como lo es la zona al poniente de Diego de Almagro, con 0,002 cm/s de permeabilidad y 250 a 300 m de profundidad.

2.5.2 Plantas desaladoras

Como se mostró en el apartado 2.4.1 Obras Hidráulicas, la cuenca río Salado no presenta ninguna captación de plantas desaladoras en su borde costero. Sin embargo, existen plantas construidas y proyectos de plantas que tienen su captación fuera de la cuenca, pero la demanda de este recurso se encuentra dentro de sus límites. En específico, se presentan tres desaladoras, dos para uso minero y otra para agua potable (ver **Tabla 2-17** y **Figura 2-25**).

Tabla 2-17 Plantas desaladoras proyectadas

Nombre	Ubicación	Destino	Cap. Producción (hm ³ /año)	Uso destinado
Planta Desaladora Santo Domingo	Sector Punta Roca Blanca, Caldera	Capstone, fracción a comunidad Diego de Almagro	3,5	Minería
Planta desaladora Diego de Almagro	Sector Punta Achurra	Proyecto Minero Diego de Almagro	9,8	Minería
Total proyectado			37,0	

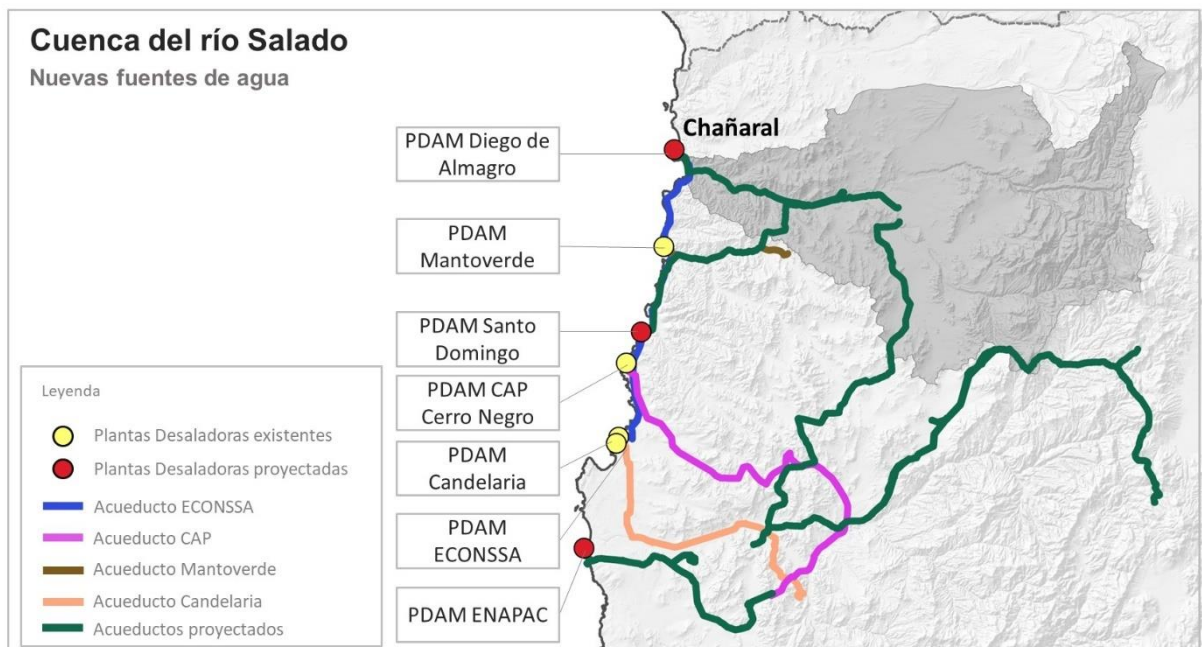
Fuente: Elaboración propia

La **Desaladora Diego de Almagro** se encuentra dentro del proyecto de explotación minera a rajo abierto Diego de Almagro, perteneciente a la Compañía Minera Sierra Norte S.A (Grupo Minera Can Can S.A.) y será captada en el sector Punta Achurra, a 5 kilómetros aproximadamente al norte de la bahía de Chañaral, y conducida hasta la planta de

procesamiento de minerales a través de una línea de impulsión de 61 kilómetros de extensión²¹.

La **Planta Desaladora Santo Domingo** contempla las obras anexas a estas instalaciones. El Proyecto Santo Domingo utiliza agua de mar sin desalinizar para su proceso, sin embargo, se requiere de una pequeña Planta Desalinizadora en el Área Puerto, principalmente para el lavado de los concentrados de magnetita antes de su embarque. Esta área se emplaza en el sector de Punta Roca Blanca en la comuna de Caldera, fuera del área urbana de dicha comuna.

En el año 2021, la **PDAM de Econssa Chile S.A** entró en funcionamiento. Está ubicada en el sector de Punta Zorro, en la comuna de Caldera. El proyecto da suministro de agua potable al sistema Caldera, Chañaral, Copiapó y Tierra Amarilla, el cual actualmente es alimentado por el acuífero de Copiapó. Por lo tanto, dentro de la cuenca la localidad de Chañaral será suministrada por agua potable por la PDAM.



Fuente: Elaboración propia en base a SEIA (2022)

Figura 2-25 Nuevas fuentes de agua en la cuenca río Salado

²¹ <https://www.alxar.cl/que-hacemos/proyectos/sierra-norte>

2.5.3 Reutilización de aguas industriales y mineras

En la División CODELCO Salvador, dentro del Proyecto Rajo Inca, se considera la mejora de operación incluyendo la recuperación de agua, en especial en la etapa de espesado de relaves desde el tranque Pampa Austral. En condiciones normales, se espera la recuperación de 68.695 m³/día, sin embargo, la Planta Contenedora requerirá una reposición de agua fresca de 35.750 m³/día (CODELCO, 2018b).

2.5.4 Reutilización de aguas servidas domiciliarias

En la cuenca se descargan al mar un total de 1,03 hm³/año (SISS, 2021), los cuales pueden ser usados para otros fines como riego de zonas verdes urbanas o como agua industrial en operación minera. Como ejemplo, en la región de Atacama, la empresa sanitaria Nueva Atacama vende sus aguas servidas tratadas a Minera Candelaria, equivalente a 175 l/s, las cuales se mezclan con agua fresca. En particular, se identificó como oportunidad el tratamiento y reutilización de aguas que se descargan mediante un emisario submarino en la localidad de Chañaral, iniciativa que será evaluada más adelante en este documento.

En el caso de la División CODELCO Salvador, la actividad genera 101,9 m³/día pasando a 97,35 m³/día de agua servidas tratadas que serán utilizadas para humectación de caminos (CODELCO, 2018b).

2.5.5 Neblinas

La captación de agua de niebla es una tecnología probada a nivel mundial, que tiene como objetivo el abastecimiento de agua potable en cantidades básicas en ciertas regiones áridas o que, incluso no siendo declaradas zonas áridas o semiáridas debido a las precipitaciones registradas, presentan igualmente períodos importantes de sequías para la población. La niebla o camanchaca se expresa como un recurso disponible en la atmósfera. Las zonas más estudiadas en Chile se sitúan desde la región de Tarapacá hasta la región de Coquimbo. Las captaciones promedio identificadas en la Zona Norte se presentan en la **Tabla 2-18**, y reflejan la capacidad promedio anual de captación de agua desde una superficie vertical de atrapanieblas, ya sea 1 m² o 40 m². De esta forma, un atrapaniebla de 40 m², ubicado en la región de Atacama, capturaría en promedio un total de 57,20 litros/día de agua.

Tabla 2-18. Captación promedio de agua de niebla identificada en la zona norte de Chile

Región	Sector	Promedio de captación litros/m ² /día	Promedio de captación litros/día por atrapaniebla de 40 m ²
Tarapacá	Alto Patache	7,81	312,40
Antofagasta	Cerro Moreno	8,26	330,40
Atacama	Chañaral	1,43	57,20
Coquimbo	El Tofo	2,98	119,20

Fuente: Elaboración propia con base en Larraín *et al.* (2002).

Las captaciones promedio diarias en la región de Atacama corresponden a las menores registradas en el país. Sin embargo, existe en la región un proyecto emblemático a nivel nacional, que da cuenta de la potencialidad de la captación de agua de niebla en la región a pesar de los bajos promedios registrados. En la ciudad de Chañaral, la **Agrupación Atrapanieblas Atacama** es dueña de 11 Atrapanieblas instalados en el sector de Falda Verde, donde cultivan aloe vera (Carter *et al.*, 2007). En base a proyecciones realizadas por Larraín *et al.* (2002), la instalación de 100 Atrapanieblas en el sector de **Falda Verde** (y potencialmente otros sectores costeros en la región) podrían producir en promedio 5.720 litros/día. Este número de atrapanieblas operando en conjunto ha funcionado en Chile, constituyendo uno de los proyectos más emblemáticos a nivel mundial. El sector de El Tofo, en la región de Coquimbo, se abastecía mediante camiones aljibe que entregaban 10.000 litros de agua a la semana. Se instaló un sistema de atrapanieblas que funcionó de 1989 a 2000, produciendo cada día un promedio 15.000 litros de agua potable para los 300 habitantes del pueblo, a partir de 100 Atrapanieblas (Fessehay *et al.*, 2014).

Respecto de la sostenibilidad de la extracción del agua a través de Atrapanieblas en relación con el ecosistema, cabe destacar que la eficiencia de las mallas utilizadas es menor al 20%. Lo anterior significa que el 80% restante de las gotas de agua que componen la nube siguen su curso hacia los ecosistemas ubicados a sotavento de la infraestructura (Schemenauer y Joe, 1989). La cantidad de agua que se extrae de una masa nubosa, como las existentes en el norte de Chile, es mínima, ya que no alcanza a interceptar el 1% del total del agua que es desplazada por el viento, de manera que difícilmente podría alterar los ecosistemas a sotavento de la infraestructura instalada. Por otra parte, es considerada "agua nueva", es decir, el agua que se extrae de la niebla no proviene de otro sistema hidrológico (río, acuífero, etc.), no se está restando a otro uso, sino que, de no utilizarse, ésta se evaporará al cambiar las condiciones atmosféricas (Cereceda, 2000).

A pesar de las ventajas aparentes de estos sistemas, la experiencia muestra que los atrapanieblas para abastecimiento de agua para la población funcionan en períodos de tiempo acotados a las reposiciones de estos (como es el caso de El Tofo), lo cual plantea la necesidad de evaluar con mayor detalle los aspectos sociales y económicos asociados a esta fuente.

2.6 Gobernanza del agua a nivel de cuenca

Los Principios de **Gobernanza del Agua** deben desarrollarse bajo la premisa de que no existe una solución universal para los desafíos del agua alrededor del mundo, sino más bien un conjunto de opciones basadas en la diversidad de los sistemas legales, administrativos y organizacionales, tanto entre países como dentro de éstos.

La Gobernanza del agua hace alusión al conjunto de actores, reguladores, usuarios o beneficiarios que interactúan en torno al recurso hídrico, y que en conjunto dan forma a una serie de normas o acuerdos, explícitos e implícitos, para la gestión del recurso.

En lo principal, se pueden distinguir actores públicos, que corresponden a los organismos del Estado con facultad normativa, fiscalizadora, de estudio, planificación y fomento sobre las aguas y los usuarios. Los actores privados corresponden principalmente a titulares o beneficiarios directos de un derecho de aprovechamiento de agua consuntivo o no consuntivo. Destacan por cantidad y volumen destinado a los usuarios relacionados con actividades mineras y que utilizan el agua para consumo humano.

Según Figueroa y Chía (2016), la principal hipótesis para que emerja un proceso de gobernanza en un territorio debe generarse desde una proximidad geográfica hasta una organizacional, lo que permitiría que los actores sean capaces de elaborar proyectos con intereses comunes, crear instancias de confianza, lenguaje común y aprendizajes organizacionales (Vitry y Chía, 2016). Para la creación de estos proyectos, los actores deben apoyarse sobre instrumentos (herramientas) y dispositivos, los cuales juegan un importante rol en la gestión de las organizaciones y en la implementación de políticas públicas, condicionando el comportamiento de los actores.

Para llevar a cabo la gobernanza territorial y el propósito de ésta en la cuenca, es de suma importancia partir por la identificación de los *stakeholders*, los que se clasificaron en actores públicos, privados, políticos y comunidad, incluyendo las comunidades indígenas; estos grupos interactúan en base a una temática común, que es la seguridad hídrica dentro de la cuenca estudiada, esta relación de *stakeholders* se puede observar en **Figura 2-26**.

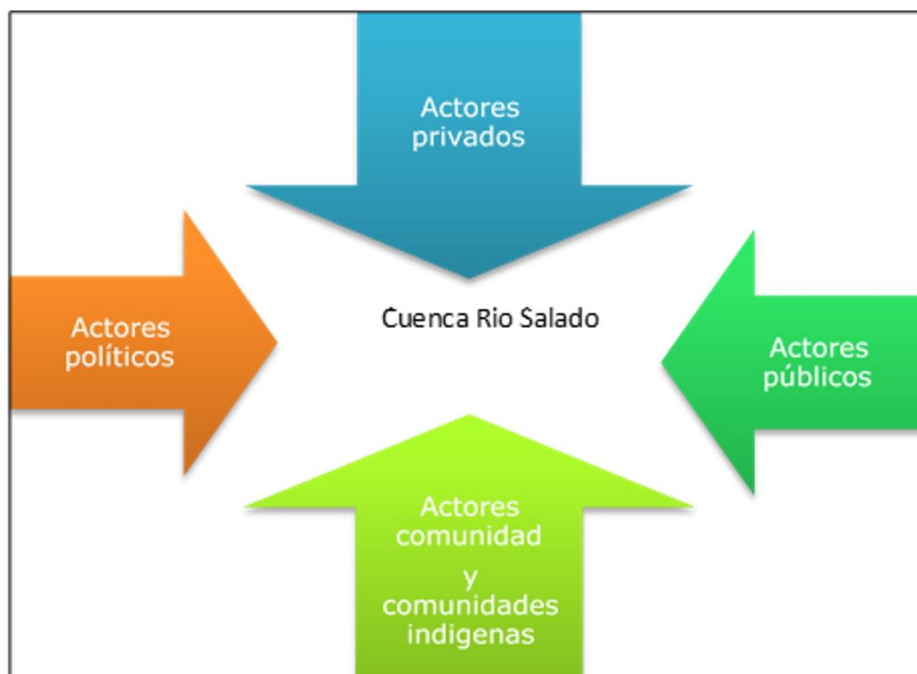


Figura 2-26 Identificación de actores claves

Fuente: Elaboración propia.

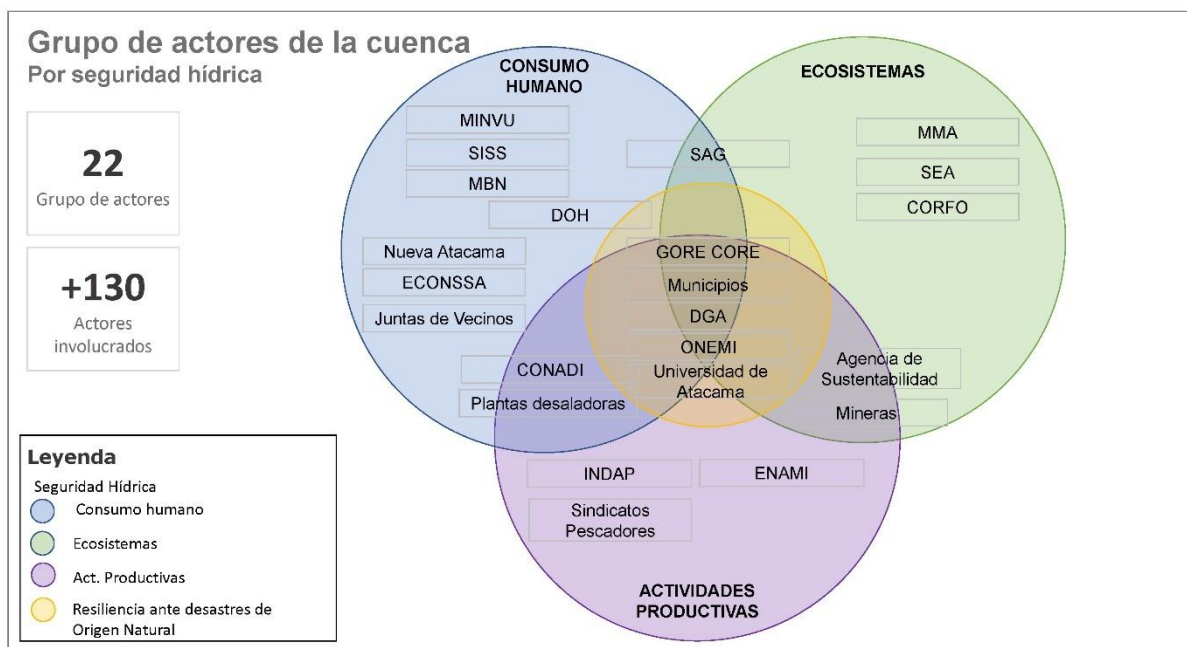
La definición de actores claves se encuentra vinculada a la teoría de redes sociales, que entiende la realidad social como conformada por relaciones sociales donde participan ciertos actores e instituciones. Un actor clave, en tal sentido, puede ser una persona o una institución, y son considerados como aquellos que pueden influenciar de alguna manera (tanto negativa como positivamente dentro de una cierta problemática o asunto) o bien son muy importantes para que una situación se manifieste de determinada forma (Tapella, 2007).

En base a esta definición, se entenderán a los actores claves dentro de un plan de gestión hídrica de cuencas, como aquellas instituciones o grupos de personas que tienen injerencia en o pueden verse afectados con las decisiones que se tomen en torno a la gestión del agua dentro de la cuenca río Salado. De esta forma, caben dentro de esta definición tanto aquellas instituciones que se ocupen directamente de los recursos hídricos, como también aquellas que indirectamente tengan relación con la gestión de cuencas o con la abundancia/falta de agua en el territorio.

2.6.1 Mapa de actores

A través de las actividades de participación ciudadana (Anexo I, sección 2.2) se validó el mapa de actores de la cuenca en relación con los recursos hídricos. Considerando todos los talleres, se registró un total de 100 participantes y más de 10 instituciones diferentes repartidas en dichas actividades de participación (Anexo I, sección 2). Los actores fueron caracterizados por eje de seguridad hídrica, entendida como la capacidad de proveer agua

en cantidad, calidad y oportunidad, para las personas, los ecosistemas y las actividades productivas, y en forma resiliente ante eventos extremos (Anexo J3, Sección 2, información por eje de seguridad). En la **Figura 2-27**, se presentan los actores principales de la cuenca por seguridad hídrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27 Grupos de actores de la cuenca por eje de seguridad hídrica

De esta imagen, se detectan tres niveles de actores según su relevancia en cada una de las seguridades desarrolladas en el estudio. En primer lugar, aquellos cuyo grado de interés o injerencia sólo está dentro de un tipo de seguridad hídrica, estos son: MINVU, SISS, MBM, Nueva Atacama, Juntas de Vecinos, INDAP, ENAMI, sindicatos de pescadores, MMA, SEA, CORFO. En segundo lugar, aquellos que presentan interés o injerencia en dos tipos de seguridades, como el SAG, CONADI, plantas desaladoras, Agencia de Sustentabilidad y mineras. Por último, se encuentran aquellos actores que tienen mayor importancia debido a que tienen interés o injerencia en las tres seguridades hídricas abordadas en este plan, como el GORE, CORE, municipios, DGA, ONEMI y Universidad de Atacama.

Los **actores públicos** se encuentran en una coordinación permanente con los actores privados y canalizan intervenciones de distinto nivel, ya sea a nivel de formación y apoyo productivo (CNR, INDAP), y a la inversión en grandes obras (MOP, DOH). La Dirección General de Aguas, por su parte, tiene una participación en cuanto a la estrategia hídrica dentro de la cuenca.

❖ **Gobierno central**

- Ministerio de Obras Públicas, MOP
 - Dirección General de Aguas, DGA
 - Dirección de Obras Hidráulicas, DOH
- Ministerio de Medio Ambiente, MMA
 - Seremi de Medio Ambiente
 - Servicio de Evaluación Ambiental, SEA
- Ministerio de Economía
 - Subsecretaría de Pesca, SUBPESCA
 - Servicio Nacional de Pesca de Chañaral, SERNAPESCA
- Ministerio de Minería
 - Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN
- Ministerio del Interior
 - Oficina Nacional de Emergencias, ONEMI
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia
 - Corporación Nacional de Desarrollo Indígena, CONADI
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU
- Ministerio de Bienes Nacionales, MBN
- Gobernación Marítima de Caldera
 - Capitanía de Puerto de Chañaral

❖ **Gobierno local**

- Gobierno Regional de Atacama (GORE)
- Consejo Regional de Atacama (CORE)
- Municipios de Chañaral y Diego de Almagro

Así también, es muy importante la presencia que tiene **ECONSSA** (empresa CORFO), empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios, una sociedad anónima de propiedad del Estado de Chile. Su objetivo es desarrollar una gestión efectiva de control y administración de los contratos de transferencia del derecho de explotación de la planta desalinizadora de agua de mar para Atacama (PDAM), asegurando su sustentabilidad presente y futura.

Entre los **actores Privados** presentes en la cuenca, la mayoría se asocia a la actividad minera y, por lo tanto, son aquellos con mayor representación en relación con el recurso hídrico, debido tanto a los DAA otorgados como a la infraestructura hidráulica. **CODELCO División El Salvador, Minera Mantos Cooper, y AngloAmerican**, a través de Mantoverde, tienen derechos de aprovechamiento que utilizan para sus distintas faenas. Este actor privado es altamente relevante en la gestión hídrica de la cuenca, puesto que, al ser representantes de la actividad minera, concentran la mayor parte de la demanda de

agua del territorio, por lo que es importante su interés en las acciones e iniciativas que se implementen en la cuenca río Salado.

Respecto a los actores relacionados con la administración del agua potable, en la cuenca existe una empresa sanitaria, **Nueva Atacama**. El área de concesión está situada en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Al año 2020 el conjunto de localidades suma un total de 92.420 clientes.

Otro actor dentro de la cuenca es el que representan las distintas **comunidades indígenas**, siendo su injerencia altamente relevante para el correcto desarrollo del plan. Si bien formalmente no tienen derechos de aprovechamiento, el uso del agua desde el punto de vista ancestral es un elemento clave para considerar al desarrollar un plan estratégico hídrico.

Las comunidades indígenas presentes en la zona son principalmente collas y changos, entre las cuales se destacan:

- **Comunidad Indígena Colla Geocultuxial**
- **Comunidad Indígena Colla Diego de Almagro**
- **Comunidad Indígena Colla Chiyagua de Quebrada el Jardín.**

Los actores de la Sociedad Civil corresponden a **Universidades y Centros de Investigación** de carácter local y nacional, así como la sociedad civil agrupada en Organizaciones No Gubernamentales, denominadas ONG. Las universidades y estamentos educacionales que participan dentro del actuar de la cuenca son:

- **Universidad de Atacama**
- **Centro del agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe, CAZALAC**
- **Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA**

Estos órganos educacionales y/o de investigación trabajan de forma conjunta para incentivar la gestión en el territorio.

Otro tipo de organización que está plenamente vigente y es relevante desde el punto de vista organizacional en el territorio, son las **Juntas de Vecinos**, organizaciones comunitarias de carácter territorial que permiten la retroalimentación de información hacia la población de comunas que se encuentran colindantes a la cuenca.

Algunas de las principales Juntas de Vecinos se identifican a continuación:

- **Junta de Vecinos de Barquitos**
- **Junta de Vecinos Villa Portal del Inca**
- **Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Chañaral**
- **Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Diego de Almagro**

Otro actor muy importante dentro de la orgánica de la cuenca es la sociedad civil que pertenece al mundo pesquero en la comuna de Chañaral, al ser ésta la única comuna con relación directa con el borde costero en esta cuenca. Dentro de las organizaciones se encuentran:

-
- **Sindicato de Recolectores de Algas y Pescadores.**
 - **Sindicato de Trabajadores Independientes Algueros Artesanales de Chañaral.**
 - **Sindicato de Trabajadores Independientes Buzos Apnea y Recolectores de Orilla.**
 - **Sindicato de Trabajadores Independientes Buzos Mariscadores Punta Achurra Chañaral.**
 - **Sindicato de Trabajadores Independientes Pescadores Artesanales Chañaral.**

Finalmente, la **Figura 2-28** presenta un ejemplo de mapa de actores por seguridad hídrica (ver Anexo I - PAC, sección 3.1). Este diagrama da cuenta de una clasificación de actores según su **influencia**, que puede ser alta, media o baja dentro de la temática; y según su **interés** en la misma.

Por influencia, se entenderá la capacidad e injerencia que tienen los actores en las decisiones que se tomen en torno a las iniciativas y gestión dentro de la cuenca río Salado (por ejemplo, se encuentran actores del sector público que, por su labor a nivel regional y local, se configuran como tomadores de decisiones; o bien, actores privados que, por la importancia que revisten sus actividades a nivel de cuenca, pueden configurar relaciones que permitan tener mayor injerencia en la toma de decisiones). Por último, "interés" se entenderá como el grado de atención que tienen ciertos actores en las decisiones que se tomen dentro de la cuenca, ya sea porque afecta directamente en sus actividades o modos de vida, o bien, porque cierta temática cabe dentro de sus labores (ver Anexo I - PAC, sección 2.2).

El tamaño de los símbolos representa el número de actores, permitiendo identificar gráficamente a aquellos grupos que tienen mayor número y su posicionamiento según influencia e interés.

Por consiguiente, por ejemplo, en el caso de seguridad hídrica para las personas, dentro de la influencia "alta" se encuentra DIRPLAN, DOH, DGA, ONEMI y SISS, siendo éste el conglomerado más numeroso de la seguridad mencionada y el que tiene un mayor interés en ella, tal como se aprecia según posicionamiento dentro de la figura. En el caso opuesto, actores como PRODESAL, CNR, CONAF, MMA y SAG, tienen influencia e interés "bajo" en lo que se refiere a seguridad hídrica de personas. Una combinación de alto interés y menor influencia se encuentra en el caso de la minera Manto Verde o la Universidad de Atacama, al ser actores claves dentro del territorio, pero no se posicionan como instituciones tomadoras de decisiones, por ejemplo. Finalmente, para el caso de actores con alta influencia, pero menor interés, se encuentran las Juntas de Vecinos.



Abreviaturas se encuentra en Anexo A. Además: Min = Minera; S. = Seremi; Des. = Desaladora. Municipales corresponden a las comunas de la cuenca: Chañaral y Diego de Almagro

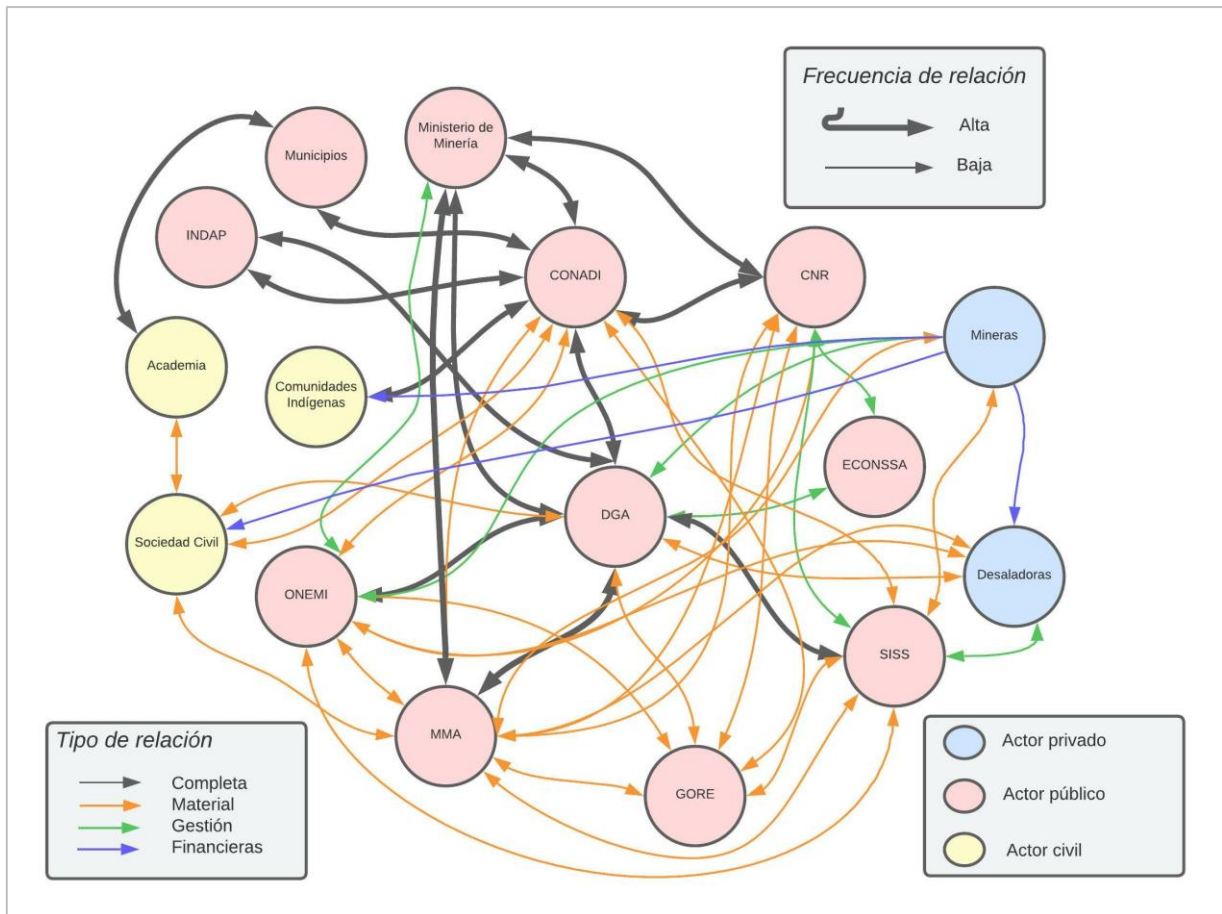
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-28 Mapa de actores según seguridad hídrica para el consumo humano

Por último, la **Figura 2-29** muestra el grafo de los principales actores interactuantes dentro de la gestión de la cuenca del río Salado. El grosor de las líneas indica la frecuencia en términos de las relaciones entre los actores, mientras que los colores muestran el tipo de relación entre ellos. A continuación, se describe cada tipo de relación y color:

- **Relaciones materiales:** Se trata de relaciones que se pueden materializar en acciones, proyectos o iniciativas concretas. Se trata de la relación más común entre actores, en la medida en que la mayor parte de las instituciones y empresas tienen este tipo de relaciones con otros actores, para concretar proyectos específicos.
- **Relaciones financieras:** Tiene que ver con relaciones basadas específicamente en traspasos monetarios o financiamientos desde una parte hacia otra. Por ejemplo, empresas que entregan compensaciones monetarias o son beneficiarias de ciertas iniciativas. Difiere de las relaciones materiales, en el sentido de que esta transferencia monetaria no necesariamente se materializará en algo concreto.
- **Relaciones de gestión:** Son relaciones basadas en gestión de proyectos, iniciativas o planificación, que no necesariamente se materialice en proyectos específicos.
- **Relaciones completas:** Agrupa los tres tipos de relaciones anteriores.

Sin embargo, pese a que este tipo de relaciones se muestra de manera fija en el grafo, se está graficando el tipo de relación más usual entre actores, es decir, aun cuando se detallan este tipo de relaciones, en ciertos casos concretos es posible que se vean modificadas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-29 Grafo de actores según relaciones y tipo

En el grafo es posible observar que gran parte de los actores se relaciona entre ellos, pese a que actores pertenecientes a la sociedad civil, pueden tener menores redes que instituciones públicas como la Dirección General de Aguas, el Ministerio de Minería o la CONADI. Por otro lado, usualmente actores privados mantienen relaciones basadas en criterios financieros, como puede pasar con empresas (sobre todo cuando se trata de grandes empresas o multinacionales) y compensaciones monetarias a actores de la sociedad civil o comunidades indígenas. Por último, es interesante que las relaciones materiales sean las más comunes entre actores, puesto que es usual que actores claves dentro de un territorio se relacionen a través de la concreción de proyectos o iniciativas que se materializan en la cuenca.

2.6.2 Brechas de coordinación

Las brechas de coordinación dicen relación con la falta de contacto entre los distintos actores, siendo fundamental su identificación puesto que varios de ellos tienen directa relación con el recurso hídrico.

A continuación, se indican algunas de las brechas de coordinación que se identificaron a partir del trabajo realizado, (para mayor detalle revisar Anexo J3, sección 3.2). Entre ellas, destaca la poca disponibilidad de agua para consumo humano y la necesidad de una correcta coordinación entre empresas sanitarias, municipalidades y mineras para el abastecimiento. También se identifica una falta de coordinación de instrumentos de planificación territorial y poca relación entre actores públicos y privados para la instalación de infraestructura productiva.

Actualmente existe a nivel regional una Mesa Hídrica que está compuesta por distintos actores, entre ellos públicos (Municipalidades, Intendencia, Ministerio de Agricultura, Minería, Interior, Energía, Ciencia) y privados (sanitarias, mineras, académicos). Esta mesa nace en el año 2019, por iniciativa del Ministerio de Obras Públicas y el Gobierno Regional de Atacama. Sin embargo, cabe destacar que los trabajos están orientados a las labores realizadas en las provincias de Huasco y Copiapó, sin mayores avances en lo que respecta a la provincia de Chañaral.

Se identifica como actor a la minera Angloamerican y su faena MantoVerde (ubicación compartida con la cuenca Costeras e Islas entre río Salado y río Copiapó), y las instalaciones de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI). La actividad minera genera pasivos ambientales, lo que históricamente ha generado conflictos tanto por el uso de las aguas como la gestión de los pasivos ambientales. El último de estos conflictos se resolvió con un avenimiento entre CODELCO y el Consejo de Defensa del Estado, en el año 2020.

En este acuerdo se establecen medidas de colaboración con las comunidades indígenas de origen Colla que habitan el territorio, así como algunas medidas de resguardo para las quebradas que abastecen de agua a las localidades de El Salvador, Diego de Almagro e Inca de Oro.

A partir de los antecedentes recabados, es posible señalar que existe una falencia en la coordinación de los actores de la cuenca respecto de los recursos hídricos, ya que no existen instancias permanentes de trabajo conjunto, de intercambio de información, ni de coordinación de iniciativas, como lo es el desarrollo de nuevas fuentes de agua (desaladoras, por ejemplo).

2.6.3 Brechas de información

A partir del análisis realizado no se identificó una brecha de acceso a la información, no obstante, la **disponibilidad de información sobre recursos hídricos en la cuenca es escasa**. Existen empresas privadas con información relevante en recursos hídricos, que es compartida parcialmente a través de los portales públicos, dentro de las actividades del

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La naturaleza de la cuenca impide la generación de estadísticas de caudales, debido al riesgo de construcción de una estación fluviométrica, sin embargo, esta información podría ser reemplazada por otros datos estadísticos (relativos a la meteorología).

En consecuencia, existe una brecha de información sobre los recursos hídricos por falta de estaciones de registro, pero al mismo tiempo existe una brecha respecto de la disponibilidad de datos generados por los actores públicos y privados. Adicionalmente se definió una diferencia entre el registro de derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) y los DAA indicados por los actores de la cuenca, principalmente a que no se identifica adecuadamente el uso en el registro de DAA de la DGA.

En el Anexo J3 Gobernanza, sección 3, se desarrolla más información sobre el estado actual de gobernanza y las brechas de coordinación e información presentadas.

3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL

La cuenca río Salado se caracteriza por una demanda superior a su oferta natural. La satisfacción de la demanda de la cuenca es principalmente de origen exterior a esta misma, utilizando trasvases como la aducción de Piedra Colgada – Chañaral, o desalación para demandas mineras.

En total la cuenca tiene una demanda bruta de **30,52 hm³/año**, donde la demanda minera predomina con un 89,8% (de la demanda total). Sin embargo, el 96% de la demanda total de la cuenca tiene fuentes externas a ella (ver **Figura 3-1**).



Fuente: Elaboración propia en base a datos del presente estudio

Figura 3-1 Demandas brutas consuntivas de agua (hm³/año)

3.1 Demanda para uso humano

Respecto a demanda para uso humano, datos del Censo 2017 muestran que, en la comuna de Diego de Almagro, el 91,9% de la población accede al agua a través de la red pública, mientras que un 7,8% lo debe hacer a través de camiones aljibe; por otro lado, en la comuna de Chañaral un 90,9% accede a través de la red pública y un 8,9% por camiones aljibe.

Esto es especialmente importante si se consideran entornos urbanos y rurales. En el caso de entornos urbanos, un 93,7% de la población de la cuenca puede acceder al agua mediante red pública; mientras que, en entornos rurales, la cifra de población dependiente de camiones aljibe asciende a un 42,8% en Chañaral y un 14,6% en Diego de Almagro,

habiendo una gran diferencia entre ambas comunas. De esta forma, hay mayores dificultades de acceso al agua en comunidades rurales en comparación a la población que vive en las ciudades.

3.1.1 Demanda física

En la cuenca existe sólo una empresa sanitaria, Nueva Atacama. El área de concesión está situada en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Al año 2020, el conjunto de localidades suma un total de 7.736 clientes, que equivale a 22.415 habitantes con un consumo de 1,82 hm³/año (volumen facturado) y una producción de 2,57 hm³/año. Se debe considerar que la localidad de El Salvador dispone de abastecimiento independiente de agua potable dentro del sistema propio de CODELCO Salvador (0,45 hm³/año). Estos antecedentes determinan que para **la cuenca existe un consumo de 2,27 hm³/año y una producción de 3,03 hm³/año.**

Como se comentó en el apartado Trasvases y aducciones, se cuenta con un sistema conectado (Copiapó-Tierra Amarilla, Caldera y Chañaral) el cual es suministrado desde los pozos de Copiapó y Piedra Colgada, dotando de agua potable a Chañaral con fuentes externas a la cuenca. Por otro lado, las localidades de Inca de Oro, Diego de Almagro y El Salado disponen de fuente propia, según la **Tabla 3-1**. Adicionalmente, se cuenta con un aporte de 51 l/s para el sistema Diego de Almagro - El Salado, proveniente del Sistema de agua potable de CODELCO Salvador.

Tabla 3-1 Suministro de agua potable urbana según fuente. Año 2020

Localidad	Fuente	Número de Clientes				Población abastecida		
		Regulados	52 Bis	Otros	Total	Regulados	52 Bis y otros	Total
Chañaral	Sistema Copiapó – Piedra Colgada	4.328	3	1	4.332	10.442	2.513	12.955
Diego de Almagro	Pozo – Quebrada Larga	2.921	7	1	2.929	8.143	171	8.314
El Salado	Pozo – Quebrada Larga	297	0	0	297	790	-	790
Inca de Oro	Pozo – Quebrada Mocobi	177	1	0	178	335	21,9	357
El Salvador*	Piedra Colgada							6.032
Total de la cuenca		7.723	11	2	7.736	19.710	2.706	22.415

*Fuera del alcance operacional de la empresa sanitaria

Fuente: Elaboración propia en base datos SISS (2021)

Dentro de la cuenca **no existen Servicios Sanitarios Rurales** (DOH, 2021), sin embargo, las empresas sanitarias pueden establecer, construir, mantener y explotar sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas en el ámbito rural, bajo la condición de no afectar o comprometer la calidad y continuidad del servicio público concesionado (Ley 19.549, Art. 52 Bis, 1989). En este contexto, en el trazado de la aducción existen arranques, a partir de este cuerpo de ley, que suministra un 2,53% del volumen facturado. La **Tabla 3-2** presenta un balance de consumo y producción según datos ofrecidos por SISS (2021).

Tabla 3-2 Consumo y producción de agua potable en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Año 2020

Localidad	Consumo				Producción			
	V Anual hm ³ /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s	V. Anual hm ³ /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s
Chañaral	1,08	34,14	37,55	56,33	1,46	46,20	50,82	76,22
Diego de Almagro	0,60	19,05	20,95	31,43	0,92	29,15	32,07	48,10
El Salado	0,10	3,28	4,78	7,16	0,15	4,65	6,76	10,14
Inca de Oro	0,04	1,17	1,29	1,93	0,05	1,66	1,82	2,74
El Salvador*	0,45	14,29	15,72	23,58	0,45	14,29	15,72	23,58
Total	2,27	71,93	80,29	120,43	3,03	95,95	107,19	160,78

V. Anual= Volumen Anual en hm³/año

Q mm = Caudal medio mensual en l/s

Q Md= Caudal máximo diario en l/s

Q MH= Caudal máximo horario l/s

*Fuera del alcance operacional de la empresa sanitaria. El agua que se destina a la ciudad de El Salvador, es totalmente consumida y el resto se devuelve a la producción minera. Por lo tanto, los valores de producción y facturación son los mismos.

Fuente: Elaboración propia en base datos SISS (2021)

Las pérdidas históricas y actuales se calculan con la diferencia entre la medición de agua facturada (SIFAC II) y agua cruda o producida. La cuenca pertenece al sistema "Piedra Colgada-Chañaral", por lo tanto, la estimación de las pérdidas se calcula a nivel de sistemas. Según el Plan de Desarrollo de Nueva Atacama (Nueva Atacama, 2017a, 2017b y 2017c) el sistema alcanza **pérdidas de 26,1%**.

En conclusión, la cuenca necesita una producción de agua equivalente a **3,03 hm³/año**, las cuales son en un **51% trasvases de otras cuencas**. Según los Planes de Desarrollo de Nueva Atacama (Nueva Atacama, 2017a, 2017b y 2017c) el factor de restitución es de 80% del agua consumida, es decir, se devuelve según el sistema de recolección de aguas servidas al cauce (Inca de Oro, Diego de Almagro, El Salvador, El Salado) o al mar (Chañaral).

Finalmente, se analizó la proyección de la demanda según la variación poblacional²². Según el punto Demografía, los centros poblados siguen una tendencia decreciente. En la revisión de los Planes de Desarrollo de la empresa sanitaria, se consideró mantener la demanda de agua potable futura en resguardo de la satisfacción de la demanda (**Tabla 3-3**). La metodología del cálculo de la demanda se encuentra en el Anexo F1 Aspectos Metodológicos, sección 3.1.

Tabla 3-3 Consumo y producción de agua potable en las localidades de Chañaral, Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro. Año 2050

Localidad	Consumo				Producción			
	V Anual hm ³ /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s	V. Anual hm ³ /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s
Chañaral	1,08	34,14	37,55	56,33	1,46	46,20	50,82	76,22
Diego de Almagro	0,60	19,05	20,95	31,43	0,92	29,15	32,07	48,10
El Salado	0,10	3,28	4,78	7,16	0,15	4,65	6,76	10,14
Inca de Oro	0,04	1,17	1,29	1,93	0,05	1,66	1,82	2,74
El Salvador*	0,45	14,29	15,72	23,58	0,45	14,29	15,72	23,58
Total	2,27	71,93	80,29	120,43	3,03	95,95	107,19	160,78

V. Anual= Volumen Anual en hm³/año

Q mm = Caudal medio mensual en l/s

Q Md= Caudal máximo diario en l/s

Q MH= Caudal máximo horario l/s

*Fuera del alcance operacional de la empresa sanitaria

Fuente: Elaboración propia en base a SISS (2021)

Los valores de demanda para consumo humano son incluidos en el modelo actualizado WEAP, para más detalle ver Anexo H, sección 3.4.

3.1.2 Demanda legal

Según el análisis realizado en el anexo J2, sección 1 "Análisis de los DAA" (Tabla 1-1 de dicho anexo), en base a los derechos registrados por la DGA, para consumo humano existen 6,0 l/s superficiales y 21,4 l/s subterráneos. Sin embargo, la empresa de servicios sanitarios, dentro de su Plan de Desarrollo, reporta 151,4 l/s de DAA destinados para consumo humano, lo cual no generaría un déficit según la demanda física actual, tal como se aprecia en la **Tabla 3-4**.

²² Para calcular la proyección, se consideraron las proyecciones de población para las comunas de estas localidades, calculadas anteriormente en la sección 2.1.3. del presente informe. En el caso de la ciudad de El Salvador, se mantuvo constante al no formar parte del alcance de la empresa sanitaria.

Finalmente es importante destacar que la infraestructura de abastecimiento de Diego de Almagro-El Salado fue completamente destruida por el daño directo sufrido por el aluvión del año 2015. Sin embargo, ésta fue restituida a finales del mismo año.

Tabla 3-4 Derechos de aprovechamiento de aguas para consumo humano

	Sistema	DGA (l/s)	Nueva Atacama (l/s)	SISS (l/s)	Q Md (l/s)	Balance
Dentro de la cuenca	Subtotal	27,40	29,70	31,00		
Superficiales	Subtotal	6,00	0,00	0,00		
Subterráneos	Subtotal	21,40	29,70	31,00		
	Diego de Almagro El Salado	S/I	25,00	25,00		
	Inca de Oro	S/I	4,70	6,00		
Fuera de la cuenca	Subtotal	0,0	126,40	450,08		
Superficiales	El Salvador	S/I	S/I	S/I		
Subterráneos	Subtotal	S/I	126,40	450,08		
	Chañaral	S/I	101,4			
	Diego de Almagro El Salado*	S/I	25,0	450,08		
Tota cuenca		27,40	189,10	481,08	102,10	49,30

*Aporte CODELCO a Sistema Diego de Almagro El Salado

Fuente: Plan de Desarrollo Aguas Chañar

3.2 Necesidades mínimas ambientales

Actualmente no se han aplicado necesidades ambientales en la cuenca debido al régimen propio de la misma, sin embargo, existen zonas con necesidades ambientales dependientes de ciertos ecosistemas como las aguadas, localizadas en el sector de la precordillera. Estas zonas se encuentran directamente relacionadas con la gestión hídrica de la cuenca río Salado. Un caso ejemplar lo constituye el Salar de Pedernales, debido al trasvase existente desde el tranque La Ola hacia este sector.

En este sentido, el Informe de Terreno de la Seremi de Medio Ambiente de la región de Atacama (MMA Atacama, 2017), determinó, según los hechos observados, una alteración de los Humedales por captación histórica de agua en los sectores de Quebrada Arcerillos, Camino Quebrada Ciénaga, Estanque Montandón, Quebrada Larga, Entrada a Quebrada Colorados, Quebrada Las Trojillas, Quebrada Potrero Grande, y otros cuerpos de agua fuera de la cuenca como el tranque La Ola.

3.3 Demanda agrícola

En la cuenca no existe un desarrollo agrícola comparable con cuencas limítrofes como la cuenca del río Copiapó, sin embargo, existen cultivos de subsistencia que demandan agua. A pesar de que el informe DGA (2017b) señala que en la cuenca existe un total de 225,98 ha, se considera que dicha superficie pertenece a distritos censales que comparten parte de las zonas agrícolas del valle de Copiapó (Anexo F, Apéndice F2 AGR), por lo que se descartó una demanda agrícola dentro de la cuenca río Salado.

Sin embargo, en base a las entrevistas realizadas en el marco de los procesos PAC en la cuenca, se identificó una preocupación por el acceso al agua para el desarrollo agrícola, sobre todo de comunidades indígenas.

3.4 Demanda minera

3.4.1 Demanda física

En la cuenca río Salado se encontraron 490 faenas mineras. De ellas, 370 se encuentran activas, 20 en estado irregular y 100 inactivas. El principal mineral que es extraído de estas minas es el cobre, con 456 faenas, 8 extracciones de hierro, 6 de molibdeno, 14 de oro y 4 de silicatos. Sin embargo, es importante dar cuenta de las principales actividades mineras que se encuentran permanentemente en producción y, por lo tanto, que constantemente consumen agua, ya sea para uso industrial como para uso de agua potable. En específico, la **Tabla 3-5** muestra las principales actividades mineras, las cuales representan una demanda hídrica **total de 27,4 hm³/año**.

La **División Salvador de CODELCO (DSAL)** es una de las principales actividades mineras de la cuenca, corresponde a una mina subterránea y otra mina de rajo abierto. Sus operaciones se realizan a 2.600 metros de altitud en la comuna de Diego de Almagro. Inicia sus operaciones en el año 1959 y, entre sus principales productos, se encuentran cátodos electrorrefinados y electroobtenidos, con una producción para el año 2020 de 56.302 toneladas métricas de cobre fino y 40.277 kilos de plata, según cifras del Consejo Minero²³.

Asimismo, la cuenca río Salado cuenta con una serie de proyectos de gran envergadura como el **Proyecto Inca (PRI)** que, según el Estudio de Impacto Ambiental (CODELCO, 2018b), extiende la vida útil de la División El Salvador, mediante el desarrollo de un rajo abierto en el cuerpo mineralizado que históricamente se ha explotado de forma subterránea. Las principales obras y actividades del proyecto se emplazan en la comuna de Diego de Almagro, incluyendo el Rajo Inca, botaderos, plantas procesadoras, depósitos de relaves, extracción de agua y relaves y fundición Potrerillos, este último, lugar de entrega de los productos (concentrado de cobre). El alcance de este proyecto, en cuanto al

²³ <https://consejominero.cl/quienes-somos/socios/CODELCO/>

transporte, refiere a la entrega de productos ubicados en Puerto Barquito y Fundación Potrerillos (CODELCO, 2018b).

Tabla 3-5 Demanda hídrica actividades mineras más relevantes

Empresa	Nombre	Subcuenca	Demanda actual (hm ³ /año)	Demanda 2030 (hm ³ /año)	Demanda 2040 (hm ³ /año)	Demanda 2050 (hm ³ /año)
CODELCO	División Salvador y Rajo Inca	Río Salado Alto	27,10	27,10	27,10	27,10
ENAMI	Planta El Salvador	Río Salado Bajo	0,30	0,30	0,30	0,30
Minera Santo Domingo*	Proyecto Santo Domingo	Quebrada del Chañaral		3,50	3,50	3,50
Diego de Almagro*	Proyecto Minero Diego de Almagro	Q. El saladito		9,80	9,80	9,80
Total			27,40	40,70	40,70	40,70

*Proyectada

Fuente: Minera Santo Domingo (2013), CODELCO (2020) y ENAMI (2020)

El PRI presenta cinco sectores diferentes donde se emplazan sus instalaciones. En específico, el proyecto basará su abastecimiento de agua a partir de la extracción, mediante pozos de bombeo y captaciones superficiales en el sector Pedernales, aguas arriba de la cuenca río Salado. En total, operan 4 pozos profundos (pozos identificados como PB-5, PB-6, PB-7 y PB-8), junto con un punto de captación de agua superficial ubicado en el tranque La Ola.

Tanto las aguas captadas como extraídas son enviadas al sector Salvador a través de una tubería que posee una capacidad máxima de porteo de 27,1 hm³/año. Si bien el total de derechos de aprovechamientos de agua industrial con que cuenta CODELCO en el sector Pedernales es de 1.539 l/s (47,9 hm³/año), el abastecimiento de agua total siempre estará regulado por la capacidad máxima de porteo que tenga la tubería que conecta las aguas extraídas y captadas desde el sector Pedernales hasta el sector Salvador. Para consumos de agua industrial, la **Tabla 3-6** especifica el detalle tanto para División Salvador como para lo proyectado por las operaciones de Rajo Inca.

Tabla 3-6 Consumo de agua industrial, División Salvador y Rajo Inca

Actividad	División Salvador (hm³/año)	Rajo Inca (hm³/año)
Lixiviación/Hidrometalurgia	1,3	3,9
Planta Concentradora	19,8	15,2
Área Mina	0,3	0,6
Geología y Servicios	0,1	0,1
Fundición Potrerillos	1,1	1,1
Planta de Ácidos	1,4	1,4
Campamento minero	1,5	1,5
Convenio MOP y EMSAT	1,6	1,6
Planta Osmosis	No aplica	1,7
Total	27,1	27,1

Fuente: Elaboración propia en base a RCA N°19 (CODELCO, 2020)

Adicionalmente, el proyecto considera el sistema con depósito de relaves Pampa Austral (DRPA), que recibe los relaves provenientes de la Planta Concentradora de la División Salvador desde hace 20 años. El DRPA tiene autorizada una capacidad de 260 Mm³ de relaves, con una tasa actual de 18,7 hm³/año de llenado que completaría la capacidad para el año 2023. El depósito posee ocho muros construidos con material de empréstito y se genera un excedente de aguas claras de aproximadamente **5,0 hm³/año**, evacuado mediante bombeo hacia un canal que las entrega mediante convenios vigentes a terceros. En este aspecto, DSAL tiene autorizada la entrega de **2,8 hm³/año** para riego experimental de terceros, **1,6 hm³/año** para otros proyectos mineros y **0,6 hm³/año** para riego experimental de CODELCO.

A diferencia de DSAL, el proyecto Rajo Inca considera una Planta de Osmosis en el Sector Montandón, que extrae 4,4 hm³/año de la tubería principal y se almacena en estanques de 10 m³. El caudal de agua potable total corresponde a **1,7 hm³/año**, el resto retorna a la tubería principal. El agua tratada será distribuida a través de la matriz existente y su destino será dar suministro de agua potable a la ciudad de El Salvador con un 0,4 hm³/año y al resto del proyecto minero con un total de 1,3 hm³/año.

Los residuos líquidos tienen relación con las aguas servidas del sector Salvador y Pampa Austral. El proyecto considera un total de **35.046 m³/año** (0,04 hm³/año) que luego es reutilizada para la humectación de caminos. La localización de cada parte del proyecto se muestra en la **Tabla 3-7**.

Tabla 3-7 Localización Proyecto Rajo Inca, CODELCO

Sector	Descripción	Latitud	Longitud
Punto representativo	Área donde se desarrollarán las actividades asociadas a la explotación y beneficio de minerales del Rajo Inca	-26,25	-69,55
Sistema de conducción de relaves	Incluye el canal de relaves y la Planta Los Amarillos, destinada a la recuperación de concentrado de cobre desde los relaves	-26,22	-69,76
Sector Pampa Austral	Área donde se ubica el Depósito de Relaves Pampa Austral existente (DRPA) que con ocasión del Proyecto ampliará su capacidad de llenado en aproximadamente 560 Mton, equivalente a un volumen de aproximadamente 491 mm ³	-26,24	-70,08
Sector Montandón	Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa (PTOI) con capacidad para producir 55 l/s de agua potable a partir del tratamiento del agua industrial proveniente del Sector Pedernales. El agua tratada será distribuida a través de la matriz existente y su destino será dar suministro de agua potable a la ciudad de El Salvador y el Proyecto.	-26,38	-69,37
Sector Pedernales	Incluye el uso de las obras existentes de extracción de agua mediante obras de captación superficial ubicadas en La Ola y pozos de bombeos ubicados en el Salar de Pedernales para el suministro de agua industrial para División Salvador, de la cual, una fracción, se utilizará para el suministro de agua potable.	-26,53	-69,19

Fuente: Elaboración propia en base a CODELCO (2018b)

Por otro lado, la **ENAMI presenta dos plantas de lixiviación** en la subcuenca de "río Salado bajo", específicamente en la localidad de El Salado, a 36 kilómetros del puerto de Chañaral y a 168 kilómetros al norte de la ciudad de Copiapó, en la carretera que une las ciudades de Chañaral y El Salvador. Estas plantas tienen una línea de procesamiento de minerales oxidados de cobre, con una capacidad de **1.000 TMF/mes** de cátodos de cobre (DGA, 2017b).

ENAMI mantiene la operatividad del proyecto El Salado, con suministro de agua industrial abastecido mediante fuente única correspondiente al afloramiento de agua que se encuentra 1,8 km al este de la faena, el cual cuenta con derechos de aprovechamiento de aguas N°452 del 25/01/1980 (Resolución Exenta N°1023 DGA). El consumo que se utiliza durante la fase de operación es de **0,3 hm³/año** de agua industrial destinada a la etapa de lixiviación. El consumo de agua potable es de **206 m³/día**, abasteciendo a los trabajadores a través de las instalaciones existentes, las que tienen conexión de agua potable y alcantarillado, abastecido por Nueva Atacama. Del total consumido, 36 m³/día están destinados para el consumo de los trabajadores y el resto a actividades operacionales de la Planta (Empresa Nacional de Minería, 2020). Asimismo, considera un total de 28,8 m³/día de residuos líquidos o aguas servidas.

Entre las actividades mineras proyectadas, se encuentra el proyecto minero Santo Domingo, ubicado a 130 km al norte de Copiapó y 7 km al sureste de la ciudad de Diego de Almagro, y consiste en la explotación de dos rajos abiertos y el procesamiento del mineral con agua de mar sin desalinizar (Minera Santo Domingo, 2013). Por su parte, el yacimiento Diego de Almagro contiene reservas atractivas de cobre y oro en dos sectores, los cuales serán explotados a cielo abierto. El proyecto considera el uso de agua de mar desde el sector costero de Punta Achurra, al norte de la Bahía de Chañaral, hasta el área del proyecto (Resolución Exenta N°131, 2015).

Por último, se describen las características de la demanda minera de la compañía Mantos Copper y su proyecto Mantoverde. Si bien se trata de un proyecto que oficialmente se presenta en la cuenca Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó, éste se encuentra en los límites entre ambas cuencas, por lo que también es relevante de considerar en la descripción de la cuenca en estudio.

Según Resolución de Calificación Ambiental N°16 (2018), el agua requerida para diferentes usos y procesos, tanto industriales como de consumo para el personal, se obtiene desde la planta desalinizadora ubicada en Bahía Flamenco (cuenca Costeras), con un caudal total de **11,8 hm³/año**.

El agua proveniente de esta planta se almacena en la piscina existente, desde donde se impulsa hasta el estanque de agua fresca junto con el estanque de agua fresca recuperada para, posteriormente, ser utilizada por la Operación Mantoverde en su conjunto. Del total abastecido por la planta desalinizadora, se utilizan **3,1 hm³/año** para procesos de óxidos; **7,3 hm³/año** para procesos de sulfuros; y **1,4 hm³/año** para otros usos.

La metodología del cálculo de la demanda se encuentra en el Anexo F Aspectos Metodológicos, sección 3.3.

3.4.2 Demanda Legal

En la cuenca río Salado se registran **4,23 hm³/año (Tabla 3-8)** de derechos de aprovechamiento de agua de tipo consuntivo, superficiales y subterráneos, los cuales no representan la demanda física de la cuenca debido a que las demandas locales que se ubican en la cuenca con uso minero realizan trasvases desde cuenca limítrofes, como CODELCO Salvador.

Tabla 3-8 Derechos de aprovechamiento de aguas para uso minero

Tipo de derecho	Naturaleza	Volumen otorgado (hm ³ /año)
Consuntivo	Superficial	2,05
	Subterráneo	2,18
Total Consuntivo		4,23
No Consuntivo	Superficial	3,47

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro Público de Aguas (DGA, 2021b)

Según la clasificación del registro de DAA de la DGA, existen 0,32 hm³/año de volumen otorgado en derechos no consuntivos para uso minero, sin embargo, se complementan hasta 3,47 hm³/año de DAA clasificados con otros usos, como hidroeléctrico o industrial, pero que se referencian a empresas de rubro minero.

3.5 Demanda industrial

3.5.1 Demanda física

La demanda industrial considera aquellas actividades económicas destinadas a la industria manufacturera, ya que la demanda de otros rubros ha sido definida en puntos anteriores.

En la cuenca río Salado no se han levantado industrias manufactureras que no estén conectadas a la red urbana, por lo tanto, la demanda está considerada dentro de dicho valor (ver sección 3.1). En detalle, las industrias conectadas a la red urbana en las localidades presentan una demanda total de 90.241 m³/año (0,09 hm³/año), el desglose se presenta en la **Tabla 3-9**.

Tabla 3-9 Demanda industrial manufacturera en la cuenca río Salado (m³/año)

	Número de Clientes	Volumen Anual (m ³ /año)	Volumen (hm ³ /año)
Chañaral	23	8.089	0,008
Diego de Almagro	10	1.907	0,002
El Salado	7	68.772	0,07
Inca de Oro	10	11.473	0,01
Cuenca río Salado	50	90.241	0,09

Fuente: Elaboración propia en base datos SISS (2021)

Con esta base, datos proyectados presentan una demanda industrial del orden de los 0,08 hm³/año para el 2030; 0,06 hm³/año para el 2040; y 0,05 hm³/año para el 2050.

3.5.2 Demanda legal

En la cuenca río Salado se registra un total de **0,95 hm³/año** de derechos de tipo consuntivo (**Tabla 3-10**).

Tabla 3-10 Derechos de aprovechamiento de aguas para uso industrial

Tipo de derecho	Naturaleza	Volumen otorgado (hm ³ /año)
Consuntivo	Superficial	0,09
	Subterráneo	0,86
No consuntivo	Superficial	741,10

Fuente: Elaboración propia en base a información del Catastro Público de Aguas (DGA, 2021b)

Los DAA superficiales pertenecen al mismo solicitante, y dichos derechos se ubican en la Quebrada del Chañaral Alto hasta Bajo Junta Quebrada del Salto, para uso industrial y ancestral según los antecedentes de la tramitación de los derechos. Adicionalmente, dichos derechos fueron otorgados con un caudal ecológico mínimo de 0,3 l/s. Respecto a los DAA Consuntivo/subterráneo/uso industrial por 0,86 hm³/año pertenecen a ENAMI, dando a suponer que son derechos para uso industrial mineros. Dicha captación considera un sistema de drenes ubicado en la quebrada El Salado, 1.200 m al oriente de la planta El Salado, desde donde se conduce por aducciones hasta la planta (DGA, 2021b).

Si bien anteriormente se consideró que la demanda física industrial está incluida en la red pública y, por tanto, no corresponderían derechos de aprovechamiento de aguas asociados a esta actividad; es interesante especificar a qué procesos están relacionados estos DAA, como se ha hecho anteriormente, con miras a comprender la razón por la cual están categorizados de esta forma, transparentando la información disponible. Dicho esto, existe un total de 268,06 hm³/año de volumen otorgado en DAA para uso industrial en la cuenca río Salado, además de 252,29 hm³/año otorgado para uso energético; mientras que existe un total de 220,75 hm³/año de volumen otorgado en derechos para usos sin información u otros.

La metodología del cálculo de la demanda se encuentra en el Anexo F Aspectos Metodológicos, sección 3.4.

3.6 Demanda pecuaria

La cuenca río Salado representa menos del 1% de actividad pecuaria en la región de Atacama (INE, 2007), concentrada en la subcuenca Quebrada del Cañar. Según el informe DGA (2017b), la cuenca tiene una demanda de agua equivalente a **0,03 hm³/año** en el año 2020, aumentando a **0,05 hm³/año** en el año 2050.

3.7 Sistematización de la demanda

La demanda consuntiva total de la cuenca es igual a **30,52 hm³/año**. Se debe considerar que la demanda aumentará con los proyectos mineros de Minera Santo Domingo y Minera Diego de Almagro, alcanzando un valor total de **43,82 hm³/año**. Estos datos se resumen en la **Tabla 3-11**.

Tabla 3-11 Resumen de demanda consuntivas. Cuenca río Salado

Demandas	Actual 2014-2015 (hm³/año)	Proyectada 2021-2050 (hm³/año)
Uso Humano	3,03	3,03
Necesidades mínimas ambientales. "Ecosistemas"	0,00	0,00
Agricultura	0,00	0,00
Minera	27,40	40,70
Industrial	0,09	0,09
Total	30,52	43,82

Fuente: Elaboración propia

La demanda no consuntiva se calcula en base a la información disponible en el catastro de derechos de aprovechamiento de aguas, disponible en el sitio web de la Dirección General de Aguas²⁴, donde también se analizó la información en la sección 3.4.2 y 3.5.2 del presente informe. En base a estos antecedentes, la demanda no consuntiva de la cuenca alcanza los 744,25 hm³/año. Esta se divide entre los usos industriales, energético, minero y otros. La información se puede visualizar en la **Tabla 3-12**.

Tabla 3-12 Resumen de demanda no consuntiva. Cuenca río Salado

Tipos de usos	hm³/año
Industrial	268,06
Energético	252,29
Minero	3,15
Sin información / Otros usos	220,75
Subtotal Superficial No consuntivo	744,25

Fuente: Elaboración propia

La demanda en la cuenca principalmente es satisfecha con agua procedente de fuera de ella (96%), como se muestra en la **Tabla 3-13**. Sin embargo, el desarrollo de la Planta desaladora de PDAM y los nuevos proyectos mineros, disminuyen dicha proporción.

²⁴ <https://dga.mop.gob.cl/Paginas/default.aspx>

Tabla 3-13 Origen de la captación de agua según la demanda

	Actual 2014-2015 (hm ³ /año)					Proyectado 2021-2050 (hm ³ /año)				
	APU	Min.	Ind.	Total	Por.	APU	Min.	Ind.	Total	Por.
Continental interna	0,77	0,30	0,09	1,16	4%	0,77	0,30	0,09	1,16	3%
Continental externa	2,26	27,10	0	29,36	98%	0,46	27,10	0	27,56	64%
Desalada o A. mar	0	0	0	0	0%	1,8	13,30	0	15,10	35%
Total	3,03	27,40	0,09	30,06		3,03	40,70	0,09	43,36	

Min = Uso Minero, Ind = uso industrial, Por = Porcentaje de origen de la captación

Fuente: Elaboración propia

4 OFERTA DE AGUA

La oferta de agua está determinada por la naturaleza superficial y subterránea de los recursos hídricos. A continuación, se presenta una descripción de las fuentes existentes, la oferta determinada con el modelo hidrológico y el modelo hidrogeológico conceptual, junto con el estado de la calidad de las aguas según los antecedentes recopilados. El cálculo de los valores que se presentan se realiza a partir de los resultados del modelo WEAP, información de estaciones meteorológicas y de modelos meteorológicos, considerando como áreas representativas las unidades superficiales (sectores con flujos de agua aportantes hacia los respectivos nodos) y los sectores acuíferos, para los años hidrológicos respectivos.

En el Anexo F, sección 4 se detalla la metodología de análisis de la oferta de agua calculada con el modelo WEAP detallado en el Anexo H, sección 3 "Modelo Hidrológico Numérico". Además, para el análisis de los datos originales extraídos de la modelación (de los cuales se desprende parte del desarrollo de las **secciones 4 y 5** de este informe), debe considerarse la existencia de brechas asociadas con la inexistencia de fuentes de información en la cuenca río Salado. Esta información se encuentra detallada en el Anexo H, sección 3.16.

A continuación, se mostrarán los resultados para aguas superficiales y subterráneas; en el caso de las primeras, los datos son ordenados por "nodo", correspondientes a puntos de control representativos de la oferta de caudal que tienen las diferentes unidades superficiales de la cuenca, es decir, cada uno de los nodos mostrados en la **Figura 4-1** se encuentra aguas abajo de su respectiva unidad superficial aportante. En el caso de aguas subterráneas, se muestran los datos según sector hidrogeológico.

4.1 Agua Superficial

4.1.1 Fuentes

Como se ha descrito en el apartado 2.1.2.1 Cursos de agua, **Tabla 2-2**, la fuente principal de agua superficial en la cuenca es el **río Salado** cuyos principales tributarios son: **Quebrada Angostura, Quebrada Chañaral Alto, Quebrada Saladito, Quebrada Las Ánimas y Quebrada El Asiento**. Entre los flujos ocasionales se destaca la Quebrada Angostura (DOH, 2020a).

Una de las brechas definidas en el presente informe, es la **falta de información estadística de caudales**, debido a la inexistencia de estaciones fluviométricas. Sin embargo, dada la escasa precipitación de la cuenca y el comportamiento climático, pese a considerarse un área de extrema aridez, el río Salado presenta escurrimiento esporádico asociado a eventos de precipitación extrema (alto período de retorno), siendo los más importantes los acontecidos en los años 2015 y 2017.

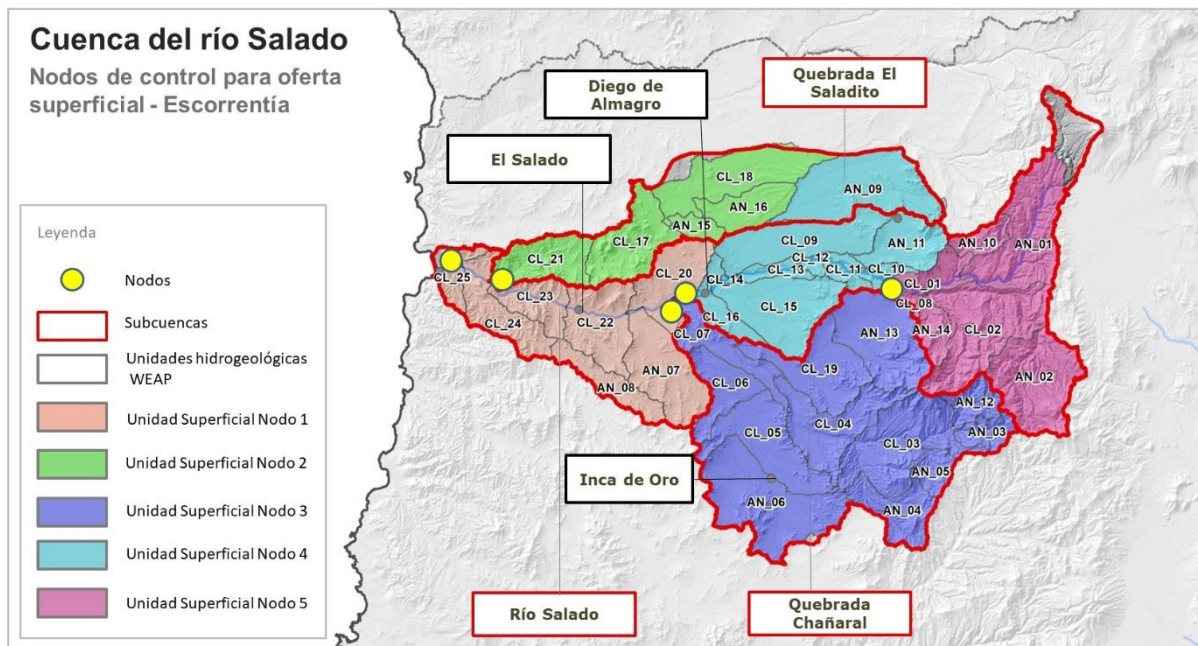
En la localidad de Chañaral, las precipitaciones anuales no suelen superar los 10 mm, existiendo años de mayor precipitación acumulada que alcanzan los 60 mm (Estación Chañaral). En la localidad de Diego de Almagro, el promedio anual es de 20 mm, llegando a los 90 mm en años con mayor precipitación (estación el Salvador).

Los resultados de la oferta, que se presentan a continuación, están divididos por conjunto de Unidades Hidrogeológicas del modelo WEAP según la **Tabla 4-1** y **Figura 4-1**.

Tabla 4-1 Nodos de control para la presentación de la oferta de agua

Subcuenca DARH	Nº Nodo	Nombre Nodo	Unidades Hidrogeológicas WEAP
303000 río Salado	1	Río Salado Bajo	CL 22, CL 23, CL 24, CL 25 CL 20, AN 07, AN 08,
303000 río Salado/30301 Quebrada Saladito	4	Río Salado Medio	AN 09*, AN 11, CL 09, CL 10, CL 11, CL 12, CL 13, CL 14, CL 15, CL 16
303000 río Salado	5	Río Salado Alto	AN 01, AN 02, AN 10, AN 14, CL 01, CL 02, CL 08
30301 Quebrada Saladito	2	Quebrada Saladito	AN 15, AN 16, CL 17, CL 18, CL 21
30302 Quebrada Del Chañaral	3	Quebrada del Chañaral	AN 03, AN 04, AN 05, AN 06, AN 12, AN 13, CL 03, CL 04, CL 05, CL 06, CL 07, CL 19

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-1 Nodos de control para la presentación de la oferta de agua

4.1.2 Oferta en la fuente

A nivel de cuenca, según los datos del modelo de precipitaciones escogido (5.1.1), éstas se encuentran entre **Abril de 1985 a Marzo 2020 como período histórico y actual (CR2MET v2.0) y entre Abril 2020 y Marzo 2060 como período de cambio climático (MIROC)**, como se indicó en el punto 2.2.3 Escenarios de cambio climático. En base a esta modelación, se calculó la **oferta histórica** (abril de 1990 hasta marzo del año 2015, período 1990-2014), la **oferta actual** (abril del año 2015 hasta marzo del año 2021, período 2015-2020) y **oferta proyectada** (abril del año 2021 hasta marzo del 2051, período 2021-2050).

Según estos antecedentes, a continuación, se describe la oferta histórica y actual de aguas superficiales para la cuenca río Salado, según nodos de control. Los resultados de la modelación, así como también las fuentes desde donde se calcularon las principales variables meteorológicas presentadas a continuación, se encuentran detalladas en el Anexo H, sección 3 "Modelo Hidrológico Numérico".

4.1.2.1 Oferta histórica y actual

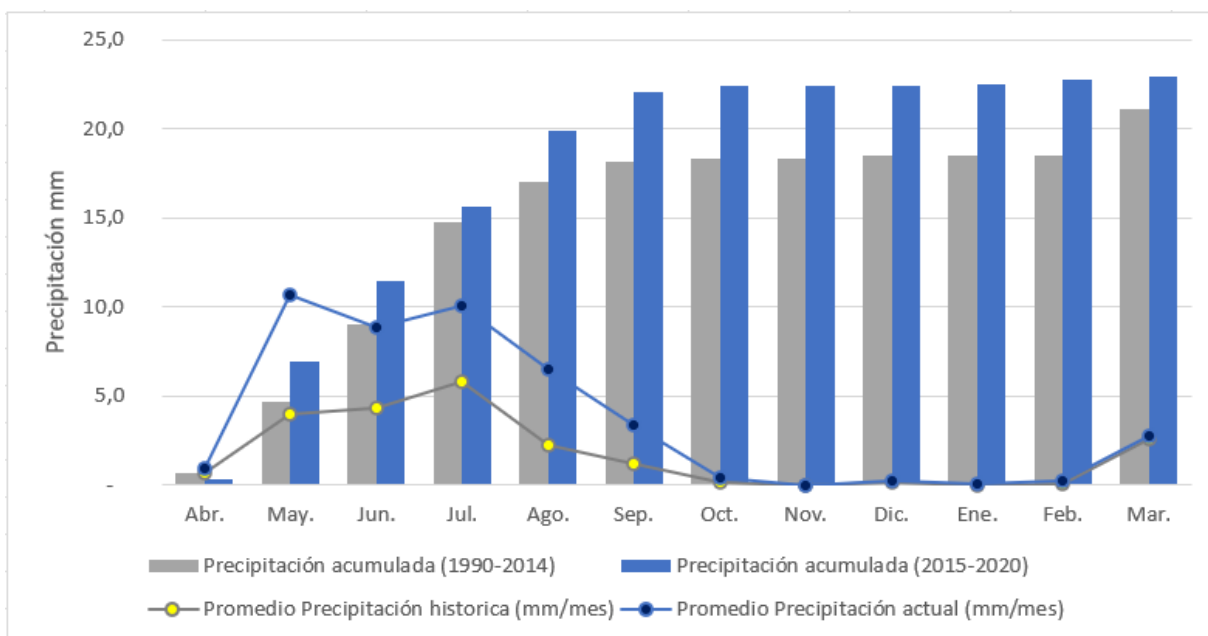
En la cuenca río Salado se registra un promedio de precipitación histórica (1990-2014) de **21,07 mm/año** y un promedio actual (2015-2020) de **22,89 mm/año**. La distribución anual se presenta en la **Figura 4-2**.

Los aluviones se produjeron en marzo 2015 y mayo de 2017, los cuales pertenecen a los años hidrológicos de 2014 y 2017, respectivamente. Dichos años reflejan una precipitación anual de 79,05 mm/año y 53,29 mm/año respectivamente.

La oferta en la fuente se presenta para un escenario natural o intervenido. Para el caso del escenario natural, se trata de la oferta disponible sin extracciones ni trasvases; mientras que la oferta intervenida es aquella que refleja los caudales pasantes incluyendo la intervención del ser humano.

Sin embargo, debido a las características de la cuenca, en la cual no existen extracciones superficiales que hayan sido consideradas en el modelo, los valores tanto para el escenario natural como para un escenario intervenido son iguales para la oferta de aguas superficiales.

La oferta natural a nivel superficial es de **19,42 hm³/año**, considerando el período histórico y **19,60 hm³/año** para el período actual. En la **Tabla 4-2** se presentan los caudales superficiales en los distintos nodos para el periodo histórico (1990-2014) y actual (2015-2020).



Fuente: Metodología CR2MET v2, disponible en Dirección General de Aguas (2019)

Figura 4-2 Distribución anual de la precipitación a nivel de cuenca. Promedio de precipitaciones mensuales (líneas) y promedio precipitaciones acumulado (barras). Periodo Histórico 1990-2014 y actual 2015-2020.

Tabla 4-2 Oferta de agua superficial por nodos de control. Periodo histórico y actual (hm³/año)

Año	Total (hm ³ /año)	Nodo 5	Nodo 4	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 1
1990-2014	19,42	1,91	1,43	3,73	10,69	1,66
2015-2020	19,60	2,95	1,24	2,16	12,03	1,22

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP

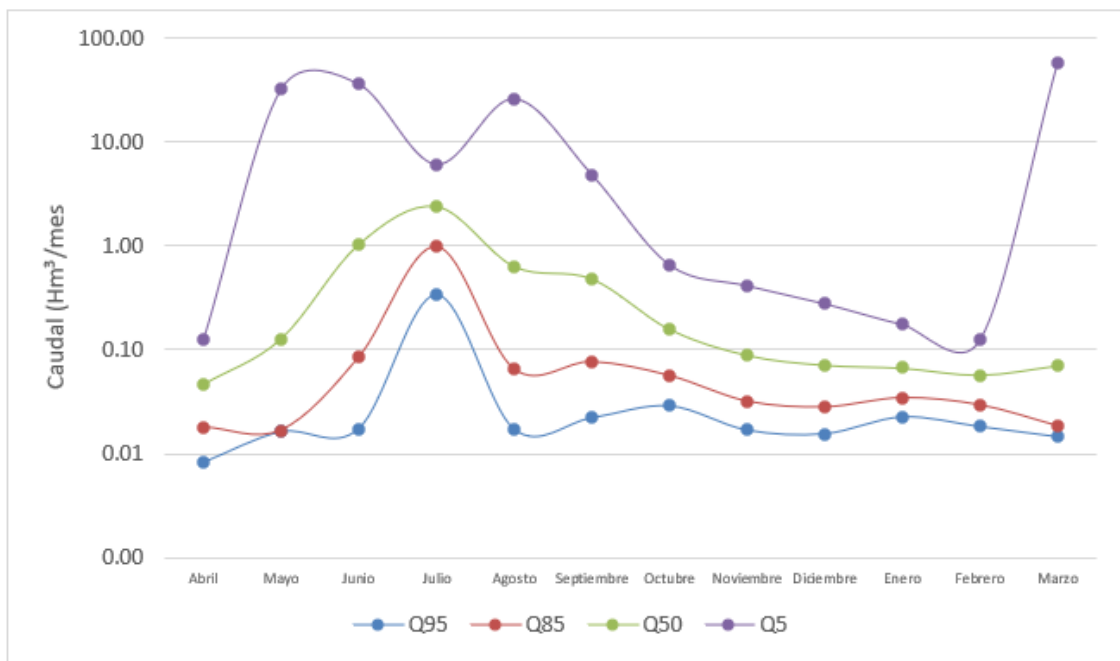
Los nodos más relevantes y que a su vez han presentado un mayor aporte histórico de agua superficial corresponden al nodo 3, con 10,69 hm³/año y nodo 2 con 3,73 hm³/año (1990-2014).

Se debe considerar un aumento de caudales en el periodo actual 2015-2020 por los efectos de los dos aluviones (2015 y 2017). En ese sentido, tanto los nodos 3 y nodo 2 se repiten como las cuencas más aportantes durante este período. (En el "Anexo F3.1 Balance – río Salado", se presentan los resultados totales del análisis de la oferta).

Adicionalmente, la **Figura 4-3** muestra la oferta total de la cuenca según diferentes probabilidades de excedencia. La metodología se basó en un análisis comparativo de tres

modelos probabilísticos correspondientes a funciones de distribución de probabilidad de Gumbel, Log-Pearson III y Weibull (para más detalles, consultar Anexo F., sección 4.2).

En esta figura es posible observar los fuertes cambios de caudal en algunos meses. La distribución de los datos del caudal, en ese sentido, no sigue un patrón homogéneo, presumiblemente – y como aquí ya se ha mostrado anteriormente –, debido a los fuertes cambios asociados a eventos extremos de precipitaciones, como ocurre en el año 2015 y 2017 en los meses de marzo, abril o junio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período actual (2015-2020)

4.1.2.2 Oferta proyectada

Según el escenario de cambio climático elegido (MIROC), la cuenca presenta un promedio de precipitación proyectado de **12,77 mm/año** para el periodo 2015-2050 (ver **Figura 4-4**).

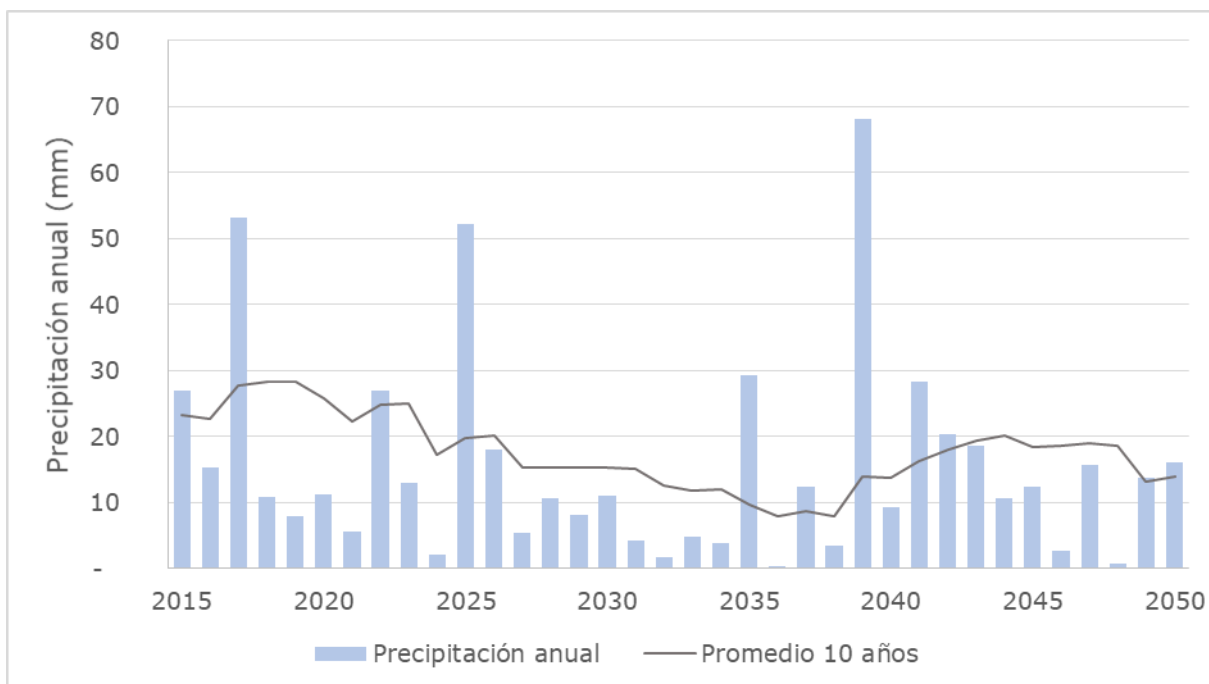


Figura 4-4 Proyección de la precipitación (mm) en el periodo 2015-2050. Promedio móvil 10 años de la precipitación (mm)

La **tendencia** de las **precipitaciones** marca un **descenso** del periodo proyectado respecto al histórico, con una disminución de un **-28%**. En la **Tabla 4-3** se presenta el promedio de precipitación por periodo y su diferencia porcentual con el periodo histórico (1990-2014).

Tabla 4-3 Promedio precipitación en el periodo histórico (1990-2014) periodo actual (2015-2020) y periodos proyectados (2021-2050). Variación respecto al histórico

Periodo	Promedio precipitación		Δ Histórico (%)
	mm/año	hm ³ /año	
1990-2014	13,83	138,27	N/A
2015-2020	23,94	239,42	73%
2021-2030	11,38	113,78	-18%
2031-2040	10,38	103,83	-25%
2041-2050	9,86	98,59	-29%
2021-2050	9,93	99,28	-28%

Fuente: Elaboración propia en base modelo CR2MET y MIROC

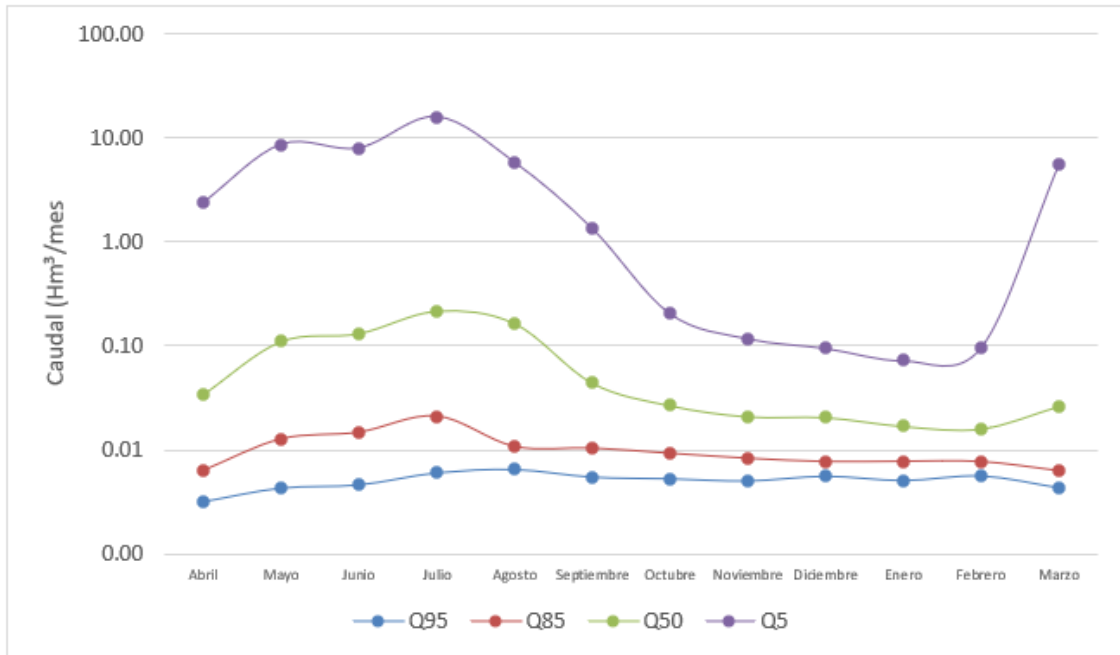
La oferta natural en la cuenca para el periodo proyectado es de **9,40 hm³/año (2021-2050)**, que representa una disminución de un **-52%** respecto al periodo histórico (**Tabla 4-4**). La precipitación y la escorrentía reflejan una disminución en la proyección a futuro. Esta variación se refleja en proporciones diferentes, principalmente debido al aumento de la evapotranspiración respecto al total precipitado, es decir, **se evapotranspira una mayor proporción de la precipitación que en el periodo histórico**; esto es atribuido al hecho de que las proyecciones meteorológicas utilizadas indican un aumento sostenido de las temperaturas en relación al periodo histórico, lo que se traduce en el consiguiente aumento de la evapotranspiración. En este aspecto, es importante mencionar que los valores de otras forzantes meteorológicas que también son influyentes en la estimación de la evapotranspiración, como lo son la humedad relativa, velocidad del viento y la fracción de nubosidad, en el periodo proyectado en realidad fueron asignadas en base a su comportamiento en periodo histórico, y no corresponden a proyecciones provenientes de modelos MCG, como sí lo son la precipitación y la temperatura.

Tabla 4-4 Oferta de agua superficial (hm³/año) por nodos de control. Período proyectado

Año	Total (hm ³ /año)	Nodo 5	Nodo 4	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 1
2021-2030	9,08	0,95	0,55	2,83	3,76	0,99
2031-2040	9,89	1,51	0,77	1,94	4,92	0,75
2041-2050	9,62	0,70	0,56	2,90	4,41	1,05
2021-2050	9,40	1,03	0,61	2,53	4,31	0,92
Δ 2015-2021-50	-52%	-65%	-51%	-64%	17%	-25%
Δ 1990-20142041-50	-52%	-46%	-57%	-60%	-32%	-45%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP

A continuación (**Figura 4-5**), se muestra el caudal según probabilidades de excedencia para el período proyectado 2021 a 2050. En comparación con los datos observados en la **Figura 4-3**, la distribución de los valores sigue cierto patrón asociado a un régimen que aumenta el flujo de agua durante los meses de otoño-invierno, mientras que disminuye progresivamente hacia los meses de verano. Sin embargo, es importante notar que, hacia marzo, este valor tiende a aumentar producto de las lluvias de verano propias del norte de Chile.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período proyectado (2021-2050)

4.1.3 Calidad del agua

Dada la falta de información, por la inexistencia de una red hidrométrica para sustentar reportes de calidad de agua, se complementó esta información con datos trabajados en el estudio de línea base de calidad de agua y sedimentos, del Estudio de Impacto Ambiental "Obras fluviales y de control aluvional en la cuenca río Salado, región de Atacama", elaborado por DOH (2020b). Este estudio realizó un levantamiento a partir de 17 puntos de muestreo de calidad de aguas, los cuales son mostradas en la **Figura 4-6**.

En dicho estudio, para el caso de los sedimentos, el análisis granulométrico mostró diferencias entre los puntos ubicados hacia el interior respecto de los que se encuentran en desembocadura. Sobre los primeros, se observa que el mayor porcentaje de la muestra queda retenido en el tamiz con el poro de mayor tamaño (841 μm), correspondiente a arenas muy gruesas; mientras que, en desembocadura, existe una importante composición de limos, abundando arenas de tamaño medio. El punto de muestreo EAC-8, ubicado en este sector, asimismo, mostró más del doble de materia orgánica en comparación con el resto de los puntos, coincidiendo con un mayor nivel trófico registrado en sus aguas.



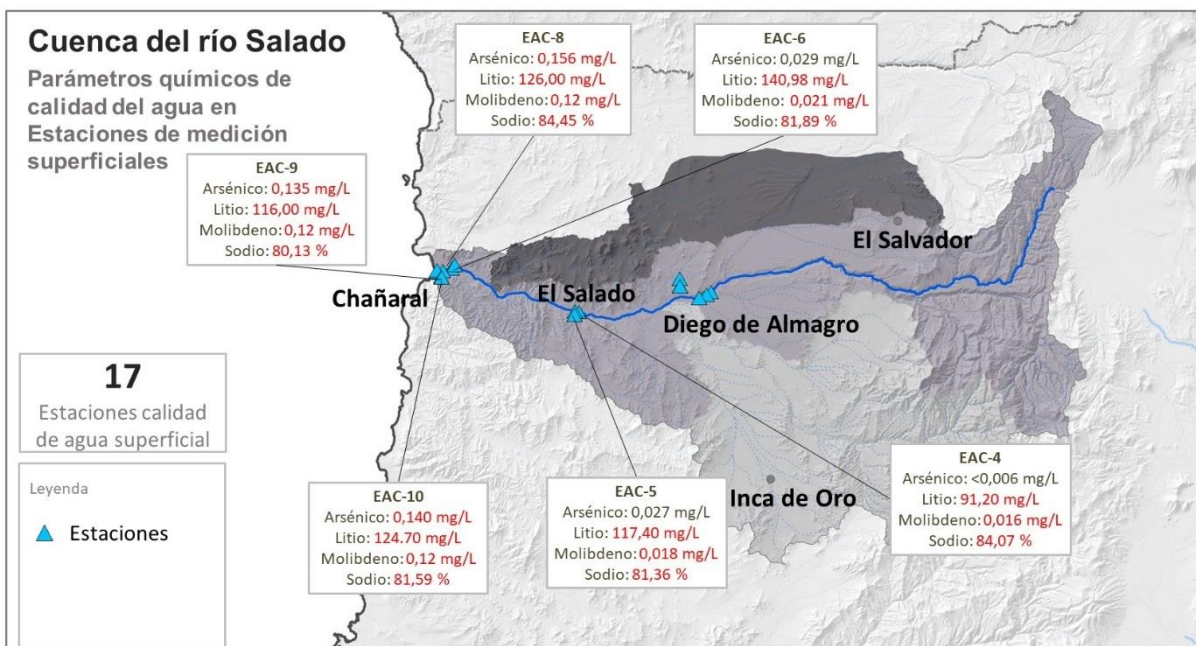
Figura 4-6 Puntos de muestreo para calidad de aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia en base a DOH (2020b)

Según mediciones de calidad del estudio de DOH (2020b), la conductividad específica y los sólidos disueltos registrados fueron altos, reflejando las concentraciones de sal del río Salado. Los valores de sólidos disueltos fluctuaron entre 60.000 y 80.000 mg/L, observándose una leve tendencia a aumentar conforme se desciende hacia la desembocadura.

Además, los parámetros boro, cloruros, conductividad específica, litio, molibdeno, sodio porcentual, arsénico y sólidos disueltos no cumplen con los límites establecidos por la NCh. 1.333 para los usos de riego, estético y recreación (con y sin contacto directo) en parte de los puntos estudiados (ver **Figura 4-7**). Asimismo, los parámetros arsénicos, sulfatos y oxígeno disuelto no cumplen con los parámetros establecidos por dicha norma en los puntos con aguas sin flujo aparente, cercanos a la desembocadura del río Salado.

En el caso de la calidad del agua asociada a normas para consumo humano (agua potable), en específico para el caso de la Nch.409/1., si bien DOH (2020b) no realiza un análisis comparado en dicho estudio, la **Tabla 4-5** muestra los datos levantados por los diferentes puntos de muestreo (EAC), comparados con los límites máximos establecidos por la Nch 409/1, en base a Norma Chilena Oficial (2005). En este caso, existen valores que superan el máximo establecido por dicha norma, específicamente en los componentes químicos de Manganeso y Arsénico, en la gran mayoría de los puntos de muestreo.



*Valores en rojo corresponden a parámetros que superan la norma

Fuente: Elaboración propia en base a DOH (2020b)

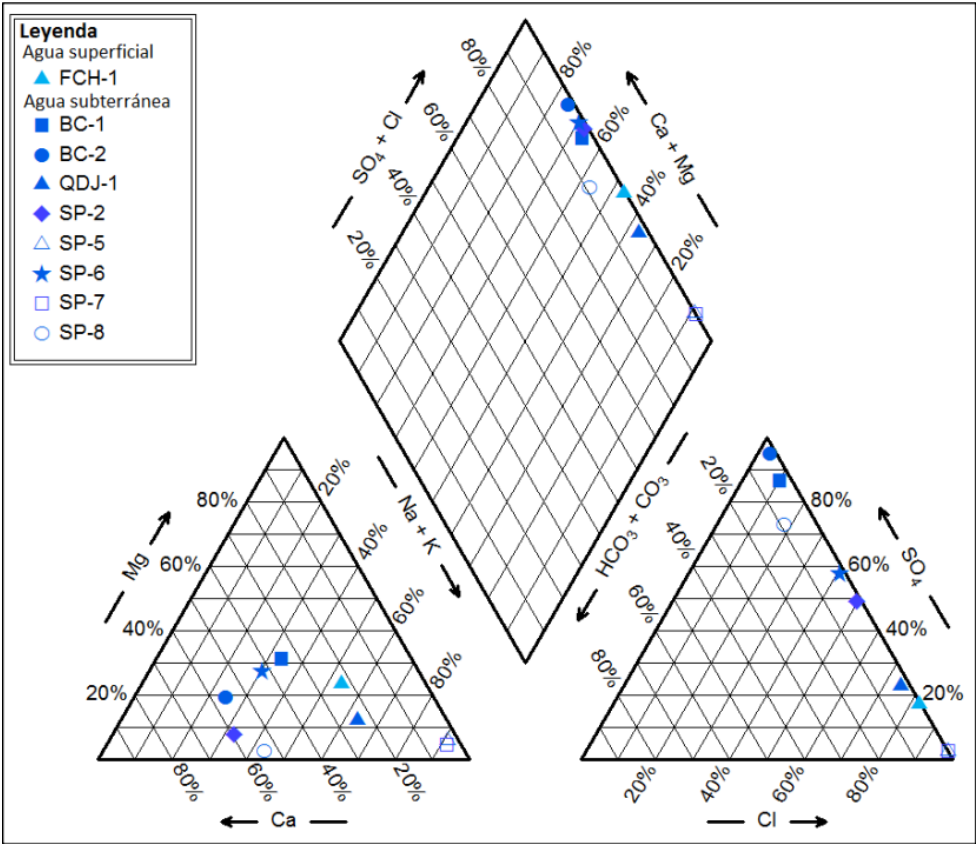
Figura 4-7 Principales parámetros químicos en estaciones de calidad de agua según norma chilena 1.333

Tabla 4-5 Calidad del agua según límite máximo establecido para parámetros químicos, según Norma chilena 409/1

Componente	Límite máximo establecido Nch. 409/1	EAC-4	EAC-5	EAC-6	EAC-8	EAC-9	EAC-10
Cobre	2	<0,01	<0,01	<0,022	0,09	0,07	0,07
Cromo	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoruro	1,5	0,26	0,28	0,3	0,4	0,41	0,38
Hierro	0,3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Manganeso	0,1	0,02	0,09	0,226	0,21	0,2	0,21
Selenio	0,01	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Zinc	3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Arsénico	0,01	<0,006	0,027	0,029	0,156	0,135	0,14
Cadmio	0,01	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Cianuro	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mercurio	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Plomo	0,05	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003

Fuente: Elaboración propia en base a DOH (2020b) y Norma Chilena Oficial (2005)

Adicionalmente, en el año 2018, SRK Consulting realizó una campaña de monitoreo de calidad de aguas de 12 puntos de control para pH, conductividad, temperatura, potencial de óxido/reducción y oxígeno disuelto, en el marco del proyecto Rajo Inca de CODELCO (2018c). Para valores de pH, el parámetro se mantiene en un rango constante de entre 6,5 y 8,5, considerándose agua neutra a neutra-alcalina. En cuanto a la composición química del agua en este sector, la **Figura 4-8** muestra que, para el caso de aguas superficiales, el punto FCH-1, el agua corresponde a un tipo clorurada sódica.



Fuente: CODELCO (2018c)

Figura 4-8 Diagrama de Piper según campaña de monitoreo, proyecto Rajo Inca, CODELCO

4.1.4 Fuentes contaminantes

En relación con la calidad de aguas, actualmente se prevé que afecte a los pequeños y escasos agricultores de subsistencia, inhabilitando cualquier actividad en el futuro sin el tratamiento adecuado. Estos contaminantes son provenientes del impacto de la Gran Minería del Cobre entre 1938 y 1990. Específicamente, se consideran 350 toneladas de relaves que fueron vertidas en el río Salado y el Océano Pacífico, primero por la empresa norteamericana Andes Copper y, posteriormente, por CODELCO-Chile (Vergara, 2011). Los principales vertidos registrados corresponden a una mezcla de residuos químicos y minerales, tanto sólidos como líquidos, con un alto contenido de cobre, molibdeno, acero, arsénico, manganeso, cadmio, cromo, plomo y zinc.

En 1988, la Corte Suprema ordenó a CODELCO-Chile construir inmediatamente tranques de tratamiento de relaves y, a comienzos del siglo XXI, CODELCO se comprometió a desarrollar un completo proceso de descontaminación y recuperación de Chañaral y su puerto.

Actualmente, Bonnail *et al.* (2020) han demostrado la fuerte relación que existe entre la contaminación de las aguas producto de actividades industriales y eventos extremos meteorológicos como inundaciones y precipitaciones extremas (como las del año 2015 y 2017). Según estos autores, existirían altas concentraciones de metales en las costas de la ciudad de Chañaral, producto del arrastre de eventos aluvionales desde partes superiores del río Salado, donde se encuentran actividades mineras. Eventos drásticos puntuales, como los torrentes, pueden potenciar las condiciones oxidantes del medio que facilita la reactividad de metales, su movilidad y toxicidad. De esta manera, pese a que Bonnail *et al.* (2020) alertan sobre poner atención en la relación entre la contaminación industrial y los eventos socionaturales extremos, también lo hacen respecto a la brecha de información y falta de estudios sobre la calidad de aguas y contaminación hídrica en esta zona.

4.1.5 Derechos de aprovechamiento de agua otorgados

Los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) son registrados por los Conservadores de Bienes Raíces (CBR), y esta información se encuentra integrada dentro de la base de datos de la Dirección General de Aguas. Los detalles respecto a la metodología y la información presentada en esta fuente se encuentran en el anexo J2, sección 3.0.

La Dirección General de Aguas, según Artículo 122 del Código de Aguas, debe llevar un Catastro Público de Aguas. Según los DAA registrados en la DGA, la cuenca de estudio tiene un total de 12 derechos otorgados, de los cuales 5 son superficiales consuntivos y 7 superficiales no consuntivos (**Tabla 4-6**).

Tabla 4-6 Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales

Naturaleza	Tipo de derecho	Uso	Q otorgado (l/s)
Superficial	Consuntivo	Bebida /uso doméstico / saneamiento	6,0
		Minero	65,0
		Sin información / Otros usos	62,8
		Subtotal Superficial consuntivo	133,8
Superficial	No Consuntivo	Industrial	850,0
		Energético para minería	800,0
		Minero	10,0
		Sin información / Otros usos	700,0
		Subtotal Superficial No consuntivo	2.360,0

Fuente: Elaboración propia en base a información del Catastro Público de Aguas (DGA, 2021b)

A continuación, la **Figura 4-9** muestra la distribución de los derechos de aprovechamiento de aguas, así como los principales caudales otorgados.



Figura 4-9 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia en base a información del Catastro Público de Aguas (DGA, 2021b)

4.2 Agua subterránea

4.2.1 Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común

La cuenca está definida por un **Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC)** denominado "río Salado" que, según los antecedentes revisados, se encuentra abierto, es decir no tiene limitaciones para otorgamiento de nuevos DAA. Según el informe DGA (2009), la recarga del acuífero río Salado corresponde a 3.468.960 m³ al año (3,47 hm³/año), proveniente de los aportes de precipitación, como es posible observar en detalle en la **Tabla 4-7**. Esta recarga equivale a **110 l/s** (DGA, 2009).

Tabla 4-7 Parámetros estimación de recarga

Parámetro	Valor
Área total (km ²)	7.601
Unidades de roca (km ²)	4.784
Depósito no consolidado (km ²)	2.744
Precipitaciones (mm)	20
Coeficiente de escorrentía	0,030
Coeficiente de infiltración	0,060
Recarga lateral (m ³ /s)	0,005
Recarga directa (m ³ /s)	0,104
Recarga total (m ³ /s)	0,110
Recarga total (l/s)	110

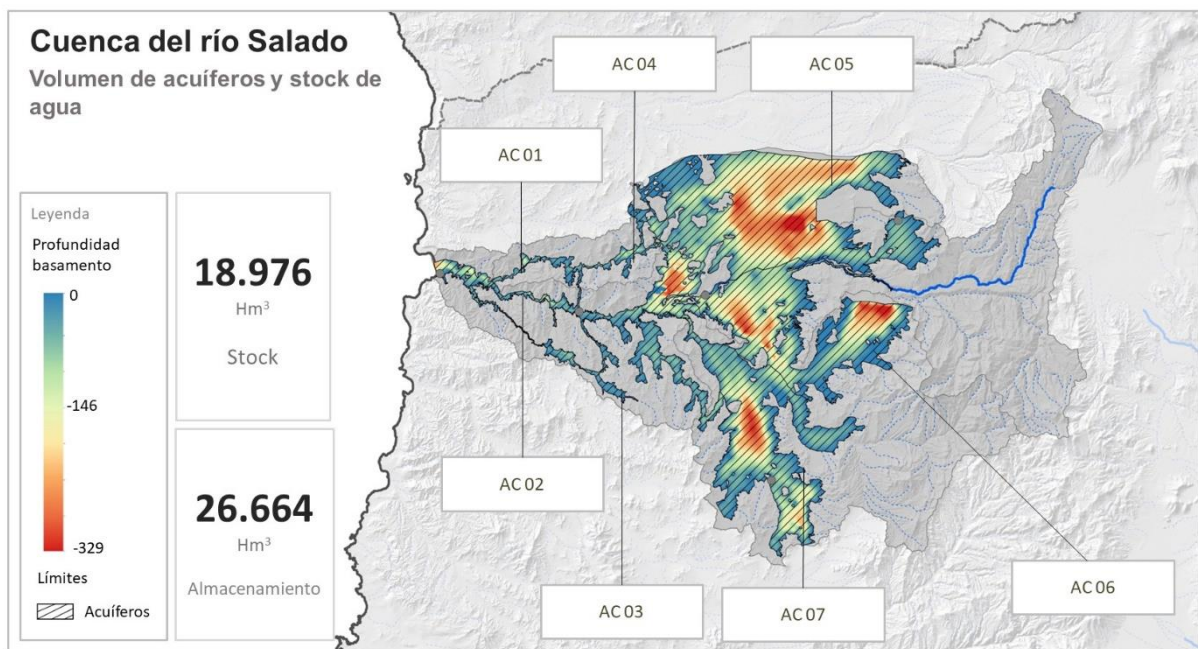
Fuente: DGA (2009)

Con la información levantada en terreno se realizó una caracterización de su basamento, nivel estático, propiedades hidrogeológicas (conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento), detallados en el Anexo H, sección 2.2. En este sentido el territorio fue delimitado en 7 acuíferos, según sus características hidrogeológicas (Anexo H, sección 2.2.3). Por lo tanto, la información presentada en este capítulo se basará en esta limitación. En la **Tabla 4-8**, se presenta la capacidad de los acuíferos (volumen) y en la **Figura 4-10** la profundidad del basamento.

Tabla 4-8 Volumen de acuíferos cuenca río Salado

Acuífero	Volumen acuífero (hm ³)	Porcentaje respecto al total de la cuenca (%)
AC_01	248	0,9%
AC_02	109	0,4%
AC_03	571	2,1%
AC_04	205	0,8%
AC_05	14.481	54,3%
AC_06	6.135	23,0%
AC_07	4.916	18,4%
Total cuenca	26.664	100,0%

Fuente: Elaboración propia en base a información levantada (Anexo K)



Fuente: Elaboración propia en base a información levantada (Anexo K)

Figura 4-10 Basamento, volumen y stock de acuíferos cuenca río Salado (hm³)

Destaca la existencia de acuíferos con profundidades de hasta 400 m, lo que podría significar grandes volúmenes de acumulación. Estas zonas se sitúan en la Depresión Intermedia, donde existen valles planos y anchos (Anexo K, sección 2.4).

Este mismo sector agrupa a tres de los acuíferos delimitados, donde reciben el aporte de la cordillera de Domeyko, y marca su importancia por un posible embalse subterráneo ubicado al noroeste de Diego de Almagro, en el que, a pesar de su reducida extensión, cuenta con gran espesor de relleno (Anexo K, sección 2.4).

Respecto a la permeabilidad de los sectores acuíferos, la cuenca río Salado se caracteriza por permeabilidades que oscilan en el rango aproximado de $1,95e-07$ y $0,0099$ cm/s. Por lo tanto, se observa generalmente una representación de bajas permeabilidades. Sin embargo, las zonas con mejor permeabilidad se sitúan entre el AC 02 y AC 03, donde existen depósitos aluviales con altas permeabilidades (Anexo K, sección 2.4).

4.2.2 Oferta en la fuente

Los próximos resultados son presentados a nivel indicativo debido a la brecha de información disponible para su cálculo, y por lo tanto a la incertidumbre generada. El objetivo de la presentación es mostrar un avance en la caracterización de los acuíferos a la fecha²⁵.

4.2.2.1 Oferta actual

Según el análisis realizado a partir de la información levantada en terreno (Anexo K), se calculó el volumen de agua disponible en los distintos acuíferos. Este volumen se determina tomando la diferencia entre el nivel estático (**Figura 4-11**) y el basamento, y luego multiplicándolo por el almacenamiento promedio del acuífero. Dada esta información, la cuenca río Salado cuenta con un **Stock** igual a **18.976 hm³** (**Tabla 4-9**), con una profundidad del nivel estático promedio de 39 metros, presentando mayor profundidad en los sectores acuíferos que se encuentran en una cota (m.s.n.m.) más alta, como ocurre en AC-05, AC-06 y AC-07 en mayor medida. Por su parte, el acuífero AC-05 es el que presenta mayor volumen de almacenamiento, seguido de los sectores acuíferos AC-06 y AC-07, ambos localizados en cotas más altas, según se presenta a continuación.

Principalmente, la disponibilidad se concentra en el acuífero AC 05, que se ubica al norte del río Salado, en la Quebrada del Saladito y parte de la subcuenca río Salado. Se presentan más detalles sobre la caracterización de los acuíferos en el Anexo H, sección 2.4.

Las características hidrogeológicas del AC 07 y AC 05 reflejan una recarga mayor respecto a los otros acuíferos, acumulándose entre estos dos sectores el 53% de la recarga del SHAC. Esta recarga total del SHAC Salado es igual a 3.137 m³/día ($1,15$ hm³/año) para el periodo histórico y 3.610 m³/día ($1,31$ hm³/año) periodo actual (ver **Tabla 4-10**).

²⁵ Para mayor detalle, consultar en la sección 2.6.3 Brechas de información.

Tabla 4-9 Stock de agua en los acuíferos en la cuenca río Salado

Acuífero	Volumen de almacenamiento (hm ³ /año)	Cota Nivel Estático m s.n.m	Profundidad Nivel Estático (m)	Stock de agua (hm ³)	Porcentaje de Stock respecto del total de la cuenca (%)
AC-01	248	80	26	208	1,1%
AC-02	109	811	22	86	0,4%
AC-03	571	762	26	318	1,7%
AC-04	205	604	36	123	0,6%
AC-05	14.481	1.249	44	10.590	56,0%
AC-06	6.135	1.406	69	4.136	21,9%
AC-07	4.916	1.447	52	3.515	18,4%
	26.664	1.338*		18.976	

*Promedio del SHAC completo, no concuerda con el promedio de las filas anteriores

Fuente: Elaboración propia en base a modelo hidrológico WEAP

Tabla 4-10 Recarga acuíferos periodo 1990-2014 y 2015-2020

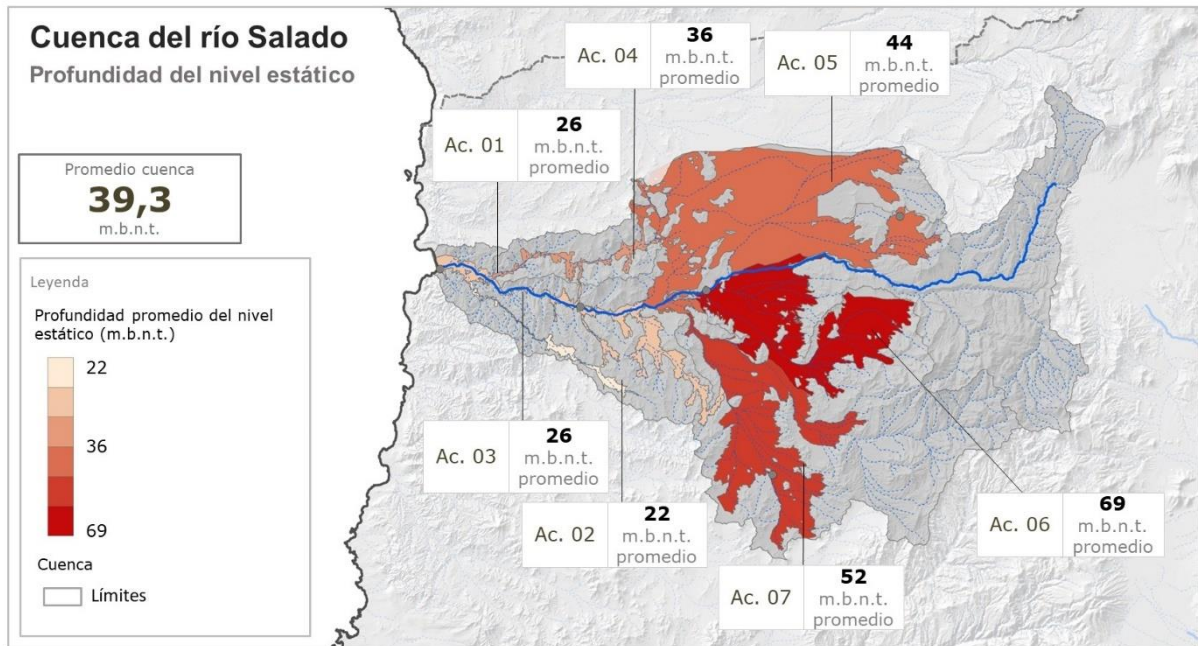
	AC01	AC02	AC03	AC04	AC05	AC06	AC07	Total SHAC
1990-2014								
m ³ /día	385	1.572	2.034	2.982	5.364	3.081	5.862	21.280
hm ³ /año	0,140	0,574	0,742	1,088	1,958	1,125	2,140	7,767
2015-2020								
m ³ /día	175	1.289	1.621	1.611	3.537	3.013	6.504	17.751
hm ³ /año	0,064	0,471	0,592	0,588	1,291	1,100	2,374	6,479

Fuente: Elaboración propia en base a modelo hidrológico WEAP

La cuenca con régimen pluvial se caracteriza por tener escasa recarga superficial durante todo el año. Sin embargo, gracias a eventos de precipitación sólida y líquida, permiten mantener cierto caudal superficial, manteniendo una recarga de los acuíferos.

4.2.2.2 Oferta proyectada

Los resultados proyectados para la oferta subterránea, entendiendo ésta como Stock de agua en los acuíferos y la recarga, está influenciada por la reducción de las precipitaciones, según se ha indicado en el punto 4.1.2. De esta forma, la **Tabla 4-11** presenta una variación de la recarga en el SHAC de -59% respecto al período histórico.



Nota: m.b.n.t. significa "metros bajo nivel de terreno".

Fuente: Elaboración propia en base a información levantada (Anexo K)

Figura 4-11 Profundidad del nivel estático de los sectores acuíferos (m)

Tabla 4-11 Recarga acuíferos periodo 2021-2050

	AC01	AC02	AC03	AC04	AC05	AC06	AC07	Total SHAC
hm ³ /año	0,05	0,29	0,30	0,66	1,28	0,44	0,92	3,94
Δ 1990-2014/ 2021-2050	-67%	-49%	-60%	-39%	-34%	-61%	-57%	-59%
Δ 2015-2020/ 2021-2050	-27%	-38%	-50%	12%	-1%	-60%	-61%	-39%

Fuente: Elaboración propia en base a modelo hidrológico WEAP

4.2.3 Calidad del agua

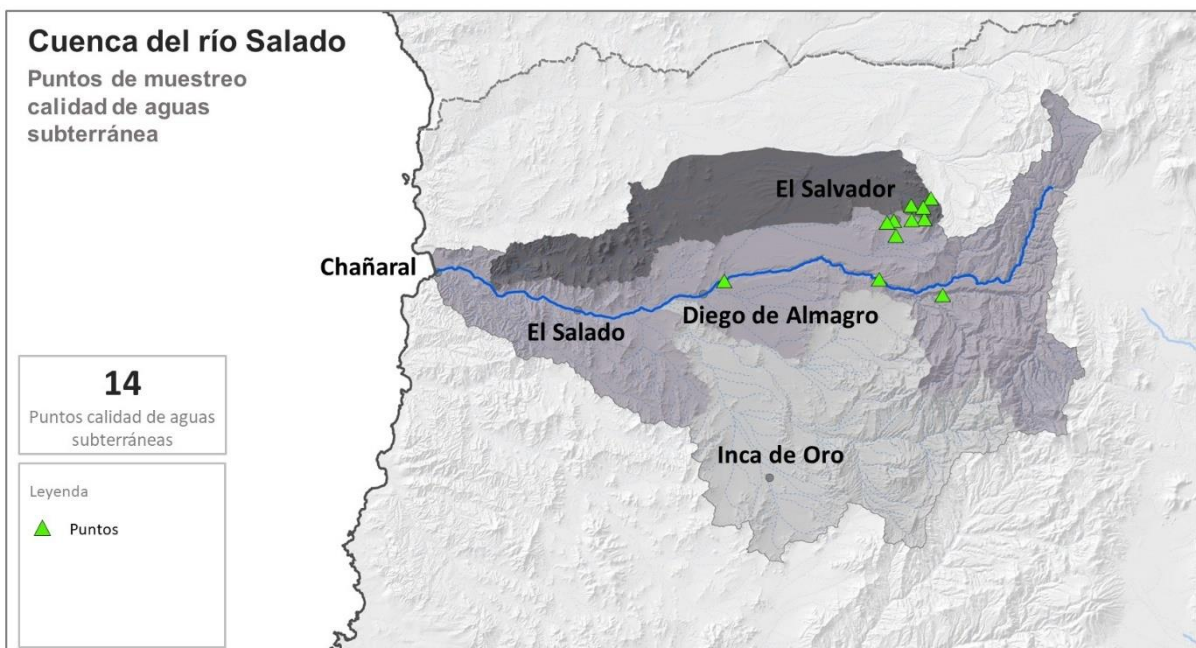
En el área de estudio, se localizan pocos estudios de calidad de aguas subterráneas. El Observatorio Georreferenciado de la Dirección General de Aguas, por ejemplo, no dispone de información para el Índice de Calidad de Agua asociado al Indicador 6.3.2 del ODS 6.

Una de las fuentes de información disponibles corresponde al Estudio de Impacto Ambiental "Proyecto Desarrollo Mantoverde" de la empresa Minera Mantos Cooper y AngloAmerican (SEA, 2018). Este proyecto se localiza en áreas limítrofes de la cuenca río Salado y cuenca

Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó, como se mostró en la sección 3.4.1, en la quebrada de las Ánimas, realizando campañas entre el 2013 y 2015.

En general, las muestras presentan un carácter iónico clorurado sódico, con una exclusiva excepción, donde tuvieron un carácter iónico clorurado cálcico. Por otro lado, aparte de una muestra clorurada cálcica, las mediciones restantes presentaron un carácter iónico mixto. Dentro de los otros parámetros, el pH presenta un promedio entre los 7,4 a 7,7, siendo levemente alcalinas. Las muestras presentaron una alta concentración de metales, sobre todo de hierro, y altas concentraciones de sales disueltas.

Adicionalmente, el estudio de calidad de aguas realizado en el marco del proyecto Rajo Inca, demostró que para aguas subterráneas, aquellas ubicadas en la parte sur del área de Indio Muerto (donde se realizó la campaña, ver **Figura 4-12**), en las quebradas del río Salado (SP-5 y SP-7) y Jardín (QDJ-1), son de tipo cloruradas sódicas, mientras que las aguas que colindan a los rajes y plantas de procesos registran un aumento en la contribución de sulfato y calcio, alcanzando el extremo del diagrama en los puntos BC-1 y BC-2 (para más información, ver **Figura 4-8**).



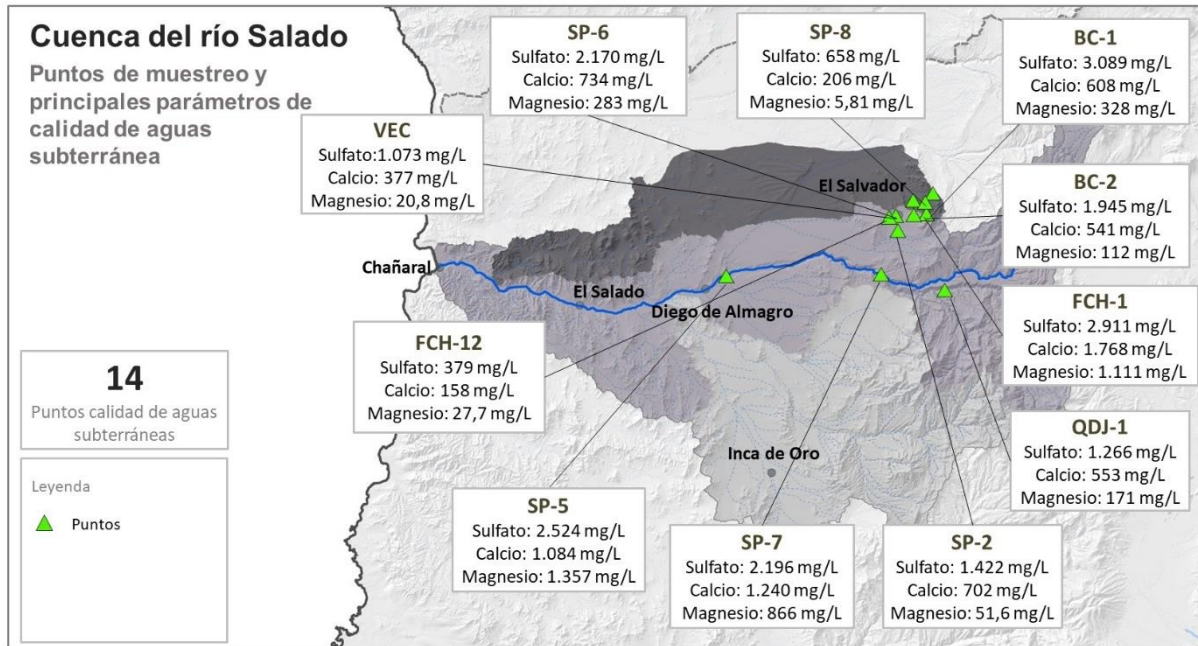
Fuente: Elaboración propia en base a Estudio Rajo Inca, CODELCO, 2020

Figura 4-12 Puntos de muestreo de calidad de aguas subterráneas

En cuanto al contenido de cationes y aniones en puntos de muestreo ubicados en la quebrada del río Salado, se determinó que presentan aguas del tipo cloruradas sódicas, con concentración de iones carbonato, sulfato, calcio y magnesio con valores altos; mientras que, en otros puntos asociados a la quebrada Jardín, si bien también tiene un

comportamiento de aguas cloruradas sódicas, existe una mayor relación con los iones sulfato, magnesio y calcio. La diferencia entre puntos de control se debe a la fuente del origen de las aguas subterráneas, como la Quebrada del río Salado, la cual tendría una alta concentración de iones (CODELCO, 2018c).

En relación con lo anterior, la **Figura 4-13** muestra los puntos de muestreo y los principales parámetros medidos de calidad de agua subterránea en la cuenca río Salado.



Fuente: Elaboración propia en base a CODELCO (2018c)

Figura 4-13 Puntos de muestreo y principales parámetros de calidad de aguas subterráneas

4.2.4 Fuentes contaminantes

Como se ha mencionado, en el área de estudio existe escasa bibliografía que aborde la calidad de aguas de tipo subterráneas y sus fuentes. Sin embargo, y como se menciona en apartados previos, el principal origen de contaminación de aguas en el subsuelo es la actividad minera.

Al respecto, Bonnail *et al.* (2020) han analizado los riesgos que tienen altas concentraciones de metales y su exposición para la salud humana. Según estos autores, el peligro de estos metales está determinado por sus concentraciones en tejido y su especiación (forma química). La exposición a ciertos metales industriales podría llevar a enfermedades como problemas neurotóxicos, alteraciones genéticas, problemas vasculares, problemas

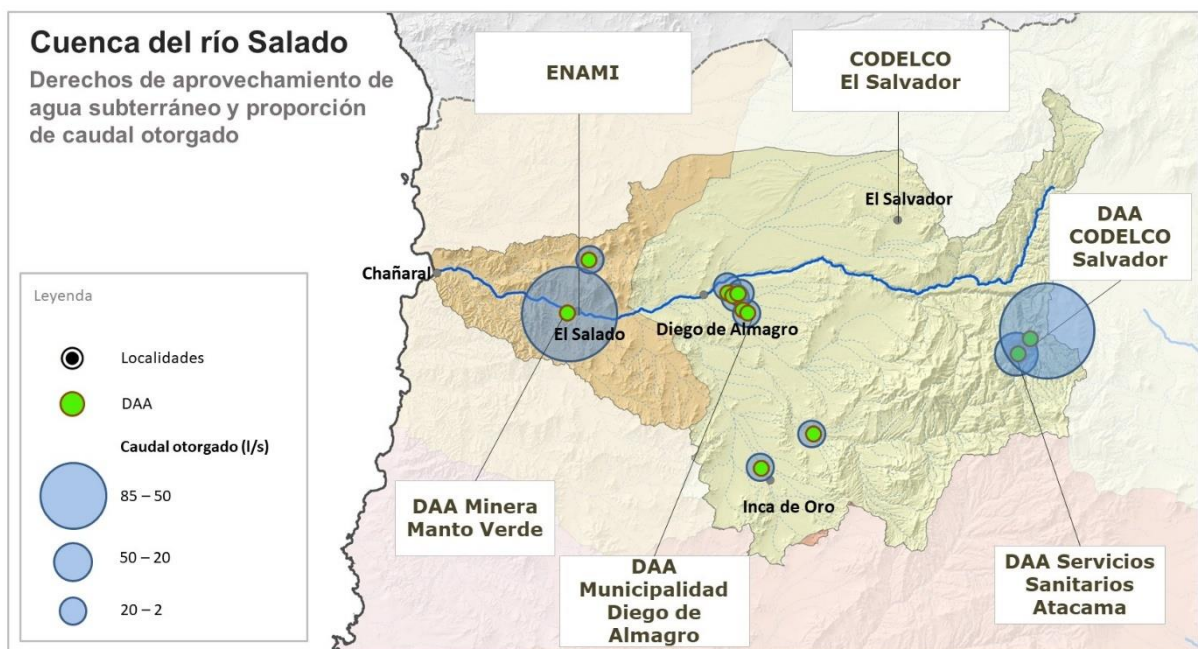
dérmicos, respiratorios, entre otros. Para llegar a ese punto, es importante que exista un medio de exposición, en este caso, las aguas subterráneas.

Las plantas desaladoras presentes en la cuenca también son posibles fuentes de contaminación, en especial del área litoral por la descarga de salmuera. Sin embargo, ante la falta de antecedentes suficientes, se hace importante contar con más estudios que permitan determinar los efectos reales de la acumulación temporal y espacial de este elemento.

4.2.5 Derecho de aprovechamiento de aguas otorgados

Con respecto a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca río Salado, en términos de caudal se traducen en 232,9 (l/s) otorgados para el año 2020, siendo Anglo American Norte S.A., el solicitante con mayor caudal aprobado con 78,8 (l/s), es decir, 55,6% del total aprobado para la cuenca en el año 2020 (DOH, 2020).

De manera global, se encuentran 35 derechos de aprovechamiento de agua subterránea distribuidos en el área de la cuenca, que se extraen en 26 pozos. La **Figura 4-14** muestra la ubicación de los DAA subterráneos en la cuenca río Salado.



Fuente: Elaboración propia en base a DOH (2020)

Figura 4-14 Derechos de aprovechamiento de agua subterránea

4.3 Trasvases y desalación

Como se ha descrito en el apartado 2.4 Infraestructura Hídrica, la cuenca posee una oferta de agua continental de cuencas limítrofes o agua desalada. En este apartado se sistematiza la oferta disponible por la infraestructura actual y proyectada para las demandas que existen dentro de la cuenca, como es posible observar en la **Tabla 4-12**.

Tabla 4-12 Oferta de agua externa a la cuenca. Trasvases y desalación

Etapa	Tipo	Fuente Natural	Volumen anual hm ³ /año	Destino	Uso	Fuente información*
Actual	Trasvase agua continental	Piedra Colgada	1,46	Chañaral	Agua potable	1
Actual	Trasvase agua continental	Salar de Pedernales	27,10	CODELCO Salvador	Minería	2
Actual	Trasvase agua continental	Salar de Pedernales	1,10	El Salvador, Diego de Almagro, El Salado	Agua potable	2
Total, actual			29,66			
Proyectada	Desalación	Agua de Mar Econssa Chile S.A.	1,63	Chañaral	Agua potable	3
Proyectada	Desalación	Desaladora Diego de Almagro	9,8	Proyecto Minero Diego de Almagro	Minería	3
Proyectada	Desalación	Desaladora Santo Domingo	3,5	Capstone	Minería	3
Total, proyectado			14,93			
Total actual y proyectado			44,59			

Notas: filas sombreadas proyectos de infraestructura en proyección

Fuente: Elaboración propia en bases de datos de: (1) Plan de Desarrollo Chañaral – Caldera, (2) RCA Rajo Inca CODELCO, (3) Cochilco

La empresa sanitaria, Nueva Atacama, realiza un trasvase desde pozos de Piedra Colgada, Copiapó hacia Caldera-Chañaral, el volumen promedio de distribución para la localidad de Chañaral es de 1,46 hm³/año.

En la primera fase del proyecto de desalación, PDAM de Econssa Chile S.A. considera 100 l/s para las localidades de Caldera y Chañaral, en este sentido la producción actual necesaria equivale a 52 l/s (1,63 hm³/año) para la localidad de Chañaral. Actualmente, dicho proyecto está terminado y la planta se encuentra gestionada por la empresa sanitaria Nueva Atacama.

Según se ha indicado en la sección Trasvases y aducciones, CODELCO realiza un trasvase con una capacidad máxima de porteo de 17,1 hm³/año para uso minero. Adicionalmente, CODELCO realiza un tratamiento de potabilización por osmosis inversa para la faena El Salvador y un aporte para las localidades de El Salado y Diego de Almagro. Estos dos usos provienen de fuentes ubicadas en el Salar de Pedernales.

Finalmente existen dos proyectos de desalación para empresas mineras que aportarían 13,3 hm³/año, únicamente para satisfacer dichas demandas. La oferta total proyectada, incluyendo la actual, es de **44,59 hm³/año**.

5 BALANCE DE AGUA

La Dirección General de Aguas determinó en el año 2009 que la precipitación media anual en la cuenca río Salado era de 20 mm (DGA, 2009). Posteriormente, en el estudio de DGA (2018), se determinaron valores para la precipitación anual (mm/año), escorrentía media anual, evapotranspiración natural, evapotranspiración de riego y derretimiento de glaciares, a partir de los cuales se generó un balance hídrico a nivel de cuenca, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 5-1** (DGA, 2018).

Tabla 5-1 Comparación de precipitaciones (pp), caudal total (Q), evapotranspiración (ET) y recarga, según DGA (2018)

Balance	Pp mm/año	Q Total mm/año	ET Total mm/año	Recarga mm/año
PEGH 2020-2050	14,20	1,27	12,40	0,53
PEGH 2015-2020	22,89	3,01	24,48	0,98
PEGH 1985-2015	22,64	5,03	19,16	1,41
BHN 1985-2015	16,00	1,70	12,80	1,60
BHN 1951-1980	19,70	0,03	19,70	-
Δ PEGH – BHN (1985-2015)	6,64	3,33	6,36	-0,19
% PEGH con respecto a BHN	41,50	195,88	49,69	-11,88

Fuente: Anexo H, sección 3.14, elaboración propia en base a DGA (2018)

El estudio de DGA (2018) y la información del presente estudio reflejan una diferencia respecto a las precipitaciones de 6,64 mm/año para el periodo 1985-2015, lo que significa una precipitación adicional de un 42% con respecto a DGA (2018). Para la comprensión de esta diferencia se debe considerar la calidad de ajuste de los modelos escogidos (Anexo H, sección 2). Para modelar la precipitación de este PEGH, se consideró utilizar el modelo CR2MET (versión 2) tomando en cuenta un umbral sobre 5 mm. Para el estudio de DGA (2018) se utilizó el modelo CR2MET (versión 1), lo que conlleva diferencias en los valores. Además, se evidencia una diferencia notable entre el caudal y la evapotranspiración de ambas modelaciones. La recarga se mantiene similar, con sólo un 11,8% de diferencia entre el BHN y el PEGH.

La principal complejidad de esta cuenca radica en que los aportes de recursos hídricos provienen principalmente de trasvases: por un lado, la extracción de aguas superficiales y subterráneas que realiza **CODELCO División Salvador (Rajo Inca)**, desde el Salar de Pedernales; y por el otro, el trasvase de agua para consumo humano que se realiza mediante el acueducto que recorre el borde costero entre Caldera y Chañaral.

Complementariamente, se abastecen de fuentes propias las localidades de Diego de Almagro, El Salado e Inca de Oro (desde los drenes Inca de Oro y La Finca); y las faenas mineras ENAMI y ORCA, que utilizan las aguas que corren en el río Salado, las que a su vez reciben aportes de las aguas servidas tratadas de la localidad de Diego de Almagro.

Desde el punto de vista de la minería, el proyecto Rajo Inca, continuación de División Salvador (CODELCO), se abastece desde las aguas del Salar de Pedernales (27,12 hm³/año), y no existe ninguna fuente local que sea capaz de reemplazar esta demanda, que representa más del 90% del total de los consumos de la cuenca. Adicional a los proyectos que existen en la actualidad, se encuentran en evaluación el proyecto Santo Domingo, entre otros de menor tamaño.

El **Proyecto Santo Domingo**²⁶ se basa en la explotación de reservas minerales de cobre y magnetita desde los rajos denominados Rajo Santo Domingo y Rajo Iris Norte, ubicados en la Sierra de Santo Domingo en la comuna de Diego de Almagro. El mineral extraído, será procesado a través de flotación convencional para obtener concentrado de cobre, luego los relaves de la flotación serán sometidos a un proceso de separación magnética, para obtener concentrado de magnetita. Este proyecto se abastecerá de agua desalada provista desde una planta y puerto instalados en la comuna de Caldera, y si bien contempla una planta desaladora, el uso de esas aguas (112 l/s) está destinado al riego de magnetita en el puerto.

En la **Tabla 5-2** y **Tabla 5-3** se presenta el balance hídrico operacional (es decir, considerando tipos de actividades operacionales, como el uso de agua para consumo humano, agrícola o minera; y sus demandas) donde se incluye: demanda física bruta, oferta de agua dentro de la cuenca y oferta de agua fuera de ella. Dichas tablas presentan el periodo actual y proyectado, respectivamente. En relación a este último, se proyecta una oferta de agua para consumo humano mayor a la demanda actual, debido a la combinación de diferentes fuentes externas a la cuenca, como el trasvase desde Piedra Colgada y Plantas Desaladoras de Agua de Mar (PDAM).

El 99% de la demanda actual es satisfecha por agua desalada o trasvases de cuenca como la cuenca el río Copiapó o el Salar de Pedernales. Actualmente no existen fuentes dentro de la cuenca que puedan proveer dicha demanda. Debido a la eventualidad de la oferta superficial y calidad, los usuarios actualmente están provisionando agua y proyectando con agua desaladas o aguas externas a la cuenca. Existe una brecha de información respecto al agua subterránea y su posible utilización (pozos). La **Tabla 5-4** resume las brechas a nivel de balance de masas por tipo de uso.

²⁶ Revisado en

<https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=00/b1/1a70698190a40b442f5807a1ba7842f57022>

Tabla 5-2 Balance hídrico operacional. Brecha de Balance periodo actual

hm ³ /año							
Demandas		Oferta dentro de la cuenca		Oferta fuera de la cuenca		Balance cuenca ¹	Balance Total ²
		Vol.	Ubicación	Vol.	Ubicación de la fuente		
Uso Humano	3,03	0,47	Pozos /dren	2,56	Piedra Colgada	-2,56	0,00
Necesidades mínimas ambientales	0,00	0,00	N/A	0,00	N/A	0,00	0,00
Agrícola	0,00	0,00	N/A	0,00	N/A	0,00	0,00
Minera	27,10	0,30	N/A	27,10	-	-26,80	0,30
CODELCO Salvador	27,10	0,00		27,10	Salar de Pedernales	-27,10	0,00
ENAMI	0,30	0,30		0,00	Río Salado	0,00	0,00
Industrial	0,09	0,00		0,09		-0,09	0,00
Total	30,52	0,47		30,05		-29,75	0,00

¹ Correspondiente a la diferencia entre la demanda y la oferta dentro de la cuenca

² Correspondiente a la diferencia entre la oferta fuera de la cuenca y el balance de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, la principal brecha hídrica de la cuenca río Salado es la imposibilidad de satisfacer la demanda de la cuenca con fuentes internas. Si bien existe una brecha asociada a la información de posibles fuentes de agua subterránea, se mantiene una dependencia de la cuenca río Salado con respecto a cuencas adyacentes. Esta dependencia se materializa en que gran parte de la demanda minera se esté supliendo a través de una tubería que trasvasa agua desde Salar de Pedernales a la cuenca por parte de CODELCO; y un sistema conectado externo (Copiapó-Tierra Amarilla, Caldera y Chañaral) que suministra agua potable desde pozos ubicados en Copiapó y Piedra Colgada.

Tabla 5-3 Balance hídrico operacional. Brecha de Balance periodo proyectado

hm ³ /año							
Demandas		Oferta dentro de la cuenca		Oferta fuera de la cuenca		Balance cuenca ¹	Balance Total ²
		Vol.	Ubicación	Vol.	Ubicación de la fuente		
Uso Humano	3,03	0,77	Pozos /dren	3,66	Piedra Colgada + PDAM	-2,26	1,4
Necesidades mínimas ambientales	0,00	0,00	N/A	0,00	N/A	0,00	0,00
Agrícola	0,00	0,00	N/A	0,00	N/A	0,00	0,00
Minera	40,70	0,30	N/A	40,40	-	-40,40	0,00
CODELCO Salvador	27,10	0,00	N/A	27,10	Salar de Pedernales	-27,10	0,00
ENAMI	0,30	0,30	Río Salado	0,00	N/A	0,00	0,00
Santo Domingo	3,50	0,00	N/A	3,50	PEAM/PDAM Sto Domingo	-3,50	0,00
Min Diego de Almagro	9,80	0,00	N/A	9,80	PEAM Diego de Almagro	-9,80	0,00
Industrial	0,09	0,00	N/A	0,09	N/A	-0,09	0,00
Total	43,82	1,07		44,15		-42,75	1,4

¹ Correspondiente a la diferencia entre la demanda y la oferta dentro de la cuenca

² Correspondiente a la diferencia entre la oferta fuera de la cuenca y el balance de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

5.1 Modelo de simulación

En el desarrollo de este estudio se ha llevado a cabo la construcción de un modelo hidrológico numérico en WEAP (*Water Evaluation and Planning system*), que es una plataforma orientada especialmente a la modelación de aguas superficiales y a la gestión del recurso hídrico, a su vez la plataforma permite representar de manera general las aguas subterráneas. En este modelo se simulan los procesos hidrológicos y las principales actividades asociadas al uso del agua en la cuenca desde el año 1985 hasta el 2060, considerando para ello proyecciones de forzantes meteorológicas que incluyen los efectos del cambio climático. Específicamente, se selecciona el modelo MIROC para representar la precipitación y temperatura en el escenario futuro, luego de realizar una validación de diferentes modelos con respecto a las mediciones en estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, y escogiendo el modelo que presentara mejores parámetros de ajuste

(KGE, NSE, R²). La selección del modelo MIROC se presenta en detalle en el Anexo H, sección 3.3.

Tabla 5-4 Síntesis de demandas y brechas, actual y proyectada (hm³/año)

Tipo Demandas	hm ³ /año							
	Actual				Proyectada			
	D	B	O	B Total	D	B	O	B Total
Uso Humano	3,03	-2,56	2,56	0,08*	3,03	-2,56	-2,56	0,00
Necesidades mínimas ambientales. "Ecosistemas"	0,00	0,00	N/A	0,00	0,00	0,00	N/A	0,00
Agricultura	0,00	0,00	N/A	0,00	0,00	0,00	N/A	0,00
Minera	27,40	-27,10	27,10	0,00	40,70	-40,40	-40,40	0,00
Industrial	0,09	-0,09	0,09	0,00	0,09	-0,09	0,09	0,00
Total	30,52	-29,75	29,75	0,08	43,82	-43,05	42,87	0,00

D: Demanda Bruta, B: Brecha respecto a la oferta de la cuenca disponible, O: Oferta externa de la cuenca, B Total: Brecha Total. *Brecha BPER1 (sección 5.2.1.1) por asentamientos no abastecidos con red de abastecimiento

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las principales utilidades de este modelo hidrológico está el establecimiento de un balance hídrico en la cuenca, que permita cuantificar brechas hídricas actuales o futuras, junto con la posibilidad de evaluar la eficacia y eficiencia de medidas propuestas para el futuro.

5.1.1 Descripción del modelo elaborado

Como ha sido recientemente mencionado, la modelación de la cuenca río Salado se ha realizado en la plataforma WEAP, diseñada para realizar gestión de recursos hídricos. A pesar de que está orientada hacia la modelación de aguas superficiales, WEAP también es capaz de simular las aguas subterráneas con ciertas limitaciones. En la **Figura 5-1** se observa la zona modelada hidrológicamente.

Este modelo considera un paso de tiempo diario, un periodo histórico de modelación comprendido entre el 1 de abril de 1985 y el 31 de marzo de 2020, y un periodo proyectado comprendido entre el 1 de abril de 2020 y el 31 de marzo de 2060. Este periodo proyectado incluye forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura) en las que han sido considerados los efectos del cambio climático.



Fuente: Elaboración propia en base a información levantada en este estudio

Figura 5-1 Zona modelada hidrológicamente

Desde el punto de vista superficial, el modelo WEAP considera las quebradas principales en la cuenca. Una parte importante de los cauces de la cuenca en estudio no posee nombre, por lo que han sido nombrados como "Quebrada Sin Nombre". Los cauces incluidos corresponden a:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Quebrada Ciénaga | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 01 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada El Asiento | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 02 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada de Las Salinas | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 03 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada Saladito | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 04 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada Caballo Muerto | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 05 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada Mocobi | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 06 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada Chañaral Alto | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 07 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada La Angostura | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 08 |
| <input type="checkbox"/> Quebrada de Las Ánimas | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 09 |
| <input type="checkbox"/> Río Salado | <input type="checkbox"/> Quebrada Sin Nombre 10 |

Adicionalmente, para la modelación de la cuenca, ésta ha sido subdividida en 41 subcuencas, las que a su vez han sido esquematizadas en bandas de elevación y usos de suelo. A partir de productos grillados se han definido forzantes meteorológicas en las

bandas de elevación de estas subcuencas, que corresponden a precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad.

La precipitación y temperatura para el período histórico queda representada por la información del modelo CR2MET, escogido luego de realizar una validación del modelo con respecto a las observaciones en las estaciones meteorológicas de la zona de estudio. Por otra parte, para el período proyectado se utilizan datos de precipitación y temperatura obtenidos del modelo MIROC.

La actividad agrícola presente en la zona de estudio es poco relevante para su consideración en la modelación hidrológica de la cuenca, como se analizó en sección 3.3, por lo que no es necesario su representación en WEAP.

Por otra parte, la cuenca tampoco presenta actividad hidroeléctrica, por lo que no existen centrales de embalse o de paso que requieran ser incluidas en el modelo hidrológico. Además, en la zona de estudio no hay embalses, por lo que éstos tampoco han sido necesarios de representar en la modelación.

Gracias a las campañas de gravimetría y prospección TEM realizadas en la cuenca río Salado, ha sido posible desarrollar un modelo conceptual de aguas subterráneas que permite conocer características del acuífero de la zona y así poder incluirlo en la modelación en WEAP. Este modelo conceptual de aguas subterráneas permite conocer el tamaño y profundidad del acuífero, sus permeabilidades, estimaciones de coeficiente de almacenamiento, niveles estáticos de la napa, dividir el acuífero en **sectores acuíferos** y obtener estimaciones de coeficientes de permeabilidad que dan pie a conocer los montos aproximados de recarga de aguas subterráneas presentes en la cuenca.

Como se ha mencionado, esta caracterización del acuífero de la cuenca posibilita que éste sea modelado en WEAP, aunque de manera sencilla, representándolo en una serie de elementos que esquematizan a cada **sector acuífero** como recipientes de cierta capacidad, y a los que le ingresa agua afluente al acuífero y se les extrae el flujo efluente a éste (extracciones desde pozos o norias, por ejemplo). También en aquel modelo conceptual de aguas subterráneas, es posible estimar flujos subterráneos y la dirección de estos, que posibilitan la representación en WEAP de los flujos entre **sectores acuíferos**, es decir, los flujos entre los recipientes que considera WEAP para cada **sector acuífero**.

Por otra parte, es importante resaltar que dado que en la cuenca no existe registro hidrométrico alguno (estaciones fluviométricas o registro de niveles de la napa), que permita contrastar los valores simulados por el modelo con magnitudes observadas en la realidad, se ha tenido que recurrir a otros métodos. Específicamente se han tomado como referencia los resultados la Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Norte y Centro (DGA, 2018) para las variables de precipitación, evapotranspiración real, caudal y recarga para los años 1985 a 2015, cuyos órdenes de magnitud se han definido como valores objetivo de la modelación WEAP. Más detalles pueden ser vistos en el Anexo H, sección 2, de este informe, donde se incluye una descripción al detalle del modelo hidrológico elaborado para este plan.

A su vez, se utilizan como valores iniciales los caudales subterráneos entre acuíferos calculados a partir de las campañas de terreno (gravimetría y TEM), que se pueden revisar en el Anexo H, sección 2.2.8. Sin embargo, al utilizar en el modelo WEAP estos caudales, los volúmenes en los acuíferos se alejan de la realidad, aumentando o disminuyendo en gran magnitud.

La metodología de calibración (descrita con mayor detalle en el anexo H, sección 3.13), por lo tanto, consistió en iterar los valores de caudales entre acuíferos, recarga (entre 5 y 10% de la precipitación), y ET real (entre 10 y 25 mm/año) hasta alcanzar volúmenes estables en los acuíferos, poniendo especial énfasis en mantener todos los valores dentro de su orden de magnitud original.

5.1.2 Balance de agua actual

Para el análisis de la actualización del balance hídrico de la cuenca se definieron períodos de análisis, siendo:

- Balance histórico: Periodo Abril 1990- Marzo 2015
- Balance actual: Periodo Abril 2015- Marzo 2021
- Balance proyectado: Periodo Abril 2021- Marzo 2050

Para el **balance superficial** se considera el año hidrológico (abril-marzo), la presentación de resultados según unidad de gestión (nodo) y cuenca. Los parámetros analizados son: entradas de agua (Precipitación, escorrentía de entrada) y salida (Percolación, escorrentía de salida y evapotranspiración). Dicho análisis incluye aspectos antrópicos de entrada de agua de origen fuera de la cuenca, como es el volumen de agua tratada por las localidades de Diego de Almagro, Inca de Oro y El Salado.

A continuación, en la **Tabla 5-5** y **Tabla 5-6** se presentan los resultados del balance histórico y actual, respectivamente. Es interesante notar el fuerte rol que tienen variables como la evapotranspiración en las salidas del balance, en ambos períodos, dadas las condicionantes meteorológicas y geográficas de la cuenca río Salado, con poca humedad y altas temperaturas.

Finalmente, para el **balance subterráneo** se consideran las entradas y salidas a los sectores de acuífero y la variabilidad de volumen. La **Tabla 5-7** y **Tabla 5-8** presentan el balance histórico y actual respectivamente. En el "Anexo F3.1 Balance río Salado" se entregan los resultados del análisis, junto a los cálculos asociados.

El balance subterráneo muestra flujos y variaciones temporales dentro de los sectores acuíferos en la cuenca río Salado, de manera que es importante diferenciar estos valores de los que se presentaron anteriormente en la **Tabla 4-9**, que expresa el stock total de agua que tiene el acuífero actualmente y no su variación.

Tabla 5-5 Balance de agua superficial periodo histórico 1990-2014, hm³/año

	US1	US2	US3	US4	US5	Cuenca
Entradas	13,84	9,78	67,46	23,91	41,38	156,38
Precipitación (hm ³ /año)	13,84	9,78	67,46	23,91	41,38	156,38
Salidas	13,18	9,68	64,40	22,24	38,60	148,10
ET Real (hm ³ /año)	9,86	3,53	50,49	20,35	36,69	120,92
Escorrentía (hm ³ /año)	1,66	3,73	10,69	1,43	1,91	19,42
Recarga (hm ³ /año)	1,66	2,42	3,22	0,46	0,00	7,77
Variación humedad de suelo	0,67	0,10	3,06	1,67	2,77	8,26
Incremento en humedad del suelo (hm ³ /año)	12,86	7,05	58,09	22,01	34,50	134,51
Decrecimiento en humedad del suelo (hm ³ /año)	12,20	6,95	55,04	20,34	31,73	126,25
Balance	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Error respecto a precipitación (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: El **porcentaje de error** es calculado como el resultado del **balance** entre la **precipitación**, y tiene por objetivo poner en contexto el resultado del balance (**entradas-salidas-variación humedad de suelo=0**) respecto a las magnitudes de volúmenes de agua involucrados.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

Tabla 5-6 Balance de agua superficial periodo actual 2015-2020, hm³/año

	US 1	US 2	US 3	US 4	US 5	Cuenca
Entradas	10,36	6,40	72,66	21,30	44,84	155,56
Precipitación (hm ³ /año)	10,36	6,40	72,66	21,30	44,84	155,56
Salidas	13,13	6,82	85,38	28,25	56,35	189,95
ET Real (hm ³ /año)	10,66	3,28	69,92	26,61	53,41	163,89
Escorrentía (hm ³ /año)	1,22	2,16	12,03	1,23	2,95	19,58
Recarga (hm ³ /año)	1,25	1,38	3,44	0,41	0,00	6,48
Variación humedad de suelo	-2,77	-0,42	-12,73	-6,95	-11,46	-34,34
Incremento en humedad del suelo (hm ³ /año)	9,75	5,11	62,36	19,95	36,60	133,76
Decrecimiento en humedad del suelo (hm ³ /año)	12,52	5,53	75,09	26,91	48,05	168,10
Balance	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	-0,05
Error respecto a precipitación (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: El **porcentaje de error** es calculado como el resultado del **balance** entre la **precipitación**, y tiene por objetivo poner en contexto el resultado del balance (**entradas-salidas-variación humedad de suelo=0**) respecto a las magnitudes de volúmenes de agua involucrados.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

Tabla 5-7 Balance de agua subterráneo periodo histórico 1990-2014, hm³/año

	AC-01	AC-02	AC-03	AC-04	AC-05	AC-06	AC-07	SHAC
Entrada	4,58	0,57	2,39	2,28	5,12	2,51	5,24	22,69
Recarga (hm ³ /año)	0,14	0,57	0,74	1,09	1,96	1,12	2,14	7,77
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,44	-	1,65	1,19	3,17	1,38	3,10	14,93
Salidas	4,64	0,44	2,70	2,15	4,23	2,55	4,39	21,10
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,64	0,44	2,40	2,15	4,23	2,55	4,11	20,51
Extracciones (hm ³ /año)	-	-	0,30	-	-	-	0,28	0,58
Variación del volumen almacenado	-0,07	0,14	-0,31	0,14	0,89	-0,04	0,85	1,60
Incremento (hm ³ /año)	0,12	0,52	0,64	1,02	1,86	1,00	1,97	7,14
Decrecimiento (hm ³ /año)	0,19	0,39	0,95	0,88	0,97	1,04	1,13	5,54
Balance (hm³/año)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Error de Balance	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: (1) Flujo subt. Corresponde al flujo subterráneo entre sectores acuíferos. Este flujo puede ser efluente o afluente.

(2) Incremento y decrecimiento corresponden a aumentos y disminuciones, respectivamente, del volumen de agua almacenado en los sectores acuíferos.

(3) El **error de balance** es calculado como el resultado del **balance** entre la **recarga**, y tiene por objetivo poner en contexto el resultado del balance (**entradas-salidas-variación del volumen almacenado=0**) respecto a las magnitudes de volúmenes de agua involucrados.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

Tabla 5-8 Balance de agua subterráneo periodo actual 2015-2020, hm³/año

	AC-01	AC-02	AC-03	AC-04	AC-05	AC-06	AC-07	SHAC
Entrada	4,50	0,47	2,24	1,78	4,46	2,48	5,47	21,41
Recarga (hm ³ /año)	0,06	0,47	0,59	0,59	1,29	1,10	2,37	6,48
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,44	-	1,65	1,19	3,17	1,38	3,10	14,93
Salidas	4,65	0,44	2,70	2,15	4,23	2,55	4,39	21,10
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,65	0,44	2,40	2,15	4,23	2,55	4,11	20,52
Extracciones (hm ³ /año)	-	-	0,30	-	-	-	0,28	0,58
Variación del volumen almacenado	-0,14	0,03	-0,46	-0,37	0,23	-0,07	1,08	0,31
Incremento (hm ³ /año)	0,05	0,41	0,48	0,52	1,16	0,93	2,16	5,71
Decrecimiento (hm ³ /año)	0,20	0,38	0,94	0,88	0,94	1,00	1,08	5,40
Balance (hm³/año)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Error de Balance	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

5.1.3 Balance de agua proyectado

El balance proyectado para el periodo 2021-2050 refleja el descenso de las precipitaciones indicado en el punto 4.1.2, y un aumento de la proporción de la EPT con respecto a las precipitaciones, debido al aumento de las temperaturas. En la **Tabla 5-9** se presentan los datos del balance superficial y la **Tabla 5-10** el balance subterráneo. Los datos de aguas superficiales proyectados demuestran que las precipitaciones disminuyen en un **-31,4%** con respecto a las precipitaciones del período actual (2015-2020); lo mismo sucede con el caudal y la percolación, disminuyendo en un **-51,3%** y **-39,2%**, respectivamente. Por su parte, la disminución del balance subterráneo proyectado se explica en su mayor parte por la tendencia en las entradas al acuífero, que disminuyen en **-11,9%** en comparación con el período actual.

Tabla 5-9 Balance de agua superficial periodo proyectado 2021-2050, hm³/año

	US 1	US 2	US 3	US 4	US 5	Cuenca
Entradas	10,26	8,27	41,19	16,83	30,17	106,72
Precipitación (hm ³ /año)	10,26	8,27	41,19	16,83	30,17	106,72
Salidas	10,26	8,27	41,19	16,82	30,15	106,69
ET Real (hm ³ /año)	8,53	4,11	35,48	16,00	29,09	93,22
Escorrentía (hm ³ /año)	0,93	2,56	4,36	0,63	1,06	9,53
Recarga (hm ³ /año)	0,80	1,60	1,34	0,20	0,00	3,94
Variación humedad de suelo	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
Incremento en humedad del suelo (hm ³ /año)	9,41	6,22	37,20	15,50	27,15	95,49
Decrecimiento en humedad del suelo (hm ³ /año)	9,41	6,22	37,19	15,50	27,13	95,45
Balance	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Error respecto a precipitación (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: El **porcentaje de error** es calculado como el resultado del **balance** entre la **precipitación**, y tiene por objetivo poner en contexto el resultado del balance (**entradas-salidas-variación humedad de suelo=0**) respecto a las magnitudes de volúmenes de agua involucrados.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

Tabla 5-10 Balance de agua subterráneo periodo proyectado 2021-2050, hm³/año

	AC-01	AC-02	AC-03	AC-04	AC-05	AC-06	AC-07	SHAC
Entrada	4,48	0,29	1,95	1,85	4,45	1,83	4,01	18,86
Recarga (hm ³ /año)	0,05	0,29	0,30	0,66	1,28	0,44	0,92	3,94
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,44	-	1,65	1,19	3,17	1,38	3,10	14,93
Salidas	4,64	0,44	2,70	2,15	4,23	2,55	4,39	21,09
Flujo subt. (hm ³ /año)	4,64	0,44	2,40	2,15	4,23	2,55	4,10	20,51
Extracciones (hm ³ /año)	-	-	0,30	-	-	-	0,28	0,58
Variación del volumen almacenado	-0,16	-0,15	-0,75	-0,29	0,22	-0,72	-0,38	-2,23
Incremento (hm ³ /año)	0,04	0,25	0,22	0,60	1,20	0,35	0,78	3,43
Decrecimiento (hm ³ /año)	0,20	0,40	0,98	0,89	0,98	1,07	1,16	5,67
Balance (hm³/año)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Error de Balance	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: (1) Flujo subt. Corresponde al flujo subterráneo entre sectores acuíferos. Este flujo puede ser efluente o afluente.

(2) Incremento y decrecimiento corresponden a aumentos y disminuciones, respectivamente, del volumen de agua almacenado en los sectores acuíferos.

(3) El **error de balance** es calculado como el resultado del **balance** entre la **recarga**, y tiene por objetivo poner en contexto el resultado del balance (**entradas-salidas-variación del volumen almacenado=0**) respecto a las magnitudes de volúmenes de agua involucrados.

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

Al comparar el balance superficial proyectado con los balances hechos en los periodos históricos, se aprecia una disminución importante en la precipitación, que va desde un promedio anual de 156,38 hm³/año y 155,56 hm³/año para los periodos 1990-2014 y 2015-2020, respectivamente, hasta 106,72 hm³/año para el periodo 2021-2050. Esto representa una disminución de aproximadamente un 32% de la precipitación en el periodo proyectado con respecto al histórico, lo que se traduce en un descenso general de los demás componentes del balance hídrico superficial, es decir, también disminuyen fuertemente la evapotranspiración en relación con la precipitación, la escorrentía superficial y la recarga subterránea.

Como ya había sido comentado anteriormente en el apartado 4.1.2.2 Oferta proyectada, al comparar el periodo histórico con el proyectado, en este último se ve un aumento de la evapotranspiración respecto al total precipitado, es decir, se evapotranspira una mayor proporción de la precipitación que en el periodo histórico; esto es atribuido al hecho de que las proyecciones meteorológicas utilizadas indican un aumento sostenido de las temperaturas en relación al periodo histórico, lo que se traduce en el consiguiente aumento

de la evapotranspiración. En este aspecto, es importante mencionar que los valores de otras forzantes meteorológicas que también son influyentes en la estimación de la evapotranspiración, como lo son la humedad relativa, velocidad del viento y la fracción de nubosidad, en el periodo proyectado en realidad fueron asignadas en base a su comportamiento en periodo histórico, y no corresponden a proyecciones provenientes de modelos MCG, como sí lo son la precipitación y la temperatura.

Por otra parte, entre los balances de aguas subterráneas históricos y proyectados presentados, no se aprecian grandes diferencias a excepción de la ya comentada recarga subterránea. Esto más bien se debe a que, en la modelación, los flujos entre sectores acuíferos fueron especificados e impuestos con caudales constantes estimados a partir de la información disponible. Esto fue realizado procurando imponer valores razonables, y no vienen de una modelación más sofisticada que a futuro podría realizarse en la cuenca, que eventualmente podría entregar resultados más robustos y confiables; ya se ha comentado que esta modelación podría ser realizada correctamente solo en el caso de que se instrumente la cuenca y se cuente con estadísticas que alimenten un modelo complejo de aguas subterráneas. En síntesis, la mayoría de los componentes de los balances subterráneos (a excepción de la recarga) provienen de imposiciones realizadas en la modelación que obedecen a estimaciones hechas en base a la información existente en la cuenca, específicamente recabada en las campañas geofísicas, y no a resultados obtenidos de proyecciones a futuro.

5.2 Brechas hídricas

Las brechas hídricas en la cuenca se identifican como resultado del diagnóstico de la línea base realizada para el presente estudio. Esta información es presentada según la estructura planteada para la formulación del plan, siendo aquellas las que se indican en la **Figura 5-2**.

- **Seguridad Hídrica para las Personas:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en infraestructura hidráulica, demandas actuales y futuras en el consumo humano y saneamiento. Consiste en la provisión de agua para consumo humano y saneamiento, en cantidad, calidad y en la oportunidad requerida para un desarrollo adecuado a nivel individual y colectivo, ya sea en condiciones urbanas o rurales. Se realizó un análisis de la seguridad hídrica para las personas, en localidades urbanas abastecidas por la empresa sanitaria Nueva Atacama. No se identificó consumo de agua de tipo no urbano dentro de esta cuenca, ya que todas las localidades son abastecidas por la empresa sanitaria; y las instalaciones mineras (como El Salvador), son abastecidas por las empresas mineras correspondientes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2 Ejes de la Planificación Estratégica

- **Seguridad Hídrica para los ecosistemas:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en aspectos de la situación actual en los ecosistemas acuáticos y terrestres de la cuenca, así como los pasivos ambientales presentes. Se refiere a la provisión de agua y condiciones de protección, soporte territorial, estudio y otros para la mantención de los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos presentes en la cuenca.
- **Seguridad Hídrica para las actividades productivas:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en demandas actuales de cada sector productivo (minería, agricultura, pecuario), estado de la infraestructura, proyecciones, limitaciones y desarrollo futuro para la satisfacción de la demanda de dichas actividades. Las actividades productivas que dependen de la provisión de agua en la cuenca corresponden principalmente al desarrollo minero, asociado a grandes faenas como CODELCO División Salvador, y otras de menor tamaño como la Planta de ENAMI en El Salado.

-
- **Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en los eventos siconaturales presentes en la cuenca.
 - **Gestión institucional:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en el estado actual de la información en recursos hídricos, coordinación entre actores, gestión y fiscalización del recurso.
 - **Gobernanza:** síntesis de los antecedentes de implementación de una gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuenca.

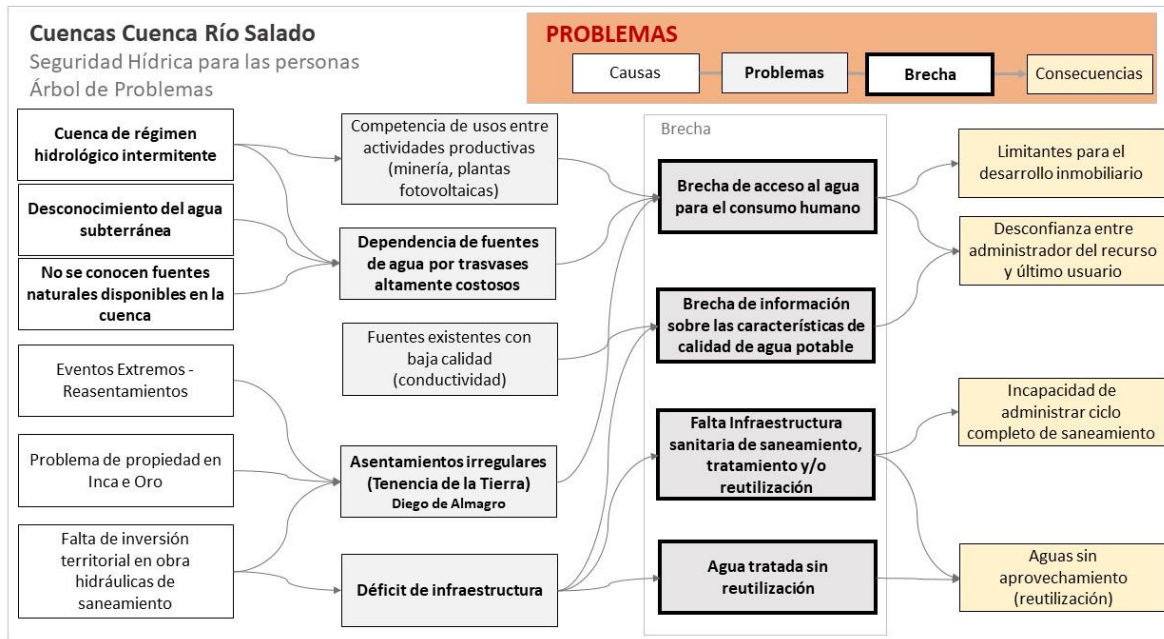
5.2.1 Seguridad Hídrica para las Personas

En el año 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), de manera segura, aceptable, asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la fuente debe estar a menos de 1.000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos)²⁷.

En consecuencia, la **seguridad hídrica para las personas** aborda la capacidad de la cuenca, instituciones públicas, organizaciones privadas y la disponibilidad de infraestructura sanitaria, para proveer agua en cantidad, calidad y en la oportunidad requerida por el consumo humano, de manera tal que se cumpla con los estándares definidos por Naciones Unidas.

En la cuenca río Salado, el problema central identificado es la **baja disponibilidad de agua para consumo humano**, lo que se refleja en el trasvase que se realiza desde Caldera hasta Chañaral, que representa el 51% de toda el agua potable consumida en la cuenca (ver **Figura 5-3**).

²⁷ Revisado en <https://www.un.org/es/global-issues/water>



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

Figura 5-3 Árbol de Problemas para la seguridad hídrica de las personas

La cuenca río Salado cuenta, en general, con escasas fuentes naturales de abastecimiento de agua, y según declaran los usuarios y actores locales, algunas de las fuentes (como los pozos que abastecían a la localidad de Diego de Almagro), vieron reducida la calidad de las aguas producto de la actividad minera. En consecuencia, hoy se dispone de una planta de ósmosis para abastecerlos de agua para consumo humano.

Según los antecedentes se definen las siguientes brechas para la seguridad hídrica para las personas:

5.2.1.1 BPER 1. Brecha de acceso al agua para el consumo humano

A partir de los antecedentes disponibles, se realizó el cálculo de la brecha hídrica para el consumo humano, que determinó el volumen de agua que resta por ser provisto, de manera de cumplir con los estándares definidos en el ODS 6. Esta información se presenta en la **Tabla 5-11**.

Tabla 5-11 Síntesis de la brecha hídrica para las personas. Abastecimiento

Localidad	Nº Personas total	Nº Abastecidas (APU)	Nº Abastecidas (otras fuentes)	Brecha (Nº)	Brecha (%)
Chañaral	11.073	9.924		1.149	10,4%
Diego de Almagro	7.207	6.772		435	6,0%
Inca de Oro	316	418*		0	0,0%
El Salado	699	677		22	3,1%
El Salvador	6.032		6.032	0	0,0%
Total	25.327	17.791	6.032	1.606	6,3%

*Incluye población censada y población en sectores no urbanos abastecidos por el 52bis (SISS, 2021)

Con estos resultados, se identifica a la ciudad de Chañaral como aquella con una mayor brecha en términos de abastecimiento de agua potable, es decir, según estas cifras 1 de cada 10 personas no cuenta con este servicio a nivel comunal. Por otro lado, la brecha es menor en la comuna de Diego de Almagro y en la localidad de El Salado. Por último, se considera la ciudad de El Salvador con una brecha del 0% al ser provista en su totalidad por las actividades mineras de CODELCO DSAL. Adicionalmente, datos del Censo (INE, 2017) muestran que en la comuna de Chañaral, 8,9% de la población depende de camiones aljibes; mientras que en Diego de Almagro, esta cifra es de 7,8%, siendo parte importante de las brechas asociadas al abastecimiento, en la medida en que se trata de población que no cuenta con acceso directo a agua potable urbana.

En ese sentido, la **Tabla 5-12** muestra los datos del número de personas sin abastecimiento de agua potable, calculando una dotación mínima de 50 l/hab/día y hasta 140 l/hab/día, de manera que se permita determinar la brecha asociada a consumo humano.

Tabla 5-12 Brecha según dotación para consumo humano

Localidad	Número de personas sin abastecimiento	Brecha según dotación de 50 l/hab/día (hm ³ /año)	Brecha según dotación de 140 l/hab/día (hm ³ /año)
Chañaral	1.149	0,02	0,06
Diego de Almagro	435	0,01	0,02
Inca de Oro	0	0,00	0,00
El Salado	22	0,00	0,00
El Salvador	0	0,00	0,00
Total	1.606	0,03	0,08

Fuente: Elaboración propia en base a datos SISS (2021)

Las localidades de Diego de Almagro e Inca de Oro, ambas en la comuna de Diego de Almagro, ven restringido el crecimiento poblacional, y particularmente el número de viviendas, dada la no disponibilidad de agua para consumo humano.

5.2.1.2 BPER 2. Brecha de información sobre las características de calidad de agua potable

Un problema transversal a la hora de evaluar la seguridad hídrica de las personas es el “sabor del agua”. Es generalizada la opinión de que el agua tiene mal sabor, no obstante, se han realizado inversiones para mejorar los estándares de cumplimiento de la normativa NCh 409, incluyendo la localidad de Chañaral (Nueva Atacama, 2020).

Mejorar los estándares de cumplimiento de la normativa respecto de la calidad del agua, permitiría sustentar la información respecto de las características del agua potable. Si bien aumentar los estándares de cumplimiento no solucionaría a corto plazo la calidad del agua potable, sí permitiría tener mayor información sobre las características del agua a los usuarios, incidiendo directamente en la percepción que se tiene respecto de la calidad del agua potable.

5.2.1.3 BPER 3. Falta infraestructura sanitaria

En complemento, se evaluó la componente de acceso al saneamiento de las personas que habitan en la cuenca, la que se presenta en la **Tabla 5-13**.

Tabla 5-13 Síntesis de la brecha de acceso al Saneamiento

Localidad	Nº Personas total	Nº Per con saneamiento (APU)	Brecha (Nº)	Brecha (%)	PTAS	Reutilización
Chañaral	11.073	10.386	686	6,2%	No	No
Diego de Almagro	7.207	7.062	144	2,0%	Si	No aplica
Inca de Oro	316	0	316	100,0%	No	No aplica
El Salado	699	699	17	2,5%	Si	No aplica
El Salvador	6.032	6032	0	0,0%	Si	No aplica
Total	25.327	24.179	1.163	4,6%		

Fuente: Elaboración propia en base a datos SISS (2021)

A partir de esta información, se concluye que existe cerca de un 95,4% de saneamiento de aguas servidas en las localidades de la cuenca río Salado. Sin embargo, a pesar de este porcentaje, la localidad de Chañaral e Inca de Oro no cuentan con tratamiento de aguas servidas, por lo tanto, persiste una brecha respecto al acceso al saneamiento real de las aguas, puesto que en la práctica sólo se trata de una red de recolección de aguas que no son tratadas.

Adicionalmente, es importante mencionar que, si bien esta cifra es alta, aún existen localidades como Inca de Oro que no cuentan con red de recolección. Sin embargo, dentro del Plan de Desarrollo de Inca de Oro está contemplada la construcción de una red recolectora.

En ese sentido, existe una brecha en términos de acceso al saneamiento en las localidades de Chañaral y de Inca de oro, al no contar con planta de tratamiento, **representando el 44,97% del total de población de la cuenca.**

5.2.1.4 BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización

Actualmente, no se cuenta con un sistema de tratamiento secundario ni de reutilización de las aguas servidas en la localidad de Chañaral. Según el Plan de Desarrollo Caldera-Chañaral, la ciudad de Chañaral tiene un tratamiento preliminar de aguas servidas con un proceso primario. Después del pretratamiento estas aguas son enviadas a través de un emisario submarino al Océano Pacífico. En comparación con otras localidades costeras (en la cuenca Costeras e Islas entre río Salado y río Copiapó), como Caldera, estas aguas son devueltas al Océano Pacífico sin la posibilidad reutilización que podría tener la localidad al disponer de un tratamiento secundario.

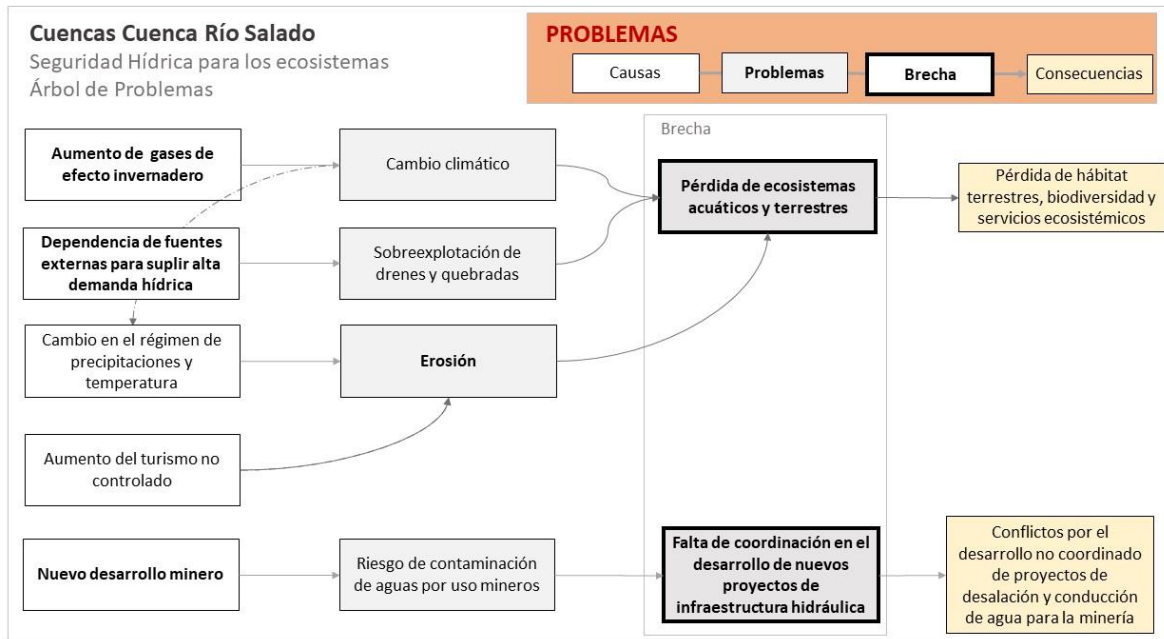
Al ser consultados, desde Nueva Atacama señalan que esta brecha se debe principalmente a las definiciones establecidas en la "empresa modelo" empleada por la SISS para definir las tarifas del servicio en localidades costeras, la que no considera tratamiento secundario ni reutilización, sólo emisarios submarinos. Por otro lado, evaluaciones de la empresa sanitaria indican que la construcción de un sistema de saneamiento completo podría aumentar las tarifas del agua hasta en un 45% en esta localidad.

Complementariamente, en la localidad de Inca de Oro, no se cuenta con una sistema de tratamiento de aguas servidas. Finalmente, Diego de Almagro, tras el tratamiento de sus aguas servidas vierten al cauce del río Salado, y que permiten su reutilización por otros usuarios como las que realiza la minera ORCA y la planta de ENAMI.

5.2.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

Los ecosistemas de una cuenca constituyen una macro infraestructura verde que permite la continuidad del ciclo hidrológico, renovando las fuentes de agua superficiales y subterráneas. En este sentido, la relevancia de los ecosistemas es recogida dentro del Objetivo de Desarrollo N°6, Agua Limpia y Saneamiento, así como en el Objetivo N°15, Vida de los Ecosistemas Terrestres. Complementariamente, el Objetivo N°14 considera explícitamente a la Vida Submarina.

El análisis de la cuenca concluyó que el problema central de este punto es la **pérdida y deterioro de ecosistemas**, lo que resulta en pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ecosistémicos a nivel de ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos (ver **Figura 5-4**).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4 Árbol de Problemas para ecosistemas

El problema central tiene varias causas que interactúan de distintas formas, tanto dentro de la cuenca como fuera de esta. En primer lugar, existe un uso minero del agua que es intensivo en proporción a los consumos de la cuenca, ya que supera el 90% del consumo efectivo de agua, el cual viene principalmente desde un trasvase proveniente de aguas superficiales y subterráneas del Salar de Pedernales. Si bien estos efectos ocurren fuera de la cuenca, sí lo hacen con ocasión del ejercicio de las aguas dentro de la misma, por lo que deben ser considerados, a lo menos como referencia.

5.2.2.1 BECO 1. Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales

En esta línea, en diciembre de 2020 CODELCO División Salvador (DSAL) alcanzó un avenimiento con el Consejo de Defensa del Estado²⁸, el cual contempla medidas en relación al Salar de Pedernales, el dren de Agua Helada, tranque La Ola y otros, pero también a las quebradas de agua dulce que se encuentran en la parte alta de la cuenca río Salado, en su vertiente norte. Estas quebradas son fuente de aguas superficial, y abastecen parte de la

²⁸ Revisado en https://www.CODELCO.com/tribunal-ambiental-de-antofagasta-aprueba-acuerdo-entre-el-cde-y-CODELCO/prontus_CODELCO/2020-12-30/091816.html

actividad de DSAL, así como a las localidades de Diego de Almagro e Inca de Oro (particularmente desde los drenes La Finca e Inca de Oro). Las quebradas afectadas son Quebrada Larga, Ciénaga, Colorados, Las Trojitas y Acerillos; las que se presentan en el numeral 2.1.2 de este informe.

Estas quebradas albergan vegas y humedales que cumplen distintos servicios ecosistémicos dentro de la cuenca, parte de los cuales están relacionados con la regulación del ciclo hidrológico, a la mantención de la biodiversidad local (flora y fauna), así como los modos de vida de las comunidades indígenas que habitan el territorio. La extracción de agua se realiza mediante drenes en forma de "espina de pescado", y cuenta con derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de tipo consuntivo. Si bien el uso se remonta a varias décadas atrás, no existe un seguimiento de las extracciones de agua en términos de volumen, ni menos una evaluación de los efectos acumulativos sobre la vegetación de estos humedales en términos de extensión, diversidad y abundancia de especies.

La brecha hídrica para los ecosistemas acuáticos corresponde en términos generales al déficit de agua requerida para mantener un caudal ecológico mínimo en los cauces principales de la cuenca, así como en humedales y otros cuerpos de agua. Sin embargo, no se cuenta con una estadística suficiente del caudal que normalmente fluye por el río Salado, por lo que no es posible estimar con certeza el caudal ecológico. Se agrega a esto el carácter torrencial del escurrimiento, con fuertes variaciones estacionales y, sobre todo, por eventos externos con largos períodos de recurrencia.

5.2.2.2 BECO 2. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura hidráulica

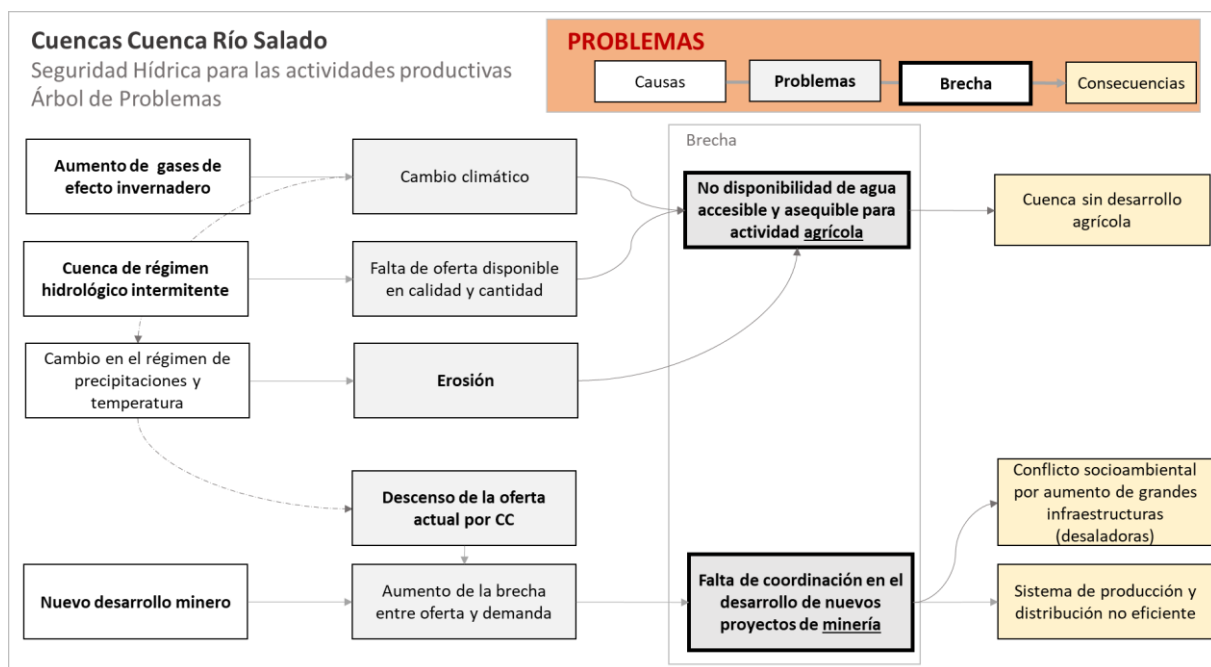
En los talleres de participación ciudadana se identificaron los conflictos ambientales que existen tanto en el borde costero como en el territorio, producto de la desalación de agua de mar y la posterior conducción hacia el interior. El conflicto tiene tres niveles:

1. Saturación del espacio disponible asociado al borde costero por la multiplicidad de proyectos, e incertidumbre sobre efectos acumulativos en el largo plazo.
2. Saturación del territorio por los acueductos que se construyen para conectar a los proyectos mineros.
3. Saturación indirecta producto de los proyectos energéticos requeridos para la impulsión de agua.

5.2.3 Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas

Las actividades productivas son la base de la producción alimentaria, así como productos y servicios que permiten el desarrollo de las personas y de una economía local. En este sentido, se busca proveer de la demanda de agua de cada actividad, al mismo tiempo que el uso del agua se realice en forma eficiente, y que el consumo de agua dulce se encuentre dentro de niveles sostenibles de estrés hídrico para la cuenca (Meta 6.4 del ODS N°6).

El problema central identificado es la descoordinación en el desarrollo hídrico de la minería, lo que resulta en limitantes para el mismo desarrollo de los proyectos mineros producto de mayores costos de producción, asociados a ineficiencias en sistemas de distribución y conflictos por el uso del territorio a distintas escalas (ver **Figura 5-5**).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-5 Árbol de Problemas para las actividades productivas

Los proyectos mineros representan el principal consumo de agua dentro de la cuenca río Salado. En particular, CODELCO Salvador y su continuación, Rajo Inca, se abastecen de un trasvase de aguas superficiales y subterráneas provenientes de la cuenca del Salar de Pedernales y están sujetos a la disponibilidad de esta fuente, así como los conflictos socioambientales que pudieran derivarse de la misma. En cambio, otras faenas mineras en la cuenca, como la planta de ENAMI en El Salado y minera ORCA, se abastecen a partir de las aguas que tiene el río Salado. Según se verificó con responsables de ENAMI, no han tenido registros de falta de agua para sus operaciones.

Sin embargo, existen nuevos proyectos como Diego de Almagro y Santo Domingo, ambos en la comuna de Diego de Almagro, que se alimentarán de agua de mar a partir de instalaciones disponibles en el borde costero y líneas de conducción hasta la faena.

En términos generales, el desarrollo de la industria minera en la región de Atacama, y principalmente la minería de cobre, se caracteriza por una evolución desde el uso de aguas continentales hacia el uso de agua de mar para sus procesos. Esto se debe principalmente a la baja disponibilidad de agua en las fuentes naturales, lo que ha derivado en conflictos socioambientales y la migración de sus fuentes.

En este contexto se definen las siguientes brechas para la seguridad hídrica para las actividades productivas:

5.2.3.1 BPRO 1. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros

Si bien este proceso de migración de agua continental hacia el agua desalada, ha permitido resolver la disponibilidad de agua mediante desalación para proyectos mineros individuales, el aumento en la demanda ha resultado en una proliferación de proyectos de desalinización que se encuentran en evaluación, los que a su vez llevan asociadas líneas de distribución y fuentes de impulsión. Este aumento no coordinado se debe, entre otras múltiples causas, a la dispersión de los proyectos mineros dentro del territorio, así como a las diferencias y certezas en los plazos de implementación y de operación.

Este nuevo proceso resulta en el resurgimiento de los conflictos socioambientales, por un lado, por ordenamiento del borde costero y efectos sinérgicos no conocidos respecto de la operación de las mismas plantas, como por la proliferación de proyectos de conducción (lineales) y de soporte energético (areales), para los cuales no existe una política o plan de ordenamiento territorial.

Esto lleva a la superposición de los puntos de producción de agua, así como de líneas de conducción. El sistema se construye inorgánicamente, conectando puntos distantes, pero no constituye una red interconectada de producción, transporte y distribución de agua. Además de los conflictos socioambientales que surgen por el uso descoordinado del territorio, existe además una evidente falta de eficiencia en la operación, que duplica o triplica la inversión en infraestructura, y que no proporciona niveles mayores de seguridad hídrica que resulta de la posibilidad de interconectar distintos puntos de aporte de agua, sean estas aguas desaladas, aguas reutilizadas, aguas de fuentes naturales superficiales o subterráneas.

En la **Tabla 5-14** se presenta la demanda de agua para uso minero dentro de la cuenca, y la demanda proyectada al año 2050, y la brecha, entendida desde la capacidad de la cuenca de proveer la demanda requerida. En la actualidad, dado que no existen recursos disponibles, la brecha se resuelve mediante trasvases provenientes desde cuencas altiplánicas, y a futuro se proyecta el aporte de agua de mar, ya sea en forma natural o desalinizada.

Tabla 5-14 Síntesis demanda y brecha actual y proyectada, según actividad minera (hm³/año)

Faena	Demanda actual	Demanda Proyectada	Brecha Actual	Brecha Proyectada (hm³/año)	Fuente de agua alternativa
CODELCO División Salvador (Rajo Inca)	27,1	27,1	-27,1	-27,1	Trasvase desde Salar de Pedernales
ENAMI Planta El Salado	0,3	0,3	0,0	0,0	Río Salado
Minera Santo Domingo	--	3,5	--	-3,5	Agua de Mar sin tratamiento (salvo para riego de acopios en el puerto asociado, fuera de la cuenca)
Minera Diego de Almagro	--	9,8	--	-9,8	Agua de Mar sin tratamiento
Total (hm³/año)	27,4	40,7	-27,1	-40,4	

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.2 BPRO 2. No existe disponibilidad de agua accesible y asequible para actividad agrícola

El agua que se encuentra disponible en la cuenca tiene restricciones por cantidad y calidad para su uso directo en agricultura. En complemento, el agua disponible mediante desalación se produce a un costo elevado, el que excede la capacidad de pago de la actividad agrícola.

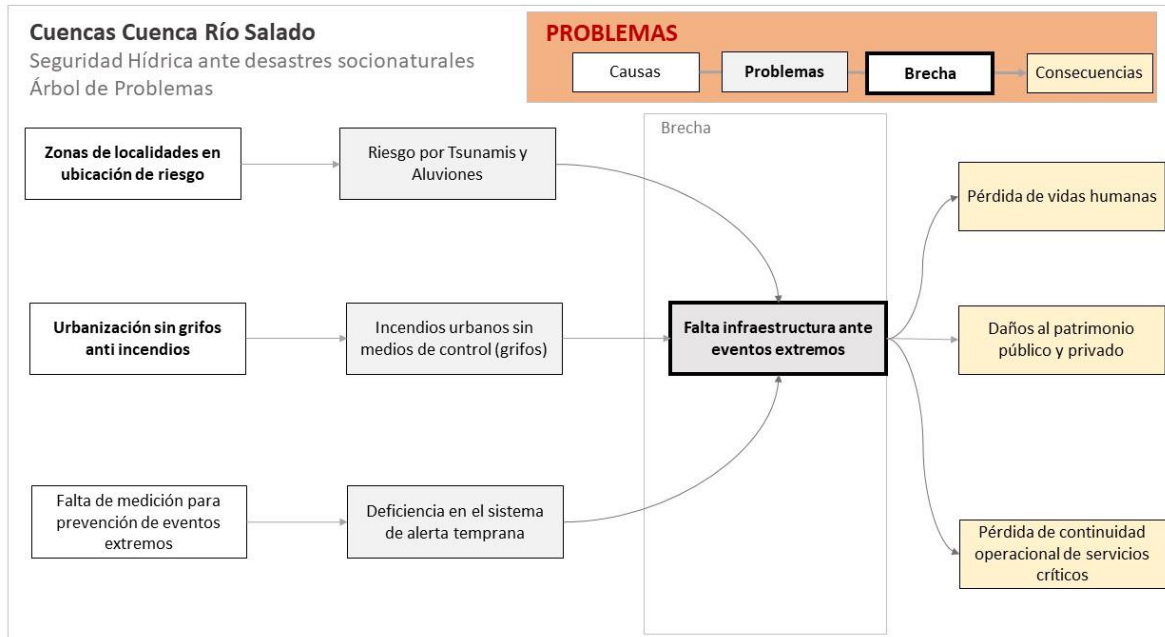
En consecuencia, se requiere de fuentes alternativas de agua que promuevan el desarrollo de la agricultura local, aunque sea en modo incipiente o de subsistencia. En base a las entrevistas realizadas en el marco de las visitas en terreno con representantes de comunidades indígenas, se identificó la posibilidad de reutilizar el agua, que ha sido trasvasada desde otras cuencas, para otros fines como la agricultura, debido a la preocupación respecto a la no disponibilidad de agua accesible y asequible para actividades agrícolas de subsistencia de algunas comunidades, dentro de la cuenca río Salado.

5.2.4 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos

El Objetivo de Desarrollo N°15, Acción por el Clima, en su Meta 13.1, recoge la necesidad de fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres de origen natural.

En la cuenca río Salado, el problema central identificado es la alta vulnerabilidad ante eventos extremos, y las consecuencias principales están asociadas a la pérdida de vidas

humanas, daños al patrimonio público y privado, y pérdida de continuidad operacional de servicios críticos (ver **Figura 5-6**).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-6 Árbol de Problemas ante Eventos Extremos

La vulnerabilidad ante eventos extremos se debe, principalmente, al aumento en la frecuencia con que ocurren eventos de precipitación extrema, los que han puesto a prueba a los asentamientos humanos y la infraestructura asociada, con sendas pérdidas de vidas humanas y activos públicos y privados.

A continuación, se definen las brechas para la seguridad hídrica ante eventos extremos:

5.2.4.1 BDES 1. Falta de infraestructura para defensas fluviales ante eventos extremos

En la cuenca se tiene una escasa regulación del uso de territorio respecto de las áreas de restricción ante eventos hídricos del tipo aluvional, producto principalmente de lo espaciado de los eventos registrados en el pasado. De esta forma, los eventos de precipitación registrados en 2015 y 2017 pusieron de manifiesto el uso inadecuado del territorio. De la misma forma, los cauces naturales no contaban con defensas fluviales u otras obras que permitieran encauzar o disipar los volúmenes o energía aportados por cada crecida. Esta vulnerabilidad se ve acrecentada por la escasez de fuentes locales de agua, y la necesidad de trasvasarla desde otras cuencas o fuentes. En particular, el trasvase que se realiza entre

Caldera y Chañaral se ve expuesto tanto a aluviones como a tsunamis, estando en riesgo de verse interrumpido por alguno de estos tipos de eventos.

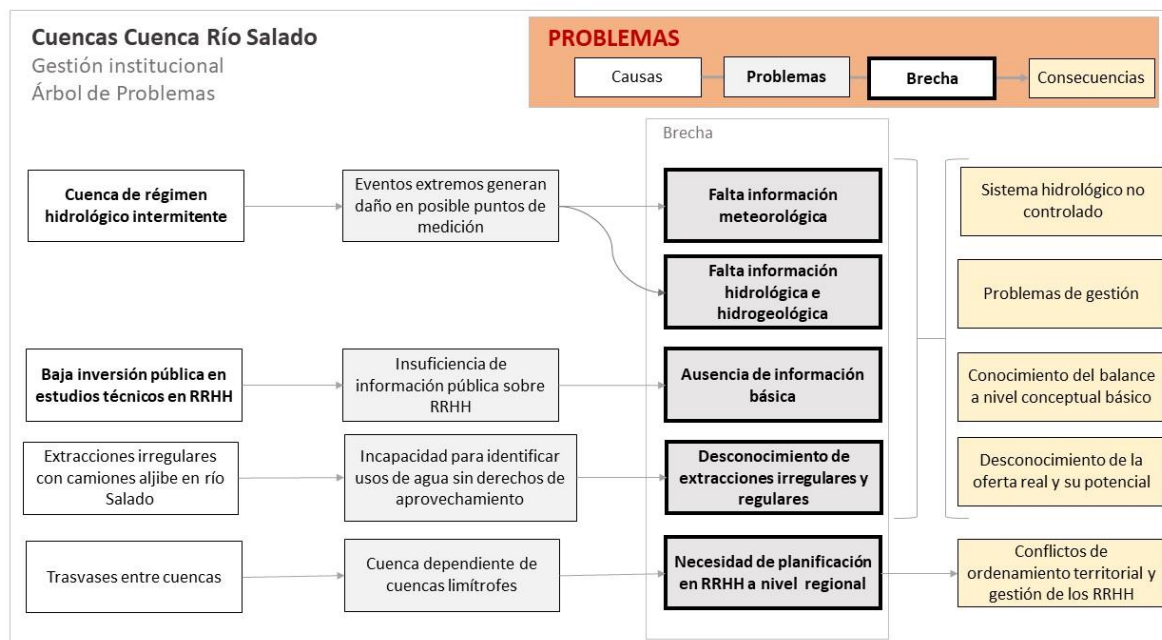
Estas problemáticas reflejan la necesidad de conformar mejores modelos de gobernanza y coordinación entre actores, con el importante rol que pueden jugar las instituciones locales y la gestión comunitaria ante eventos extremos. En línea con ello, el estudio de caso sobre gestión del riesgo en Copiapó, concluye respecto a la importancia de la gestión local del riesgo y de avanzar hacia una reducción eficiente de éstos, lo que implicaría una importante transformación de la estructura de oportunidades. Se considera que es trascendental avanzar hacia una gobernanza del riesgo, con ejercicios políticos y administrativos que potencien la participación de la comunidad, de manera que se logren tomar decisiones de manera conjunta para sobrellevar de mejor forma los desastres que puedan ocurrir en el territorio (Silva, 2018).

5.2.5 Gestión Institucional

La Gestión Institucional agrupa a un conjunto de aspectos relevantes respecto de la gestión de los recursos hídricos en la cuenca, en particular respecto de la disponibilidad de información, capacidad de fiscalización y control de usos del agua, así como también la organización de los usuarios del agua y la coordinación público-privada dentro del marco de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, el cual es recogido dentro de la Meta 6.5 del ODS N°6.

El problema central identificado es la deficiencia de información sobre el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de agua en la cuenca, así como el conocimiento de los recursos hídricos y fuentes naturales. Esto trae como consecuencia la falta de control efectivo sobre las extracciones de agua, problemas o limitantes a la gestión, producto de la incertidumbre respecto de las consecuencias del manejo actual, y ciertamente problemas sobre el manejo de los ecosistemas que son empleados para proveer de agua (ver **Figura 5-7**).

Complementariamente, en la cuenca no existen organizaciones de usuarios de agua, ni instancias público-privadas que permitan una gestión conjunta del territorio y los recursos hídricos. Si bien parte de esto se debe a que las fuentes de agua son principalmente externas, esto no obsta a que se establezcan coordinaciones sobre la provisión de recursos, la distribución de éstos, y la eficiencia en el uso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-7 Árbol de Problemas de Gestión

5.2.5.1 BGES 1. Falta de información meteorológica ante eventos extremos

El estado actual (ver sección 2.4.3) de la cuenca a nivel de medición y control de parámetros meteorológicos y fluviométricos es el siguiente:

- Estaciones meteorológicas (2): Las Vegas (03210001-5) y Potrerillos (03201001-6)
- Estaciones fluviométricas (0).

La resolución DGA N° 22 del 10 de enero de 2020 define el protocolo ONEMI y la DGA para el monitoreo y alerta del sistema Nacional de Protección Civil frente a riesgos de aluviones, crecidas, etc. De esta forma la DGA mantiene instrumentada la medición en tiempo real para este fin.

El informe SIT 481 de la DGA, Diagnóstico para la implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos, consideró como “crítica” la estación Potrerillos, ya que permite generar una alerta de 2,32 horas a la localidad de Diego de Almagro. Es importante mencionar que para poder entregar un producto actualizado se considera la estación Quebrada Potrerillos, la cual entró en vigor en el año 2021.

Adicionalmente, dicho estudio propone la construcción de un pozo de observación del acuífero, propuesta que es considerada para la brecha siguiente (BGES 2).

5.2.5.2 BGES 2. Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca

Como se ha comentado, la cuenca no dispone de información fluviométrica, sin embargo, tampoco dispone de mediciones que permita disponer una referencia para la calibración de los modelos hidrológicos. No existen pozos de observación o información de terceros que se haya podido utilizar para la conceptualización del modelo hidrogeológico.

En concordancia con el punto anterior, en la cuenca se encuentran usuarios importantes, como empresas mineras (CODELCO Salvador y ENAMI), sanitarias (Nueva Atacama), academia y los grupos de la sociedad civil indicados en los puntos 2.6 del presente informe. Dichos usuarios disponen de información relevante para los recursos hídricos que permitiría tener un conocimiento más amplio y abierto para todos los usuarios. La entrega y recopilación es un punto clave para la cuenca.

5.2.5.3 BGES 3. Ausencia de información básica y de modelación

Si bien se realizó una campaña geofísica para la caracterización de la cuenca, se requiere de estudios adicionales que permitan precisar la potencial subdivisión de acuíferos, entre otros aspectos relevantes presentados en el Anexo H, Sección 3.16, que se enumeran según los siguientes puntos:

- Inexistencia de información para poder generar un modelo numérico calibrado con datos observados.
- Incertidumbre de flujos entre acuíferos.
- Coeficientes de infiltración considerados desde la campaña geofísica, lo que genera resultados de recarga con un grado de incertidumbre importante, ya que dicho parámetro puede variar su valor en 6 órdenes de magnitud.

5.2.5.4 BGES 4. Desconocimiento de las extracciones regulares e irregulares

Actualmente existen actores que realizan extracciones de aguas subterráneas en forma significativa, sin embargo, los métodos de captación de agua son del tipo "pozos dren", sin registro de las extracciones efectivas.

En particular, la extracción de agua desde humedales se realiza mediante instalaciones antiguas, las que no cuentan con ningún sistema de registro de los volúmenes de agua efectivamente extraídos. De esta forma, no es posible llevar un registro de la actividad, ni definir límites para la misma.

En el caso de las extracciones desde el río Salado, los actores de la cuenca mencionaron que se producen tomas de agua por parte de camiones aljibe desde el río Salado, sin que exista un registro de tal actividad ni menos certeza de la validez de la misma. Estas aguas

estarían siendo destinadas al riego de caminos, mantención de parques fotovoltaicos, y operaciones mineras de menor tamaño, entre otras.

Según las actividades de participación ciudadana se concluyó que las municipalidades no tienen las herramientas suficientes para evitar extracciones irregulares que se producen principalmente desde el cauce del río Salado, por lo que se necesita una coordinación en conjunto entre instituciones para evitar extracciones no regulares.

De esta forma, el desconocimiento sobre las extracciones es multifactorial y tiene relación tanto con problemas para identificar extracciones irregulares en la cuenca río Salado, como también respecto al desconocimiento sobre el volumen que se extrae en diferentes puntos, de manera que es una brecha asociada a la falta de herramientas que permitan tener mayor información tanto de la existencia de extracciones como del volumen de agua.

5.2.5.5 BGES 5. Necesidad de una planificación de recursos hídricos a nivel regional

El uso de los recursos hídricos en la cuenca excede largamente las fuentes naturales de la misma, ya que el agua que hoy recibe proviene principalmente de trasvases de agua desde humedales cordilleranos, o bien desde pozos de agua que se encuentran en el valle de Copiapó, y agua de mar desalada.

En este contexto, el agua se utiliza en forma interconectada a nivel regional, excediendo el territorio de la cuenca. Por lo tanto, se requiere de una planificación estratégica que concilie estos flujos de agua a nivel regional, con el propósito de optimizar la provisión de agua, el uso de infraestructura compartida y alcanzar la seguridad hídrica.

5.2.6 Gobernanza

Un sistema de gobernanza se refiere a la coordinación existente entre los actores públicos y privados para la implementación de una gestión integrada de recursos hídricos, y que va más allá del cumplimiento de las funciones específicas de estos actores. En la cuenca se identificó la siguiente brecha.

5.2.6.1 BGOB 1. No existe una gobernanza hídrica en la cuenca

La cuenca no tiene definida una organización de actores públicos y privados que permita construir un plan de largo plazo. Dentro de las necesidades de la cuenca a nivel de gobernanza se destaca la necesidad de ordenamiento respecto a la infraestructura de producción y distribución de agua proveniente de otras cuencas o desaladoras. En este sentido la cuenca no dispone de capacidades para el diseño, implementación y operación de infraestructura compartida para la producción, transporte y distribución de agua.

Entendiendo que es un problema transversal a las cuencas colindantes al territorio en estudio, la presente brecha se define como una brecha regional.

5.3 Sustentabilidad de acuíferos

La Dirección General de Aguas realiza un análisis para conocer el estado actual de los acuíferos según la explotación actual y la recarga natural disponible. De esa forma se determina un volumen sustentable. Debido a la complejidad de dicho análisis se precisa un modelo numérico hidrogeológico que permita disponer de resultados de este. En este contexto, el presente plan realizó un levantamiento de información necesario para la creación de un modelo hidrogeológico conceptual como primer hito (Anexo K).

Como recomendación de mejora, se debe realizar un estudio que permita la generación de un modelo numérico con la información levantada, o complementando si es necesario con estudios geofísicos de suma importancia para ampliar dicha información. Con los resultados actuales, podemos indicar que existen un caudal otorgado para derechos subterráneos de 30,44 l/s (DGA, 2021) que equivalen a 0,96 hm³/año. La recarga natural del acuífero para el periodo histórico de 7,77 hm³/año, lo que nos indica que el SHAC río Salado tiene una extracción sustentable en el tiempo, sin embargo, como se ha comentado anteriormente, dicho resultado debe ser verificado con un modelo numérico.

5.4 Indicadores hídricos de la cuenca

Los indicadores hídricos reflejan el estado actual de la cuenca según la línea base levantada, tanto de información primaria como secundaria, y los resultados del modelo hidrológico. Los indicadores presentan de una forma específica y medible aquellos aspectos a seguir para hacer seguimiento a la ejecución del plan y su comparación con otras cuencas limítrofes. Cada uno de los indicadores fue calculado en base a la información disponible, el cálculo de cada uno se muestra en el **Anexo F6. Indicadores**.

De esta forma se diferencian tres tipos de indicadores: estado, impacto y proceso.

- **Indicadores de Estado:** corresponden a variables hidrológicas e hidrogeológicas que cambian en el tiempo por parámetros meteorológicos o acciones antrópicas. El seguimiento del indicador no busca llegar a un meta objetivo, sino reflejar un estado general de la cuenca.
- **Indicadores de Impacto:** corresponden a variables de estado de la cuenca de los ejes de seguridad hídrica, o de la institucionalidad y gobernanza. Para estos indicadores, se dispone de un estado de línea de base (actual) y un estado deseado al final del Plan Estratégico. Con el propósito de alinear los Planes Estratégicos con estándares internacionales y reforzar el concepto de Gestión Sostenible de Recursos Hídricos, es que se incorporó como Indicadores de Impacto a los Indicadores asociados a las metas del ODS N°6, Agua Limpia y Saneamiento.

-
- **Indicadores de Proceso:** corresponden a variables que describen la ejecución de una acción o proceso, ya sea de ejecución única, eventual o permanente. En este caso, se aplican a la verificación de la implementación de las iniciativas del Plan Estratégico.

5.4.1 Indicadores de Estado

A continuación, se definen y, posteriormente, determinan los indicadores de estado de la cuenca.

5.4.1.1 Definición

Se definen los Indicadores de Estado como aquellas variables de estado de la cuenca o de los sistemas que la componen, y que funcionan para comparar el rendimiento real de una medida determinada con un objetivo.

En la **Tabla 5-15** se presentan los indicadores hídricos de estado de la cuenca, que preceden a los indicadores de proceso descritos en el numeral 9.1.1.

5.4.1.2 Cuantificación

Una vez definidos los indicadores, se presentan los valores actuales de los indicadores de impacto y los proyectados (**Tabla 5-16**).

Se espera mantener y aumentar el volumen almacenado en los acuíferos, asegurando así la sustentabilidad de estos, mediante las iniciativas descritas en el numeral 7 del presente informe.

Tabla 5-15. Definición de Indicadores de Estado

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología
1.1	Variación de la oferta Naturalizada	%	Caudal disponible en la cuenca sin intervención del hombre, respecto al valor de referencia (histórico)	Resultado del modelo WEAP - MODFLOW. Caudal medido en desembocadura Valor de referencia: últimos 30 años
1.2	Volumen embalsado en SHAC	hm ³	Volumen de agua contenido en los SHAC de la cuenca, respecto al valor de referencia (histórico)	Estimación mediante balance de recarga y extracciones. Complemento con niveles de acuífero registrados en pozos de observación. Promedio anual del periodo (10 años) Valor de referencia: últimos 30 años
1.3	Variación del volumen almacenamiento SHAC	%	Variación del volumen almacenado dentro de un periodo estudiado, respecto al valor de referencia (histórico)	Resultados del modelo WEAP - MODFLOW. Sumatorio de la variación del volumen almacenados en los SHAC como promedio anual del periodo (10 años) Valor de referencia: últimos 30 años
1.4	Brecha hídrica total	hm ³ /año	Brecha hídrica anual de agua para las personas, ecosistemas y actividades productivas	Suma de las estimaciones parciales de la brecha hídrica para personas, ecosistemas y actividades productivas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-16. Cuantificación de Indicadores de Estado

Indicador	Volumen anual (hm ³ /año)			Variación (%)	
	Periodo histórico	Periodo actual	Periodo Proyectado	Actual	Proyectada
Variación de la oferta Naturalizada	19,42	19,60	9,53	0,9%	-50,9%
Volumen embalsado en SHAC	18.976	18.976	18.924	0,0%	-0,3%
Variación del volumen almacenamiento SHAC	-1,6	0,31	-2,23	-119,4%	39,4%
Brecha Total	28,90*	28,90*	28,90*	-	-

Histórico (1990-2014), actual (2014-2020), proyectado (2021-2050)

*déficit interno abastecido por trasvases y agua desalada

Fuente: Elaboración propia según puntos 4.1.2 y 4.2.2

5.4.2 Indicadores de Impacto

A continuación, se presenta la definición y cuantificación de los Indicadores de Impacto.

5.4.2.1 Definición

La **Tabla 5-17** presenta la definición de los indicadores de impacto, las unidades, metodología de determinación y Objetivos de Desarrollo Sostenible, si fuera el caso.

Tabla 5-17. Definición de Indicadores de Impacto

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
2	Seguridad Hídrica para las Personas				
2.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos ²⁹	%	Personas que tiene acceso al agua potable con una dotación por encima de 50 l/día	(Población total - población abastecida por camiones aljibes) / población total	ODS 6, Meta 6.1.1
2.2	Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón	%	Personas que tienen acceso a la gestión de Aguas Servidas, urbanas o rurales	(Población total - población sin sistema de tratamiento de aguas servida) / población total	ODS 6, Meta 6.2.1

²⁹ La definición del ODS 6, Indicador 6.1.1, establece tres criterios para definir el nivel de riesgo: el agua se encuentra disponible en forma cercana, está disponible cuando es necesaria, y está libre de materia fecal y otros contaminantes. Revisado en <https://www.unwater.org/our-work/integrated-monitoring-initiative-sdg-6/indicator-611-proportion-population-using-safely>

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
2.3	Brecha hídrica para consumo humano	hm ³ /año	Volumen de agua no provisto a las personas que se encuentran en condición de inseguridad hídrica.	Personas abastecidas por camión aljibe X consumo 140 l/día	N/A
3	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas				
3.1	Nivel de Estrés Hídrico	%	Extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles en la cuenca	Demanda total bruta consuntiva de agua entre la oferta anual naturalizada (media).	ODS 6, Meta 6.4.2
3.2	Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada	%	Volumen de aguas tratado en relación al volumen consumido total	(Población total - población sin sistema de tratamiento de aguas servida) / población total	ODS 6, Meta 6.3.1
3.3	Proporción de masas de agua de buena calidad	%	Proporción de masa de agua sin presencia de alteración de su estado natural por contaminación o reducción de la disponibilidad superficial	https://snia.mop.gob.cl/observatorio/	ODS 6, Meta 6.3.2
3.4	Cambio en los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo	%	Variación en superficie de los ecosistemas acuáticos	Se obtiene desde los datos de seguimiento global del ODS 6. https://map.sdg661.app/	ODS 6, Meta 6.6.1

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
3.5	Superficie vegetacional no degradada en proporción a la superficie total	%	Variación de la superficie vegetacional no degradada dentro de la cuenca	Cálculo a partir de SIMEF (Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile), Balance de tipo de cambio superficie 2015-2019: Aumento + Restitución – Deforestación – sustitución.	ODS 15, Meta 15.1.1
3.6	Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total	%	Variación de la superficie erosionada severa o muy severa dentro de la cuenca	Cálculo a partir de Catastro de suelos degradados (CIREN) sobre el nivel de erosión (severa y muy severa).	ODS 15, Meta 15.3.1
4	Seguridad de agua para las actividades productivas				
4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m ³	Eficiencia de uso del agua medida entre el valor en dólares agregado y el volumen de agua utilizada	PIB del agua en la cuenca dividido entre el volumen neto de agua consumido al año: PIB Agua / (Demanda Neta Agrícola Demanda Neta Pecuaria)	ODS 6, Meta 6.4.1
4.2	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m ³	Eficiencia de uso del agua medida entre el valor en dólares agregado y el volumen de agua utilizada	PIB del agua en la cuenca dividido entre el volumen bruto de agua consumido al año	N/A
4.3	Cambio en el uso eficiente en la actividad minera	Ton/m ³	Eficiencia de uso del agua medida entre el volumen de agua requerida para producir una tonelada de mineral	Producción minera de la cuenca dividido entre el volumen bruto de agua consumido al año	N/A
4.4	Brecha hídrica para Actividad Minera	hm ³ /año	Volumen de agua no provisto para las faenas mineras de la cuenca	Determinación del volumen de agua no provisto, y no satisfecho por fuentes alternativas como agua de mar o trasvases	N/A
5	Gestión Institucional y gobernanza				

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
5.1	Proporción de agua gestionada por Juntas de Vigilancia registradas por la DGA	%	Proporción de agua superficial que se gestiona en forma adecuada según el estándar actual	Volumen de agua (hm ³ /año) consuntivo y superficial destinado a cuencas o sectores con juntas de vigilancia, dividido entre el consumo total de agua en la cuenca	N/A
5.2	Proporción de agua subterránea gestionada por Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS)	%	Proporción de agua Subterránea que se gestiona en forma adecuada según el estándar actual	Volumen de agua (hm ³ /año) consuntivo destinado a sectores sin Comunidades de Aguas Subterráneas, dividido entre el consumo total de agua subterránea en la cuenca	N/A
5.3	Gestión Integrada de Recursos Hídricos	0 a 100 puntos	Existencia de una gobernanza del agua en la cuenca	Se propone la siguiente escala de clasificación de la gobernanza. 0 – No existe ningún tipo de organizaciones de usuarios 25 – Existen organizaciones de usuarios a nivel de cuenca o sectores específicos 50 – Existen mesas hídricas temporales o iniciativas parciales 75 – Existen mesas o iniciativas permanentes, pero tienen deficiencias de inclusión o de operación 100 – Existen iniciativas permanentes que operan sin problemas	(inspirado en el ODS 6, Meta 6.5.1)

*Para uso minero se incluye el agua del mar directa y desalada

Fuente: Elaboración propia

5.4.2.2 Cuantificación

Una vez definidos los indicadores, se debe definir la meta o rango de metas a los cuales se espera optar como resultado del Plan Estratégico. La **Tabla 5-18** presenta este análisis.

Tabla 5-18. Determinación de Indicadores de Impacto

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
Seguridad Hídrica para las Personas						
2.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos	%	Chañaral 90,9% Diego de Almagro 91,9%	100%	10	Se espera que la totalidad de la población de la cuenca alcance un suministro seguro en el corto plazo. Esta meta se debe mantener pese al aumento de demanda.
2.2	Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón	%	Chañaral 99,2% Diego de Almagro 99,7%	100%	10	Se espera reducir la brecha de saneamiento a la mitad en el largo plazo

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
2.3	Brecha hídrica para consumo humano	hm ³ /año	0,03 (dotación actual) 0,09 (dotación proyectada con SSR)	0,00	10	Se espera reducir la brecha de consumo humano a cero en el corto plazo
Seguridad Hídrica para los ecosistemas						
3.1	Nivel de Estrés Hídrico	%	100% (Tabla 3-13)	100% (Tabla 3-13)	Cumple	Se espera mantener los niveles de estrés hídrico dentro del rango observado actual, que corresponden a una situación particularmente extrema de la cuenca. La meta es permanente.
3.2	Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada	%	55,03%	100%	30	Se espera gestionar el 100% del volumen de aguas mediante Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas
3.3	Proporción de masas de agua de buena calidad	%	Sin información	100%	Cumple	Se espera contar con la totalidad de las masas de agua de la cuenca en buena calidad (> 80%). Indicador de cumplimiento

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
3.4	Cambio en los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo	%	151% (aguas permanentes) 405% (aguas estacionales)	151% (aguas permanentes) 405% (aguas estacionales)	-	No existe información para la generación un plan de acción, sin embargo, se considera una meta referente.
3.5	Superficie vegetacional no degradada en proporción a la superficie total	%	N/A	N/A	N/A	N/A
3.6	Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total	%	N/A	N/A	N/A	N/A
3.7	Brecha hídrica para los ecosistemas acuáticos	hm ³ /año	N/A	N/A	N/A	N/A
Seguridad hídrica para las actividades productivas						
4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m ³	4,32	>4,32	20	Se espera aumentar el retorno de las actividades productivas agrícolas, mediante el aumento de la eficiencia en el uso del agua
4.2	Cambio en la eficiencia de uso de agua en la minería intrapredial	%	401	<401	20	Se espera incrementar la eficiencia promedio de uso del agua a un 70% al año 2050, a nivel intrapredial
4.3	Reutilización de agua para todos los usos	%	0	100	20	Se refiere al % de reutilización en la minería y consumo humano

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
4.4	Brecha hídrica para Actividades Productivas	hm ³ /año	2,66	0,00	30	Se espera que para el año 2050 se reduzca a cero la brecha de agua para las actividades productivas
Gestión institucional y gobernanza						
5.1	Proporción de agua gestionada por Juntas de Vigilancia registradas por la DGA	%	0,0	0,0	N/A	No se propone la creación de una Junta de Vigilancia en la cuenca
5.2	Proporción de agua subterránea gestionada por Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS)	%	0,0	0,0	N/A	No se propone la creación de Comunidades de Aguas Subterráneas
5.3	Grado de Implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos	Puntos (0 a 100)	0	100	10	La meta de la cuenca es disponer de un órgano de administración de recurso hídrico a nivel regional (ver propuesta de gobernanza)

Fuente: Elaboración propia

5.5 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad corresponde a la modelación de escenarios de gestión dentro de la cuenca. Estos escenarios permiten proyectar, a través del modelo hidrológico y análisis complementarios en otras plataformas, situaciones futuras que resulten del cambio climático y de distintas estrategias de gestión. De esta forma, se da sustento a la definición de las estrategias del Plan.

5.5.1 Definición de los escenarios

Se definieron dos escenarios de gestión más el escenario sin proyecto o escenario "0":

(1) Escenario base sin proyecto o "0":

- Se considera como escenario base aquel que está formado por la situación existente de la cuenca, es decir incluyen las demandas actuales y la situación histórica. No existe variaciones en la proyección. Las demandas se mantienen fijas y se incluye el modelo de cambio climático, al igual que al resto de escenarios para los parámetros de precipitación y temperatura (Anexo H, apéndice 1-2-3).
- El objetivo del escenario para el análisis de sensibilidad es tener una imagen de la cuenca para visualizar los cambios de las estrategias propuestas.
- Entre los supuestos se destaca:
 - Población constante en todas las localidades
 - La localidad de Inca de Oro se alimenta desde Dren La Vega situado dentro de la cuenca, pero fuera del límite del acuífero (modelo)
 - Sistema de Diego de Almagro y El Salado, toman aguas según la situación actual, es decir, la Planta de Osmosis inversa Montandón (Salar de Pedernales, CODELCO), los pozos Finca Noria Dren (dentro del sector acuífero AC-07) y Pozo Quebrada el Asiento (Fuera del límite del modelo).
 - La localidad de Chañaral se alimenta del acueducto con suministro de Piedra Colgada (Copiapó). Desde el 2021, se incluye el suministro con PDAM.

(2) Escenario 1, Reutilización de agua tratada PTAS Chañaral:

- El objetivo del escenario es conocer los beneficios de la reutilización de aguas para un uso productivo y recreativo.
- Entre los supuestos (Anexo H, sección 3.12.1) se destaca:
 - La localidad de Chañaral reutiliza el agua tras tratamiento para otros usos como agricultura y riego de áreas verdes de la localidad.
 - Dicha localidad de forma leve aumenta la población por el aumento de la actividad productiva y mejora de la calidad de vida.
 - Al año 2025 se comienza a regar 210 ha. según el agua producida para la localidad y por lo tanto reutilizada.

-
- o Se considera una demanda estándar de 6.000 m³/ha/año y consumo del 90% (Riego tecnificado).
 - o No varía el resto de los parámetros según escenario base.

Nota: El escenario es propuesto para un uso agrícola, pero se puede considerar para otro tipo de uso (industrial y minero).

(3) Escenario 2, Cambio de fuentes de suministro de agua potable

- El objetivo del escenario es conocer alternativas de suministro de agua potable con agua subterránea.
- Entre los supuestos (Anexo H, sección 3.12.1) se destaca:
 - o Aumento de la población por factibilidad inmobiliaria en relación con el aumento de agua potable.
 - o Se localizan pozos dentro de los límites del modelo hidrogeológico.
 - o Se extrae agua del AC 05 para alimentar Diego de Almagro, Salado e Inca de Oro, es decir, se construyen dos pozos de 30 l/s. Se mantiene la captación Noria dren la Finca, el resto se eliminan.
 - o Se agrega la planta desaladora Santo Domingo, que a partir del año 2025 alimenta con 10 l/s al sistema Diego de Almagro El Salado.

Para más detalle sobre el desarrollo de los escenarios de gestión ver sección 3.12 del Anexo H.

5.5.2 Resultados de los escenarios

Los escenarios analizados generan cambios dentro de sistema base considerado. Los puntos analizados son los siguientes:

- Nueva superficie de riego: El Escenario 1 permite desarrollar una superficie de riego
- Volumen reutilizado: El escenario 2 genera una reutilización del volumen no consumido en la localidad de Chañaral, éste es destinado a la superficie de riego anterior
- Población abastecida: Según la tendencia considerada en los Planes de Desarrollo (Nueva Atacama), no existe una tendencia creciente de la población. Ambos escenarios de gestión permiten aumentar dicha población.
- Volumen del acuífero AC05: El escenario 2 genera un aumento de la demanda dentro de la zona de modelación, en este sentido se hace seguimiento a la variación del volumen del acuífero.

En la **Tabla 5-19** se presentan los resultados de escenarios de gestión.

Tabla 5-19 Resultados de escenarios de gestión

Escenario	Nueva superficie de riego satisfecha (ha)	Volumen reutilizado 2040-2050 hm ³ /año	Población abastecida 2040-2050	Localidades no satisfechas 100%	Volumen de AC-05 2040-2050 (hm ³)
Base "0"	0	0	19.710	Diego de Almagro	10.597
1. Reutilización	210	1,25	22.699	Diego de Almagro	No aplica
2. Cambio de fuentes APU	No aplica	No aplica	25.351	100 % satisfacción	10.572

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP

Los escenarios de gestión son ideas conceptuales de alternativas en la cuenca río Salado, respecto a la reducción de brechas identificadas. En el caso de la reutilización o reúso del agua no consumida por la localidad de Chañaral, permite la posibilidad de dar uso a un volumen de agua transportada desde Piedra Colgada (Copiapó) hasta Chañaral. En este sentido los resultados reflejan una posibilidad de uso de 1,25 hm³/año para riego u otro uso que se considere.

Por otra parte, el escenario 2, debido al caudal impuesto, no genera cambios en el volumen simulado, por lo tanto, se deberían generar estudios complementarios sobre la posibilidad de utilización de pozos en dichas zonas, no sólo por la cantidad de caudal sino también por la calidad de esta.

5.6 Mercado del agua

En base a las transacciones de los DAA registrados por los Conservadores de Bienes Raíces dentro de la base de datos de la DGA (DGA, 2021c), se ha analizado la tendencia central de valores de caudales según los siguientes criterios:

1. Tipo de transacción: Compraventa
2. Valor de la transacción: Expresada en unidades de fomento (UF), dólar estadounidense (USD) o pesos chilenos (CLP), de manera que puedan actualizarse a UF, conforme a la paridad monetaria que existiera en el momento de la transacción.
3. Caudal: Volumen por unidad de tiempo (l/s u otra que permita transformarse en l/s).
4. Naturaleza del derecho: Subterráneo y superficial.
5. Tipo del derecho: Consuntivo y no consuntivo.
6. Tipo del ejercicio: Permanente y continuo.
7. Observaciones: El valor de la transacción no ha de incluir el de ningún otro bien (otros DAA, predio, etc.) que no sea el del propio DAA registrado.
8. Fecha: Veinte últimos años, desde enero de 2001 a diciembre de 2020.
9. Agrupación de registros iguales: Registros con datos idénticos de fechas, naturaleza del agua, caudal promedio, tipo de derecho, ejercicio del derecho, valor total de la

transacción, unidad monetaria y observaciones, se han tratado como una única transacción para evitar el falseamiento de los resultados del tratamiento estadístico.

Sin embargo, en la cuenca de estudio sólo existen 21 transacciones de compraventa para DAA consuntivos subterráneos. El detalle de la metodología se encuentra en el Anexo J2. Sección 3. Mercado del Agua. Los resultados del análisis se presentan en la **Tabla 5-20**.

Tabla 5-20 Valor de la mediana de UF/(l/s) según transacciones en conservador de bienes raíces y categorías de derechos de aprovechamiento de aguas

CBR	Ia Naturaleza aguas superficiales				Ib Naturaleza aguas subterráneas
	IIa Tipo de derecho consuntivo		IIb Tipo de derecho no consuntivo		IIa Tipo de derecho consuntivo
	IIIa Ejercicio permanente	IIIa Ejercicio eventual	IIIa Ejercicio permanente	IIIb Ejercicio eventual	IIIa Ejercicio permanente
	Diego de Almagro	--	--	--	--

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

Como conclusión del análisis, se genera una identificación de brechas respecto al trabajo realizado, en relación con los objetivos propuestos:

1. Falta de uniformidad de la base de datos de partida CBR-SNIA:
 - a. diferentes unidades,
 - b. valor de la transacción,
 - c. valores nulos,
 - d. duplicidades de transacciones.
2. Cuenca con pocas transacciones para el análisis de mercado de agua en el tiempo.

Estas deficiencias se traducen en una merma considerable de datos válidos para su análisis estadístico, que permita llegar a un valor promedio confiable.

6 ACCIONES

Se presenta la inversión promedio regional, con el propósito de dar un contexto económico al Plan Estratégico propuesto. La inversión regional en recursos hídricos puede ser de carácter público o privado. A continuación, se describen cada una de ellas con el propósito de cuantificar un nivel de referencia previo a la formulación del Plan Estratégico.

La **Tabla 6-1** resume las acciones identificadas.

Tabla 6-1 Acciones con relación a los recursos hídricos identificadas en la cuenca

N°	Eje	Acción	Responsable	Monto asociado (UF)
1	Seguridad Hídrica para las Personas	Inversiones de Nueva Atacama	Nueva Atacama	38.186
2	Seguridad Hídrica para las Personas	Planta Desaladora de Caldera	ECONSSA	6.433.971
3	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	Avenimiento CODELCO División Salvador y Consejo de Defensa del Estado	CODELCO División Salvador	Sin información
4	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas	Sistemas Inteligentes de Suministro de Agua	Mitsubishi Corp.	Sin información
5	Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	Obras de Control Aluvional para la cuenca del río Salado	MOP Dirección de Obras Hidráulicas	2.683.545
6	Gestión Institucional	Mantenimiento de la red hidrométrica	Dirección General de Aguas	4.053
7	Gobernanza	No se identificó acciones previas		Sin información
8	Otros Planes	Plan de Acción Regional de Cambio Climático de la región de Atacama	Ministerio de Medio Ambiente	Sin información
9	Inversión regional	Fondo Nacional de Desarrollo Regional – Región de Atacama	Gobierno Regional de Atacama	1.777.352
			Total	10.937.108

Fuente: Elaboración propia

6.1 Seguridad Hídrica para las Personas

La inversión en agua potable a nivel privado se concentra en la empresa concesionaria Nueva Atacama. Según se consta en la Memoria de la empresa para el año 2020, la inversión en las localidades de la cuenca alcanza los \$1.063 millones de pesos al año, en promedio, para el sistema Caldera – Chañaral; \$108 millones de pesos para el sistema Diego de Almagro – El Salado; y \$16 millones de pesos para el sistema de Inca de Oro.

De forma complementaria, se debe considerar la inversión realizada por ECONSSA Chile, que queda fuera de los presupuestos presentados por la sanitaria. Dicha inversión tiene un costo aproximado de 250 millones de dólares (para el proyecto total) y está asociada a la construcción de la Etapa 1 de la Planta Desaladora de Agua de Mar para la región de Atacama, provincias de Copiapó y Chañaral³⁰.

6.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

La principal acción relacionada con los ecosistemas de la cuenca corresponde al avenimiento alcanzado entre CODELCO División Salvador y el Consejo de Defensa del Estado, que comprende parte de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT) que se encuentran en la parte alta de la cuenca.

Este avenimiento consta en las Actas del Primer Tribunal Ambiental, Fojas 528, suscrito el 29 de diciembre de 2020.

6.3 Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas

La región se caracteriza por el desarrollo minero asociado a grandes, medianas y pequeñas faenas. En la actualidad se encuentran los siguientes proyectos en evaluación o desarrollo: Proyecto Rajo Inca (Codelco División Salvador) y el Proyecto Santo Domingo (Capstone Mining). Pese a que ninguno de los dos considera inversiones relevantes asociadas a los recursos hídricos de la cuenca, a nivel regional se diagnóstica una necesidad de coordinación de desarrollo de infraestructura hídrica entre privados y público para distintos usos. En este sentido se están desarrollando estudios que presentan dicho diagnóstico para la búsqueda de soluciones:

- **Sistemas Inteligentes de Suministro de Agua.** Mandatado por Mitsubishi Corp. y elaborado por SMI ICE Chile³¹. El objetivo general de este estudio es identificar las oportunidades, las amenazas y los desafíos que representa un sistema de interconexión hídrica, principalmente para el sector minero y para todos los actores sociales y económicos. Para ello se desarrolla un modelo conceptual para representar la interconexión hídrica desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y legal en la zona de estudio. El plazo de desarrollo es de tres años (2021 a 2023), y no se dispone del presupuesto destinado a este estudio, por tratarse de una iniciativa privada.

³⁰ Revisado en <https://www.econssachile.cl/proyecto-pda/28-planta-desalinizadora-de-agua-de-mar-para-atacama>

³¹ Revisado en <https://smiicechile.cl/el-sustainable-minerals-institute-smi-ice-chile-y-m-c-inversiones-completan-exitosamente-el-primer-ano-del-proyecto-de-sistemas-inteligentes-de-suministro-de-agua/>

6.4 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos

La inversión proyectada corresponde, principalmente, a las obras de defensa fluvial proyectadas en el río Salado por parte de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, las que se encuentran en proceso de evaluación de impacto ambiental desde noviembre de 2020. La inversión declarada en este proceso es de 104,3 millones de USD.

El proyecto 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 de manera de permitir el escurrimiento sin desbordarse del caudal mayor, ya sea para la mayor crecida aluvional registrada a la fecha (marzo del 2015) o para un periodo de retorno de 100 años. El diseño permite el paso de las crecidas líquidas y detríticas de forma controlada hasta su descarga final en el Océano Pacífico, en la playa de Chañaral (SEIA, 2021).

6.5 Gestión Institucional

La inversión de la Dirección General de Aguas (DGA) se manifiesta en actividades de operación y mantenimiento de la red hidrométrica, administración de recursos hídricos, fiscalización, así como la realización de estudios centrados en la cuenca y en la región de Atacama.

En el año 2020, el presupuesto regional destinado para la mantención de la red hidrométrica fue de \$126,13 millones de pesos³². A este presupuesto se debe agregar, por ejemplo, los montos destinados para la realización de los actuales Planes Estratégicos en las cuencas costeras e islas entre Huasco y cuarta región (\$250 Millones de pesos), cuencas de Copiapó y Huasco (\$130 Millones de pesos), cuencas Totoral y Carrizal y costeras (305 Millones de pesos), cuencas costeras río Copiapó y quebrada Totoral (\$110 Millones de pesos), cuenca río Salado (\$110 Millones de pesos), cuencas costeras entre Salado y Copiapó (110 Millones de pesos), cuencas endorreicas Salar de Atacama – vertiente del Pacífico (\$210 Millones de pesos) y cuenca de Maricunga (\$105 Millones de pesos); que en total superan los \$1.330 millones de pesos.

En concreto, se levantaron tres iniciativas catastradas, cuyo responsable es la DGA:

- Construcción Red Hidrométrica (meteorológica, fluviométrica y piezométrica), cuenca río Salado
 - Fuente: Propuesta conceptual de obras adicionales (INH), 2016
 - Financiamiento: Sin información
 - Plazo: Sin información

³² Información proporcionada por la DGA a nivel regional

-
- **Análisis, evaluación y disponibilidad de recursos hídricos, cuenca río Salado**
 - Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, región de Atacama, 2012
 - Financiamiento: Sin información
 - Plazo: Sin información
 - **Modelación Hidrogeológica cuenca río Salado**
 - Fuente: Actualización Plan de Infraestructura - MOP
 - Financiamiento: Sin información
 - Plazo: Sin información

6.6 Gobernanza

No se identificaron acciones previas para el desarrollo de un sistema de gobernanza o gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca.

6.7 Otras acciones relevantes

6.7.1 Planificación a nivel regional

Se revisaron los documentos intermedios del Plan de Acción Regional de Cambio Climático de la región de Atacama, el cual se encuentra en desarrollo. El Objetivo del Plan Regional de Cambio Climático será la identificación y priorización de acciones de mitigación y adaptación a nivel regional con una mirada de 10 años. No se dispone de presupuesto asociado a esta acción.

6.7.2 Fondo Nacional de Desarrollo Regional

El Fondo Nacional de Desarrollo Regional es un programa de inversiones públicas, con fines de compensación territorial, destinado al financiamiento de acciones en los distintos ámbitos de infraestructura social y económica de la región, con el objetivo de obtener un desarrollo territorial armónico y equitativo. Al mismo tiempo, debe procurar mantener un desarrollo compatible con la preservación y mejoramiento del medio ambiente, lo que obliga a los proyectos financiados a través del FNDR a atenerse a la normativa ambiental. Su distribución opera considerando dos conjuntos de variables: las de orden socioeconómico y las territoriales. Se asigna el 90% de los recursos a comienzos del año presupuestario, y el 10% restante se destina, en igual proporción, a cubrir situaciones de emergencia y estímulos a la eficiencia, en cada ejercicio presupuestario. Las fuentes de recurso de este instrumento son, por una parte, recursos fiscales o propios, dando origen

al FNDR - Tradicional y, por otra, el préstamo 1281/OC-CH (1) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) o FNDR – BID³³.

El FNDR - tradicional financia todo tipo de proyectos de infraestructura social y económica, estudios y/o programas, de cualquier sector de inversión pública, siempre y cuando no se infrinjan las restricciones establecidas en la Ley de Presupuestos del Sector Público de cada año y se enmarque en la normativa del Sistema Nacional de Inversiones (S.N.I.).

Para el año 2021, el monto del FNDR asignado a la región de Atacama fue de 55.249 Millones de pesos.

En concreto se levantaron tres iniciativas catastradas, cuyo responsable del servicio era el Gobierno Regional:

- Construcción Sist. de Captación de Aguas, Sector Falda Verde, Chañaral
 - Fuente: MIDESO
 - Financiamiento: Extra MOP
 - Plazo: Sin información
- Factibilidad técnico-económica para planta desalinizadora Chañaral
 - Fuente: Actualización Plan de Infraestructura - MOP
 - Financiamiento: Sin información
 - Plazo: Sin información

Además, se levantaron iniciativas dentro del Banco Integrado de Proyectos, donde los servicios responsables son las Municipalidades de Chañaral y Diego de Almagro, y el financiamiento del Gobierno Regional de Atacama:

- Construcción de muros de contención de mitigación, sector Vicuña Mackenna, Chañaral
- Construcción de muros de contención, área comercial calle Pedro Luján, El Salado, Chañaral
- Reposición de muros de contención calle Conchuelas, Chañaral
- Construcción de muros de contención para mitigación, sector Atacama Alto, Chañaral
- Adquisición de camión limpia fosa Chañaral
- Reposición de camiones aljibes, comuna Diego de Almagro

³³ <http://www.subdere.gov.cl/documentacion/caracter%C3%ADsticas-del-fondo-nacional-de-desarrollo-regional-fndr>

7 INICIATIVAS PROPUESTAS

El proceso de formulación del Plan Estratégico consiste en la descripción de las estrategias de evaluación de las soluciones para alcanzar un equilibrio en el balance de las aguas que se utilizan en la cuenca al año 2050 (Balance), así como para la definición de iniciativas requeridas para la Seguridad Hídrica y para la Gestión.

Para la selección de iniciativas, se utilizó una lógica cualitativa de árbol de problemas y las soluciones asociadas.

El **árbol de problemas** es una técnica que se emplea para identificar una situación problemática (un problema central), la cual se intenta solucionar mediante la intervención de un proyecto utilizando una relación de tipo causa-efecto. De esta forma, se tiene una mirada comprensiva sobre el problema (materializado en brechas), y las causas de este. El detalle de los árboles de problemas y su construcción se presenta en el numeral 5.2, brechas hídricas.

En complemento, se propuso una solución también del tipo cualitativo, donde el problema central identificado para cada eje estratégico, sus consecuencias y las brechas asociadas, se abordaron en conjunto con los usuarios (en la **segunda rueda de talleres**), y se determinaron con ellos cuáles eran las opciones de consenso para cada solución. De esta forma, las iniciativas propuestas resultan directamente del trabajo con los actores de la cuenca en el contexto de participación ciudadana, reforzado por reuniones de trabajo con actores clave y el análisis del equipo consultor. Complementariamente, se incorporaron aquellas acciones que fueron catastradas para la cuenca, para el caso que correspondiera a alguna de las brechas identificadas.

En el caso de evaluaciones que dependían de una comparación económica, ésta fue incorporada dentro de los escenarios de gestión descritos en el capítulo 5 de este informe.

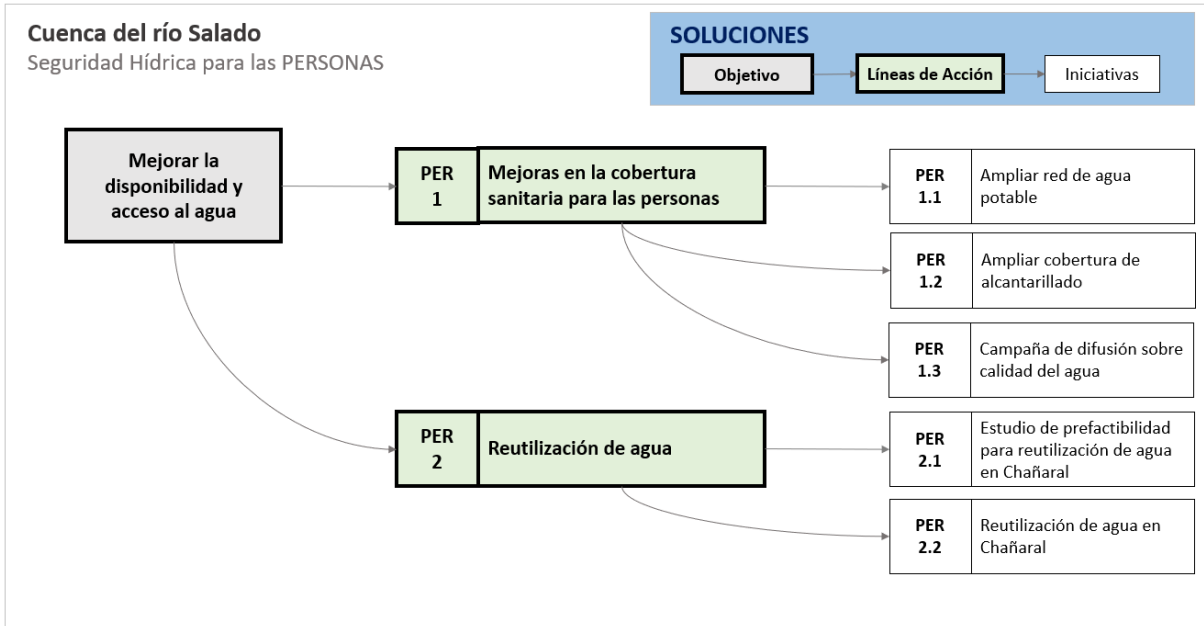
A continuación, se presenta la síntesis de alternativas priorizadas por eje estratégico. En cada una de ellas se describe el proceso de análisis (árbol de soluciones), las acciones de validación realizadas con los actores de la cuenca y el análisis económico que justifica su valorización.

7.1 Síntesis de selección de alternativas

7.1.1 Seguridad Hídrica para las Personas

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana y las reuniones con actores claves, como la empresa sanitaria Nueva Atacama y la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS. La **Figura 7-1** presenta el árbol de soluciones resultado de los problemas identificados.

Estas iniciativas son compartidas, en parte, por aquellas definidas en el Eje de Balance. Sin embargo, el alcance dentro de este eje apunta al estudio técnico de las mismas.



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

Figura 7-1 Árbol de Soluciones para la seguridad hídrica de las personas

La relación entre brechas e iniciativas se presenta en la **Tabla 7-1**.

Tabla 7-1 Iniciativas para la Seguridad Hídrica para las Personas

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.1 – Ampliación de la red de agua potable	Propuesta	BPER 1
	PER 1.2 – Ampliación de la red de alcantarillado	Propuesta	BPER 3
	PER 1.3 – Campaña de difusión sobre calidad de agua	Propuesta	BPER 3
PER 2 - Reutilización de agua	PER 2.1 - Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en Chañaral	Propuesta	BPER 4
	PER 2.2 - Reutilización de agua en Chañaral	Propuesta	BPER 4

Fuente: Elaboración propia

El detalle de las Líneas de Acción e iniciativas se presentan en el punto siguiente.

7.1.1.1 PER 1: Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas

7.1.1.1.1 PER 1.1: Ampliación de la red de agua potable

Dentro de las componentes de la seguridad hídrica para las personas, y particularmente en el segundo taller de Participación Ciudadana - Seguridad hídrica, se identificó un déficit en la cobertura de infraestructura sanitaria en las localidades de la cuenca, principalmente Inca de Oro y Chañaral. En el primer sector, se debe a la expansión no regulada de la población más allá del radio urbano con el consecuente déficit de extensión de redes de agua potable y de alcantarillado; y en el caso de Chañaral, a la reposición incompleta de las redes sanitarias perdidas a propósito de los eventos del año 2015.

Según la brecha BPER 1, Brecha de acceso al agua para el consumo humano, existe un total de 1.606 personas sin acceso seguro al agua para consumo humano, con un consumo de 0,08 hm³ al año (sobre una dotación de 140 litros por persona al día). Se estimó una tasa de ocupación de 3 personas por vivienda, lo que resulta en 536 viviendas a ser cubiertas dentro de la ampliación.

Si bien se trata de ampliación de sistemas urbanos, dada la naturaleza propia de las localidades en evaluación, se trabajó como referencia con costos para instalación de sistemas de agua potable rural, llegando a un costo promedio de provisión de agua de \$8,33 millones de pesos por arranque domiciliario (**Tabla 7-2**).

Tabla 7-2. Costo total por arranque

Partida	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)
Arranque	Arranque	1	5.204.587	5.204.587
Obras complementarias (PEAP, Extensiones de ductos, atraviesos, otros)	%	20%	5.204.587	1.040.917
Imprevistos	%	20%	5.204.587	1.040.917
Ingeniería y permisos	%	20%	5.204.587	1.040.917
Total por Arranque				8.327.338

Fuente: Elaboración propia sobre datos ESSBIO para SSR

De esta forma, el costo estimado de proveer agua a 536 viviendas es de aproximadamente **\$4.463 millones de pesos**. Dado que se trata de sistemas urbanos, la inversión corresponde a la empresa sanitaria de la región. La información de la medida se resume en la **Tabla 7-3**:

Tabla 7-3. Ficha de iniciativa PER 1.1

Eje estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 1. Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas
Iniciativa	PER 1.1 Ampliación de la red de agua potable
Brechas asociadas	Según la brecha BPER 1, Brecha de acceso al agua para el consumo humano, existe un total de 1.606 personas sin acceso seguro al agua para consumo humano, con un consumo de 0,08 hm ³ al año (sobre una dotación de 140 litros por persona al día).
Objetivo	El objetivo es implementar las acciones requeridas para tender al 100% de cobertura de acceso al agua potable en forma segura y sin riesgo.
Descripción	<p>La iniciativa consiste en la ampliación de la red de agua potable, para dar cuenta de la población que hoy no cuenta con este servicio.</p> <p>Dentro de las componentes de la seguridad hídrica para las personas, y particularmente en el segundo taller de Participación Ciudadana - Seguridad hídrica, se identificó un déficit en la cobertura de infraestructura sanitaria en las localidades de la cuenca, principalmente Inca de Oro y Chañaral. En el primer sector, se debe a la expansión no regulada de la población más allá del radio urbano con el consecuente déficit de extensión de redes de agua potable y de alcantarillado; y en el caso de Chañaral, a la reposición incompleta de las redes sanitarias perdidas a propósito de los eventos del año 2015.</p> <p>Según la brecha BPER 1, Brecha de acceso al agua para el consumo humano, existe un total de 1.606 personas sin acceso seguro al agua para consumo humano, con un consumo de 0,08 hm³ al año (sobre una dotación de 140 litros por persona al día).</p>
Actividades principales	La iniciativa consiste en obras de infraestructura hidráulica, por lo que las actividades requeridas están relacionadas con el proceso de planificación (Planes de Desarrollo), e implementación de la misma.
Ubicación	Localidades de Chañaral e Inca de Oro.
Relación con otras iniciativas priorizadas	La medida se relaciona con PER 1.2
Beneficiarios	1.606 personas sin acceso al agua / 536 viviendas
Costo de implementación	\$4.463.453.168.-
Duración	5 años
Fuente de Financiamiento	Privado
Institución Responsable	Empresa Sanitaria
Plazo de Implementación	1 a 5 años (corto Plazo)
Recomendaciones	Esta medida se incluye de manera referencial, para dar cuenta de la necesidad de ampliar la cobertura sanitaria. De esta forma, el presupuesto descrito está claramente sujeto a la evaluación técnica de las soluciones a implementar, pudiendo variar ostensiblemente.

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.1.2 PER 1.2: Ampliación de la red de alcantarillado

Según se señala en la brecha BPER3, Falta infraestructura sanitaria, en la cuenca existen **2.374 personas** sin acceso a una red de alcantarillado, destacando el caso de la localidad de Inca de Oro, que no cuenta con este sistema (360 personas). En el caso de Chañaral, el total de personas sin acceso a la red es de 1.764 personas.

Para la estimación del costo, se trabajará con dos supuestos. Por un lado, 2.014 personas requieren de extensiones de la red para acceder al alcantarillado, por lo que si se considera una tasa de ocupación de 3 personas por vivienda, el total potencial de viviendas sin acceso es de 672.

Para estimar costo de conexión se tomó como referencia el costo de provisión de agua para consumo humano, es decir, de **\$8.327.338.- por vivienda**. De esta forma, el total requerido para redes de alcantarillado es de **\$5.596 millones de pesos**.

Adicionalmente, la localidad de Inca de Oro requiere de un sistema de saneamiento completo, incluyendo la planta de tratamiento de aguas servidas. El costo estimado de este sistema es de 2.000 millones de pesos (estimación a partir de otros sistemas de SSR), con lo que el costo total de provisión de saneamiento en la cuenca es de **\$7.596 millones de pesos**.

La información de la iniciativa se resume en la **Tabla 7-4**.

Tabla 7-4. Ficha de iniciativa PER 1.2

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 1. Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas
Iniciativa	PER 1.2 Ampliación de la red de alcantarillado
Brechas asociadas	Según la brecha BPER3, Falta infraestructura sanitaria, en la cuenca existen 2.374 personas sin acceso a una red de alcantarillado, destacando el caso de la localidad de Inca de Oro, que no cuenta con este sistema (360 personas). En el caso de Chañaral, el total de personas sin acceso a la red es de 1.764 personas, equivalente a 672 viviendas, aproximadamente.
Objetivo	Aumentar la cobertura de alcantarillado en la cuenca, para tender al 100% de acceso de las personas a una solución de alcantarillado que opere en forma segura y sin riesgo.
Descripción	Para estimar costo de conexión se tomó como referencia el costo de provisión de agua para consumo humano, es decir, de \$8.327.338.- por vivienda. De esta forma, el total requerido para redes de alcantarillado es de \$5.596 millones de pesos. Complementariamente, la localidad de Inca de Oro requiere de un sistema de saneamiento completo, incluyendo la planta de tratamiento de aguas servidas. El costo estimado de este sistema es de 2.000 millones de pesos (estimación a partir de otros sistemas de SSR), con lo que el costo total de provisión de saneamiento en la cuenca es de \$7.596 millones de pesos.
Actividades principales	La iniciativa consiste en obras de infraestructura hidráulica, por lo que las actividades requeridas están relacionadas con el proceso de planificación (Planes de Desarrollo), e implementación de la misma.
Ubicación	Localidades de Chañaral, Diego de Almagro e Inca de Oro.

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 1. Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas
Iniciativa	PER 1.2 Ampliación de la red de alcantarillado
Relación con otras iniciativas prioritizadas	Se relaciona con PER 1.1
Beneficiarios	2.374 Personas sin alcantarillado.
Costo de implementación	\$7.595.971.136 millones de pesos
Duración	10 años
Fuente de Financiamiento	Privado
Institución Responsable	Empresa Sanitaria
Plazo de Implementación	5 a 10 años
Recomendaciones	Esta medida se incluye de manera referencial, para dar cuenta de la necesidad de ampliar la cobertura sanitaria. De esta forma, el presupuesto descrito está claramente sujeto a la evaluación técnica de las soluciones a implementar, pudiendo variar ostensiblemente.

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.1.3 PER 1.3: Difusión sobre calidad del agua

Uno de los comentarios recurrentes que se obtuvo en los talleres de participación ciudadana y entrevistas a los actores locales alude a la calidad de las aguas que se entregan para consumo humano en las distintas localidades. En particular, la misma empresa sanitaria (Nueva Atacama) señala en su sitio web que “durante décadas las localidades de Tierra Amarilla, Chañaral y parte de Copiapó no recibían agua potable que cumpliera con la Normativa Chilena 409, la que precisamente regula que el suministro sea de calidad”, lo cual se resolvió el 9 de diciembre, donde la sanitaria “oficializó el cumplimiento de dicha norma de calidad de agua potable inaugurando la ampliación de la Planta Placilla Sierralta, Cancha Rayada y la nueva planta de producción ubicada en las cercanías de Tierra Amarilla, Nantoco”, con una inversión asociada de 28 mil millones de pesos.

Sin embargo, según se reconoce en la brecha BPER2, Brecha de información sobre las características de calidad de agua potable, ya está instalada la percepción sobre la calidad de las aguas provistas, e incluso, se indica que el alto contenido salino tendría incidencias en las tasas de ocurrencia de enfermedades asociadas, como litiasis renal, vesicular y otras. Esta percepción lleva, además, al consumo generalizado de agua purificada para la bebida.

Por lo tanto, se propone la realización de una campaña de información a la población, que contribuya a indicar los estándares de calidad que se cumple, conforme a la NCh 409/1. Como indicador de proceso, se propone la realización de una encuesta base que permita definir el estado actual de la percepción, y que esta se mida anualmente por un período de 5 años.

La campaña está dirigida a los usuarios de agua potable de la cuenca, por lo tanto, se puede realizar en forma impresa y distribuida con los recibos del consumo mensual de agua. Complementariamente, se propone incorporar mensajes radiales y una actividad pública para mayor penetración. Se complementa esta iniciativa con una evaluación preliminar que permita orientar la campaña de difusión, y una evaluación posterior que permita medir la percepción de las personas a lo largo del tiempo.

Se propone un costo base de **\$50 millones de pesos anuales para esta iniciativa, a repetir durante un período de 5 años, por lo que el costo total es de \$250 millones de pesos.** Esta campaña debiera ser liderada por la SISS y la empresa sanitaria.

La información de la iniciativa se resume en la **Tabla 7-5.**

Tabla 7-5. Ficha de iniciativa PER 1.3

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 1. Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas
Iniciativa	PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua
Brechas asociadas	Según se reconoce en la brecha BPER2, Brecha de información sobre las características de calidad de agua potable, ya está instalada la percepción sobre la calidad de las aguas provistas, e incluso, se indica que el alto contenido salino tendría incidencias en las tasas de ocurrencia de enfermedades asociadas, como litiasis renal, vesicular y otras. Esta percepción lleva, además, al consumo generalizado de agua purificada para la bebida.
Objetivo	Mejorar la percepción que la comunidad tiene sobre el agua potable distribuida a través de las redes sanitarias.
Descripción	Se propone la realización de una campaña de información a la población, que contribuya a indicar los estándares de calidad que se cumple, conforme a la NCh 409/1. Como indicador de proceso, se propone la realización de una encuesta base que permita definir el estado actual de la percepción, y que esta se mide anualmente por un período de 5 años.
Actividades principales	Diseño de la campaña (Evaluación ex ante) Implementación de la campaña (difusión) Evaluación de la campaña (evaluación ex post)
Ubicación	Localidades de Chañaral, Diego de Almagro e Inca de Oro.
Relación con otras iniciativas priorizadas	No tiene
Beneficiarios	La totalidad de la población de la cuenca
Costo de implementación	\$250 millones de pesos
Duración	5 años
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección de Obras Hidráulicas

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 1. Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas
Iniciativa	PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No tiene.

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.2 PER 1: Reutilización de agua

7.1.1.2.1 PER 2.1: Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en la localidad de Chañaral

Esta iniciativa surge como respuesta a la brecha BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización, señala la ausencia de estrategias de reutilización de aguas servidas.

En este sentido, se busca aumentar la disponibilidad de agua para uso agrícola o minero mediante la reutilización de aguas servidas tratadas provenientes de la localidad de Chañaral.

Para esto, se debe determinar la factibilidad técnica y el costo estimado de la implementación de una planta de tratamiento de aguas servidas, así como los costos operacionales y las condiciones regulatorias que permitirían un uso productivo de estas aguas.

El marco regulatorio del sector sanitario establece, entre otras, las definiciones de los distintos tipos de aguas asociadas al proceso de saneamiento. En particular, la Ley 21.075 que regula los sistemas de reutilización de las aguas grises.

La reutilización de aguas servidas domésticas se realiza en forma general y de distintas maneras a lo largo del país. En la misma cuenca, los efluentes de las PTAS de Diego de Almagro y El Salado se descargan al río del mismo nombre, confundiendo con las aguas que naturalmente transporta este cauce, y aportando al consumo minero que se realiza de estas aguas. Complementariamente, en 2008, Aguas Chañar concretó la venta de aguas residuales tratadas a Minera Candelaria. Estas aguas son transportadas desde la planta de tratamiento sanitaria hasta un estanque de acumulación de agua de proceso de la compañía Minera Candelaria, a un caudal de 175 l/s (Fundación Chile, 2016).

Actualmente, la localidad de Chañaral descarga sus aguas servidas al mar mediante un emisario submarino de 1.602 m de longitud, y un caudal máximo de 50 l/s (Aguas Chañar, 2017b). Según se indica en el punto 3.1, en Chañaral el consumo de agua en la fecha actual es de 1,08 hm³/año, y se proyecta con el mismo volumen para el año 2050 según punto 3.1.1 Demanda física de agua potable. Se estima que el volumen de agua descargado al mar es de alrededor del 60% del total de aguas consumidas, por lo que sería de 0,52

hm³/año en la actualidad. Esta brecha fue reconocida como BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización.

El proyecto tendría como externalidades positivas la eliminación de una descarga de aguas servidas, al mismo tiempo que permite reemplazar la instalación de una planta desaladora de características similares.

Se modeló esta alternativa en el escenario N°2, Reutilización de agua en Chañaral, que concluyó que es posible abastecer una superficie de 210 ha. bajo riego, o bien proveer el equivalente a 1,25 hm³/año de agua reutilizada, para uso agrícola o industrial.

Por esta razón, y en complemento a lo evaluado en el balance, se propone realizar una evaluación técnica y económica del tratamiento de las aguas para reúso en la localidad de Chañaral, el cual considere además la posibilidad de interconexión a las redes locales, ya que de la misma forma en que se propone aportar agua desde la PDAM de Mantoverde a esta localidad en caso de emergencia, se podría dar el caso de que la localidad aportara agua a esta faena. El detalle de las partidas de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-6**.

Tabla 7-6. Partidas del estudio de perfil para reutilización de agua en Chañaral

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Estudio Técnico	Estudio a nivel de perfil o ingeniería básica para el tratamiento de las aguas para calidad de reúso, así como las obras asociadas de conducción hasta PDAM Mantoverde (25) y localidad de El Salado (30 km y diferencia de altitud de 450 m).	150
Estudio Económico	Evaluación de costo operacional, alternativas de compra de agua, alternativas de financiamiento y plazos asociados.	25
Estudio Socio Ambiental	Evaluación a nivel de pertinencia ambiental sobre la instalación de esta planta y las obras asociadas.	25
Total		200

Fuente: Elaboración propia

El costo de este estudio de ingeniería es de \$200.000.000.-, estimado a una duración de 12 meses. La información de la iniciativa se resume en la ficha de la **Tabla 7-7**.

Tabla 7-7. Ficha de iniciativa PER 2.1

Ejes Estratégicos	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 2. Reutilización de agua
Iniciativa	PER 2.1 Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en la localidad de Chañaral
Brechas asociadas	La brecha BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización, señala la ausencia de estrategias de reutilización de aguas servidas.
Objetivo	Aumentar la disponibilidad de agua para uso agrícola o minero mediante la reutilización de aguas servidas tratadas provenientes de la localidad de Chañaral. Para esto, se debe determinar la factibilidad técnica y el costo estimado de la implementación de una planta de tratamiento de aguas servidas, así como los costos operacionales y las condiciones regulatorias que permitirían un uso productivo de estas aguas.
Descripción	Se propone realizar una evaluación técnica y económica del tratamiento de las aguas para reúso en la localidad de Chañaral, el cual considere además la posibilidad de interconexión a las redes locales, ya que de la misma forma en que se propone aportar agua desde la PDAM de Mantoverde a esta localidad en caso de emergencia, se podría dar el caso de que la localidad aportara agua a esta faena.
Actividades principales	Estudio de ingeniería a nivel de prefactibilidad.
Ubicación	Localidad de Chañaral
Relación con otras iniciativas priorizadas	No tiene
Beneficiarios	Actividades productivas (agricultura o minería) que se realizan en torno a la localidad de Chañaral
Costo de implementación	\$200 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección de Obras Hidráulicas
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.2.2 PER 2.2 Reutilización de aguas servidas en Chañaral

Esta iniciativa también surge como respuesta a la brecha BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización, señala la ausencia de estrategias de reutilización de aguas servidas.

Como se abordó en la iniciativa PER 2.1, una alternativa para aumentar la disponibilidad de agua en la cuenca, y particularmente en la localidad de Chañaral, es el tratamiento y reutilización de las aguas servidas que actualmente se descargan al mar vía un emisario submarino. En el análisis realizado se estimó el costo de disponibilizar el agua para reúso, el cual es inferior al costo de desalinización de agua de mar en el mismo punto de entrega, pero además tiene como externalidades positivas la no intervención del borde costero. Sin embargo, esta inversión escapa a las consideraciones de la empresa modelo definida por la SISS para localidades costeras, por lo que estaría por sobre las definiciones del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En consecuencia, se realizó un análisis económico con el propósito de determinar la viabilidad del tratamiento de las aguas servidas de la localidad de Chañaral, en función de otras fuentes similares de agua. Para determinar el costo de agua de largo plazo, se realizó una evaluación de proyecto con una tasa de descuento de un 10% y un costo de financiamiento de la inversión de un 3%. El costo del agua tratada equivale a **1,63 USD/m³**, y el detalle del análisis económico se presenta en el Anexo J, archivos J5.1 y J5.2 de este informe.

Según la SISS, la tarifa promedio del agua potable en Chañaral (punta – no punta) (Nueva Atacama, 2021), al mes de mayo de 2021, es de 1.289 pesos/m³. Si se considera un valor del dólar de \$800 pesos, el aumento de tarifa sería de aproximadamente \$1.302 pesos/m³, llegando a \$2.591 pesos/m³. Este aumento equivale a un 101% sobre el valor de la tarifa actual. Se debe considerar, sin embargo, que la determinación de las tarifas de los servicios sanitarios responde a un proceso donde se complementan todas las fuentes y tratamientos del agua dentro de un bloque o concesión, por lo que los costos asociados a instalaciones específicas (como la planta desaladora de agua de mar de Caldera), se distribuyen entre todos los clientes.

No obstante, el aumento de tarifa es difícil de traspasar a los usuarios, ya que la empresa modelo de la SISS incorpora dentro del costo base la descarga de las aguas servidas al océano. Por esta razón, una forma de reutilizar estas aguas correspondería a un negocio entre privados que financiara tanto el CAPEX como el OPEX.

Comparación con alternativas de provisión de agua

Una vez determinado el costo de producción de 1 m³ de agua, se debe comparar con la alternativa siguiente, que corresponde a la obtención de agua desalada a partir de una Planta Desaladora de Agua de Mar (PDAM). Según una presentación realizada por Domingo Zarzo, Director de Innovación de Sacyr Agua España, la tarifa de venta del agua desalada

a nivel mundial oscila entre 0,49 USD/m³ (Singspring, Singapur), hasta 1,03 USD/m³ (Chaennai, India) (Fundación COPEC-UC, 2021).

De esta forma, el costo del agua reutilizada podría encontrarse por sobre el rango de los precios de desalación. Sin embargo, se deben incorporar al análisis algunos aspectos ambientales:

- (1) La construcción de una PDAM y una PTAS requiere de permisos ambientales y terrenos similares, por lo que la complejidad también es similar.
- (2) La construcción de una PTAS no requiere de una concesión marina, ni tiene descargas asociadas en cuerpos marinos, por lo que no se vería enfrentada a conflictos por el uso del borde costero.
- (3) La operación de la PTAS generaría compost como subproducto, el cual podría ser destinado a enmiendas orgánicas en la cuenca.

De esta forma, el agua reutilizada tendría mayor competitividad, levemente, ante el agua desalada en la localidad de Chañaral.

En el caso de la industria minera, actualmente el consumo de ENAMI en El Salado alcanza 0,30 hm³/año, por lo que podría perfectamente ser abastecida por el tratamiento de las aguas que resulten de este proceso. Adicionalmente, existe un proyecto de desalación para el proyecto minero Diego de Almagro, el cual contempla la elevación de agua de mar desde el sector de Punta Achurra, o bien complementar las aguas empleadas por Mantoverde o para el riego de magnetita en el proyecto Santo Domingo. Para esto es relevante la evaluación de alternativas de interconexión con otros puntos de demanda de agua en la región.

Complementariamente, si se utiliza para riego de áreas verdes sustituyendo el uso de agua potable, representaría un ahorro del costo para el municipio o particular responsable.

Finalmente, si el destino del agua correspondiera a uso agrícola, se requiere un cultivo que sea capaz de absorber un costo de 0,98 USD/m³ más conducción, lo que restringe los usos potenciales en la cuenca. En este sentido, un cultivo con un consumo mínimo de 6.000 m³/ha al año, tendría un costo de a lo menos \$4.704.000.- \$/ha/año, por lo que sólo podría ser viable en tanto reciba algún tipo de subsidio. Si el total del agua reutilizada se destinara a agricultura, alcanzaría para abastecer a un total de 210 ha. al año.

Conclusiones

El uso de aguas reutilizadas en la localidad de Chañaral tiene un costo estimado y referencial de 1,63 USD/m³, el cual no está considerado dentro de la tarifa de la empresa modelo para una localidad costera, según determina la SISS.

Por esta razón, la viabilidad de este proyecto pasa por la posibilidad de comercializar el agua producida, ya sea a un solo proyecto, o a múltiples usuarios. Cabe señalar que la normativa actual no establece restricciones para la comercialización de estas aguas (Fundación Chile, 2016).

Complementariamente, si bien se trataría de una iniciativa entre privados, la recuperación de 1 hm³/año de agua contribuye a aumentar la seguridad hídrica local, al mismo tiempo que reduce los efectos ambientales de la planta desalinizadora. La información de la iniciativa se resume en la ficha de la **Tabla 7-8**.

Tabla 7-8. Ficha de iniciativa PER 2.2

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 2. Reutilización de agua
Iniciativa	PER 2.2 Reutilización de aguas servidas en Chañaral
Brechas asociadas	La brecha BPER 4. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas secundario y reutilización, señala la ausencia de estrategias de reutilización de aguas servidas.
Objetivo	Aumentar la disponibilidad de agua para uso agrícola o minero mediante la reutilización de aguas servidas tratadas provenientes de la localidad de Chañaral. Para esto, además de la factibilidad técnica, se consideró la incorporación de un costo referencial para el costo de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas para la localidad de Chañaral.
Descripción	<p>Como se abordó en la iniciativa PER 2.1, una alternativa para aumentar la disponibilidad de agua en la cuenca, y particularmente en la localidad de Chañaral, es el tratamiento y reutilización de las aguas servidas que actualmente se descargan al mar vía un emisario submarino. En el análisis realizado se estimó el costo de disponibilizar el agua para reúso, el cual es inferior al costo de desalinización de agua de mar en el mismo punto de entrega, pero además tiene como externalidades positivas la no intervención del borde costero. Sin embargo, esta inversión escapa a las consideraciones de la empresa modelo definida por la SISS para localidades costeras, por lo que estaría por sobre las definiciones del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.</p> <p>Se realizó una evaluación económica a nivel de idea, en la cual se tuvo que el uso de aguas reutilizadas en la localidad de Chañaral tiene un costo estimado y referencial de 1,63 USD/m³, el cual no está considerado dentro de la tarifa de la empresa modelo para una localidad costera, según determina la SISS.</p> <p>Por esta razón, la viabilidad de este proyecto pasa por la posibilidad de comercializar el agua producida, ya sea a un solo proyecto, o a múltiples usuarios. Cabe señalar que la normativa actual no establece restricciones para la comercialización de estas aguas (Fundación Chile, 2016).</p> <p>Complementariamente, si bien se trataría de una iniciativa entre privados, la recuperación de 1 hm³/año de agua contribuye a aumentar la seguridad hídrica local, al mismo tiempo que reduce los efectos ambientales de la planta desalinizadora que contribuye a reducir.</p>
Actividades principales	Construcción de la planta de tratamiento de aguas servidas. No se consideraron acueductos o infraestructura de elevación o impulsión de agua.
Ubicación	Localidad de Chañaral
Relación con otras iniciativas priorizadas	PER 2.1, que considera el estudio de prefactibilidad de esta planta.
Beneficiarios	Habitantes de la localidad de Chañaral Actividades productivas mineras o agrícolas en el sector
Costo de implementación	\$7.667 millones de pesos
Duración	24 meses
Fuente de Financiamiento	Privado
Institución Responsable	Privados (no definidos)

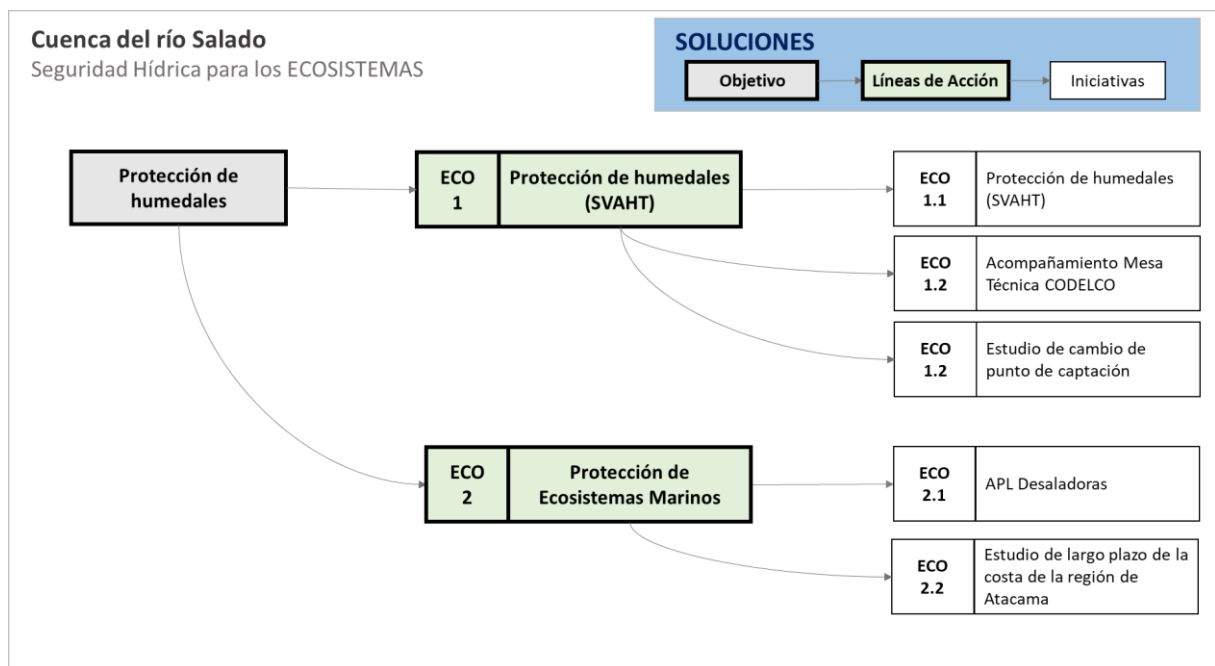
Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Personas
Línea de Acción	PER 2. Reutilización de agua
Iniciativa	PER 2.2 Reutilización de aguas servidas en Chañaral
Plazo de Implementación	5 a 10 años
Recomendaciones	<p>Esta iniciativa se incluye en forma referencial, ya que el costo de la planta propuesta claramente debe ser determinado mediante un estudio de ingeniería cumpliendo con las etapas básicas de este proceso.</p> <p>Sin embargo, se consideró apropiado reflejar el costo de la planta de tratamiento dentro del costo total del Plan Estratégico.</p>

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

En función del problema central identificado y sus causas (ver **Figura 5-4**), se considera que las soluciones potenciales son dos: por un lado, la protección de los humedales que se encuentran al interior de la cuenca, y el reemplazo de estos como fuente de agua (**Figura 7-2**). En la **Tabla 7-9** se presentan las principales líneas de acción.

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, como la Seremi de Medio Ambiente, Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, Dirección General de Aguas regional, Comunidades Colla y CODELCO DSAL.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-2 Árbol de Soluciones para ecosistemas

Tabla 7-9 Iniciativas para la Seguridad Hídrica los Ecosistemas

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
ECO 1 - Protección de los ecosistemas acuáticos continentales	ECO 1.1 - Caracterización y seguimiento de los humedales cordilleranos	Propuesta	BECO 1
	ECO 1.2 - Acompañamiento a Mesa CODELCO DSAL	Propuesta	BECO 1
	ECO 1.3 - Estudio de cambio de punto de captación de agua	Propuesta	BECO 1
ECO 2 - Protección de ecosistemas marinos	ECO 2.1 - Acuerdo de Producción Limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar	Propuesta	BECO 2
	ECO 2.2 - Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera en la costa de la región de Atacama	Propuesta	BECO 2

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.1 ECO 1: Protección de Humedales

Los **Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT)** corresponden a ecosistemas ampliamente distribuidos en las partes altas de la cordillera de los Andes y otros sistemas, como la cordillera de Domeyko, pero al mismo tiempo constituyen un recurso muy escaso, que destaca por la alta relevancia de su particular diversidad biológica y por el rol que representan para los sistemas productivos de las comunidades locales, basados en técnicas ancestrales (SAG, 2009).

En la cuenca río Salado, estos sistemas se encuentran principalmente asociados a las quebradas que se encuentran al sureste, en las nacientes de agua de la cuenca, por lo que se han construido drenes en forma de espinas de pescado, que capturan y conducen el agua hacia CODELCO Salvador, Diego de Almagro e Inca de Oro.

Las acciones propuestas para la protección de los humedales son: caracterización y seguimiento de los SVAHT de la cuenca, y la identificación de fuentes alternativas que permitan liberar los recursos extraídos desde esta fuente. Las acciones se describen a continuación.

7.1.2.1.1 ECO 1.1: Caracterización y seguimiento de los humedales cordilleranos

La brecha BECO 1 hace referencia a la Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales. Se propone dentro del catastro, el establecimiento de una línea de base y seguimiento de los humedales cordilleranos (SVAHT) presentes en la cuenca y descritos en el numeral 2.3.1.2, y en particular de aquellos que se ven afectados por la extracción de

agua (Drenes de El Jardín e Inca de Oro). El propósito es determinar el estado actual de estos sistemas, y evaluar, en el tiempo, si existe alguna variación en su condición. Los parámetros para considerar en la caracterización son los que se describen en la "Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT)" (SAG, 2009), y en lo principal consideran los alcances descritos en la **Tabla 7-10**.

Las implicancias para los recursos hídricos son de dos tipos: por un lado, los humedales (SVAHT) contribuyen a la regulación del ciclo hidrológico en la cuenca, por lo que su presencia permite mantener la estabilidad de las fuentes de agua asociadas; por el otro, son objetos de conservación, por lo que su evolución desde el punto de vista vegetacional está directamente relacionada con los caudales ecológicos o ambientales que recibe. En este sentido, los SVAHT son bioindicadores del estado del ciclo hidrológico.

El seguimiento debería realizarse en dos campañas anuales, en los períodos de máxima y mínima actividad fotosintética. Si se considera un mínimo de dos SVAHT a caracterizar, se estima que el costo por campaña es de \$25 millones de pesos, con un costo anual de la actividad de \$50.000.000.- (equivalente a dos campañas).

El seguimiento debería ser una actividad de carácter permanente en el tiempo, y el producto esperado es un reporte incremental que dé cuenta de las tendencias de estos humedales en el tiempo (ya que se desconocen completamente), la evolución en función de cambios en el régimen climático (precipitaciones y temperaturas), y ante eventuales cambios en la explotación que se realiza de estas fuentes de agua.

La institución responsable dependerá de los compromisos adoptados. Inicialmente se propone el MMA, pero no se descarta que pueda contar con apoyo o responsabilidad en los privados, como CODELCO DSAL (en función de los compromisos adoptados en la mesa técnica) y la empresa sanitaria (que utiliza las aguas de los drenes). La información de esta iniciativa se resume en la **Tabla 7-11**.

Tabla 7-10. Partidas para estudio de los humedales cordilleranos

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Alcances campaña de seguimiento	<ul style="list-style-type: none">- Delimitación del SVAHT mediante imágenes aéreas de alta calidad- Caracterización de la vegetación mediante transectas del tipo Point Quadrat, con registro de vegetación activa y no activa (rastrojo, mantillo, suelo desnudo, agua, etc.)- Cuantificación de la cubierta salina, y clasificación de los SVAHT en función del porcentaje de cobertura de sal.- Caracterización de la calidad de las aguas superficiales o subterráneas, para el caso de manantiales.- Otros de interés	25 (por campaña)
Total por año (2 campañas)		50

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.1.2 ECO 1.2: Acompañamiento a la Mesa Técnica entre CODELCO Salvador y comunidades Colla

Se propone como acción complementaria el acompañamiento técnico permanente a la Mesa Técnica a ser constituida por CODELCO DSAL y las comunidades Colla de Chiyagua y de Diego de Almagro, comprometida dentro del avenimiento alcanzado con el Consejo de Defensa del Estado. En particular, se propone dar respaldo técnico que permita una correcta consideración de los SVAHT dentro del plan de trabajo a proponer, y evaluar la posibilidad de establecer sinergias entre el Plan Estratégico y sus iniciativas, y los acuerdos alcanzados en la mesa. Esta iniciativa está asociada a la brecha BECO 1. Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales.

Este acompañamiento debería ser realizado por el Servicio Agrícola y Ganadero y el Ministerio de Medio Ambiente. Se agrega además a la Dirección General de Aguas, dado que existieron procesos de fiscalización previas de las extracciones, a los que se debe realizar seguimiento. El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-12**.

Tabla 7-11. Ficha de iniciativa PER 3.1

Ejes Estratégicos	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas
Línea de Acción	ECO 1. Protección de Humedales
Iniciativa	ECO 1.1. Caracterización y seguimiento de los humedales cordilleranos
Brechas asociadas	BECO 1, Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales.
Objetivo	El propósito es determinar el estado actual de estos sistemas, y evaluar, en el tiempo, si existe alguna variación en su condición.
Descripción	Se propone el catastro, para el establecimiento de una línea de base y seguimiento de los humedales cordilleranos (SVAHT) presentes en la cuenca, y en particular de aquellos que se ven afectados por la extracción de agua (Drenes de El Jardín e Inca de Oro). El propósito es determinar el estado actual de estos sistemas, y evaluar, en el tiempo, si existe alguna variación en su condición. Los parámetros para considerar en la caracterización son los que se describen en la "Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT)" (SAG, 2009).
Actividades principales	Alcances de la campaña de seguimiento: <ul style="list-style-type: none"> - Delimitación del SVAHT mediante imágenes aéreas de alta calidad. - Caracterización de la vegetación mediante transectas del tipo Point Quadrat, con registro de vegetación activa y no activa (rastrojo, mantillo, suelo desnudo, agua, etc.) - Cuantificación de la cubierta salina, y clasificación de los SVAHT en función del porcentaje de cobertura de sal. - Caracterización de la calidad de las aguas superficiales o subterráneas, para el caso de manantiales. - Otros de interés
Ubicación	Humedales cordilleranos (SVAHT) presentes en la cuenca y descritos en el numeral 2.3.1.2, y en particular de aquellos que se ven afectados por la extracción de agua (Drenes de El Jardín e Inca de Oro).
Relación con otras iniciativas priorizadas	ECO 1.3, Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable
Beneficiarios	Personas que habitan la cuenca, especialmente Inca de Oro, El Salvador y Diego de Almagro
Costo de implementación	\$1.500 millones de pesos
Duración	El seguimiento debería realizarse en dos campañas anuales, en los períodos de máxima y mínima actividad fotosintética. El seguimiento es permanente en el tiempo.
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Ministerio del Medio Ambiente
Plazo de Implementación	Durante todo el período del PEGH.
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-12. Ficha de iniciativa ECO 1.2

Ejes Estratégicos	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas
Línea de Acción	ECO 1. Protección de Humedales
Iniciativa	ECO 1.2 Acompañamiento a la Mesa Técnica entre CODELCO Salvador y comunidades Colla
Brechas asociadas	BECO 1, Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales.
Objetivo	Dar respaldo técnico que permita una correcta consideración de los SVAHT dentro del plan de trabajo a proponer, y ver la posibilidad de establecer sinergias entre el Plan Estratégico y sus iniciativas, y los acuerdos alcanzados en la mesa.
Descripción	Se propone como acción complementaria el acompañamiento a la Mesa Técnica a ser constituida por CODELCO DSAL y las comunidades Colla de Chiyagua y de Diego de Almagro, comprometida dentro del avenimiento alcanzado con el Consejo de Defensa del Estado.
Actividades principales	Reuniones de acompañamiento
Ubicación	Diego de Almagro
Relación con otras iniciativas priorizadas	No tiene
Beneficiarios	Comunidades Colla de Chiyagua y de Diego de Almagro
Costo de implementación	No tiene costo asociado
Duración	Se estima que esta mesa estará operativa por un período de a lo menos 36 meses.
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Ministerio del Medio Ambiente y Servicio Agrícola y Ganadero
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No tiene

Fuente: elaboración propia

7.1.2.1.3 ECO 1.3: Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable

Esta iniciativa corresponde al estudio hidrogeológico de detalle de aquellos sectores que pudieran potencialmente proveer de agua a las localidades presentes en la cuenca, obtenidos a partir de la geofísica y el modelo hidrogeológico conceptual generado para el presente Plan. En este caso, se trata de sondajes y pruebas de bombeo que permitan establecer la disponibilidad real del recurso, y la solicitud de los derechos de aprovechamiento de agua respectivos.

Esta iniciativa fue abordada en el escenario de gestión N°3, "Cambio de Punto de Captación para Agua Potable Urbana", concluyendo, a partir del modelo, que es posible realizar la extracción de agua desde el acuífero, específicamente desde el sector AC-5, y que como consecuencia se experimentaría una disminución del volumen embalsado en un 0,24% en un período de 30 años (desde 10.597 a 10.572 hm³).

Se entiende que esta iniciativa tiene dos aristas. Por un lado, permite identificar fuentes alternativas para la provisión de agua a las personas que habitan el interior de la cuenca.

Sin embargo, por otro lado, el propósito es liberar de la extracción actual a los humedales de la cuenca, permitiendo su recuperación, lo que constituye una externalidad positiva. Uno de los puntos a ser considerados está en el eventual costo de inversión producto del emplazamiento de las nuevas fuentes, la seguridad de abastecimiento, la calidad de aguas, entre otros. De esta forma, la iniciativa está asociada a la brecha BECO 1 hace referencia a la Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales.

Las partidas contempladas se describen en la **Tabla 7-13**.

Tabla 7-13. Partidas del estudio de cambio de puntos de captación

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Geofísica de detalle	Evaluación específica de sitios potenciales para la construcción del sondaje	100
Sondaje de prospección	Realizar una estratigrafía y determinar el nivel del acuífero en este punto.	190
Prueba de bombeo	Con el propósito de determinar la capacidad de producción del pozo.	5
Estudio de Calidad de Aguas	Toma de muestras y análisis respectivo para determinar la aptitud para consumo humano	5
Total		300

Fuente: Elaboración propia

El costo estimado de la iniciativa es de \$300.000.000.-, y el plazo de ejecución estimado es de 12 meses. La información de esta iniciativa se resume en la **Tabla 7-14**.

Tabla 7-14. Ficha de iniciativa ECO 1.3

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas
Línea de Acción	ECO 1. Protección de Humedales
Iniciativa	ECO 1.3 Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable
Brechas asociadas	BECO 1, Pérdida y deterioro de ecosistemas acuáticos continentales.
Objetivo	Se entiende que esta iniciativa tiene dos aristas. Por un lado, permite identificar fuentes alternativas para la provisión de agua a las personas que habitan el interior de la cuenca. Sin embargo, por otro lado, el propósito es liberar de la extracción actual a los humedales de la cuenca, permitiendo su recuperación, lo que constituye una externalidad positiva. Uno de los puntos a ser considerados está en el eventual costo de inversión producto del emplazamiento de las nuevas fuentes, la seguridad de abastecimiento, la calidad de aguas, entre otros.
Descripción	<p>Esta iniciativa corresponde al estudio hidrogeológico de detalle de aquellos sectores que pudieran potencialmente proveer de agua a las localidades presentes en la cuenca, obtenidos a partir de la geofísica y el modelo hidrogeológico conceptual generado para el presente Plan. En este caso, se trata de sondajes y pruebas de bombeo que permitan establecer la disponibilidad real del recurso, y la solicitud de los derechos de aprovechamiento de agua respectivos.</p> <p>Esta iniciativa fue abordada en el escenario de gestión N°3, "Cambio de Punto de Captación para Agua Potable Urbana", concluyendo el modelo que es posible realizar la extracción de agua desde el acuífero, específicamente desde el sector AC-5, y que como consecuencia se experimentaría una disminución del volumen embalsado en un 0,24% en un período de 30 años (desde 10.597 a 10.572 hm³).</p>
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Geofísica de detalle - Sondaje de prospección - Prueba de bombeo - Estudio de Calidad de Aguas
Ubicación	Cuenca media del río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales cordilleranos, ya que la identificación de fuentes alternativas permitiría liberar la extracción de agua que hoy se realiza desde drenes en humedales cordilleranos.
Beneficiarios	Habitantes de Salado, Diego de Almagro e Inca de Oro.
Costo de implementación	\$300 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección de Obras Hidráulicas
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No tiene

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.2 ECO 2: Protección de Ecosistemas Marinos

Como se mencionó, el desarrollo de numerosas PDAM ha puesto en relevancia vacíos entre el ordenamiento territorial, particularmente del borde costero, y el proceso de evaluación ambiental de los proyectos a desarrollar en este territorio.

Entre las acciones propuestas para la protección de ecosistemas marinos, se encuentra la implementación de un Acuerdo de Producción Limpia entre las empresas que poseen y/u operen las PDAM del borde costero de la región de Atacama; y un estudio de los efectos de largo plazo de las descargas de salmuera en la costa.

7.1.2.2.1 ECO 2.1: Acuerdo de Producción Limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar

La brecha BECO 2 apunta a una Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura hidráulica.

En consecuencia, se propone el establecimiento de un Acuerdo de Producción Limpia (APL) de Plantas Desaladoras de Agua de Mar, que permita la definición y difusión de estándares y buenas prácticas en la industria, asociadas a los aspectos propios de su operación.

Un APL es un convenio de carácter voluntario celebrado entre una asociación empresarial representativa de un sector productivo y los organismos públicos competentes en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica y de fomento productivo, cuyo objetivo es aplicar la Producción Limpia a través de metas y acciones específicas en un plazo determinado para el logro de lo acordado. El objetivo de los APL es mejorar las condiciones productivas y ambientales en términos de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica, reducción de emisiones, valorización de residuos, buenas prácticas, fomento productivo y otras temáticas abordadas por el acuerdo, buscando generar sinergias y economías de escala, así como el cumplimiento de las normas ambientales que propenden al aumento de la productividad y la competitividad de las empresas³⁴.

Los principales aspectos a ser abordados por el APL son los siguientes:

- Manejo de insumos y residuos
- Intervención territorial y relación con comunidades asociadas
- Seguimiento de efectos individuales e integrados de la descarga de agua de mar
- Integración de la producción de agua dentro de sistemas conjuntos

Actualmente no existe a nivel nacional un compendio con estándares para desalación, y se trabaja a nivel de proyectos independientes mediante su ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Por lo tanto, y sobre todo por la vida útil de los proyectos y las sinergias (positivas o negativas) a futuro, es que se considera que un APL proveerá capacidades de adaptación a la industria.

³⁴ Revisado en <https://www.ascc.cl/pagina/apl>

Este acuerdo debe ser liderado por la asociación Chilena de Desalinización (ACADES) y se debe solicitar su coordinación a la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC), institución mandatada para tales efectos. El costo de desarrollo se estima en \$100 millones de pesos, y el plazo de implementación es de 18 meses.

El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-15**.

Tabla 7-15. Ficha de iniciativa ECO 2.1

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas
Línea de Acción	ECO 2. Protección de Ecosistemas Marinos
Iniciativa	ECO 2.1 Acuerdo de producción limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar
Brechas asociadas	BECO 2. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura hidráulica
Objetivo	Se propone el establecimiento de un Acuerdo de Producción Limpia (APL) de Plantas Desaladoras de Agua de Mar, que permita la definición y difusión de Estándares y Buenas Prácticas en la industria, asociadas a los siguientes aspectos propios de su operación.
Descripción	Los principales aspectos a ser abordados por el APL son los siguientes: Manejo de insumos y residuos, Intervención territorial y relación con comunidades asociadas, Seguimiento de efectos individuales e integrados de la descarga de agua de mar e Integración de la producción de agua dentro de sistemas conjuntos.
Actividades principales	Suscripción de acuerdo para el Acuerdo de Producción Limpia entre empresas privadas y Agencia Chilena de Sustentabilidad y Cambio Climático Elaboración del acuerdo
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas priorizadas	ECO 2.2: Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera en la costa de la región de Atacama
Beneficiarios	Región de Atacama
Costo de implementación	\$100 millones de pesos
Duración	18 meses
Fuente de Financiamiento	Privado
Institución Responsable	Empresas Desaladoras
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	El acuerdo debe ser solicitado por las empresas privadas (desaladoras), por lo que es imprescindible que se convenga con ellas el avance en esta materia.

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.2.2 ECO 2.2: Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera en la costa de la región de Atacama

Se propone la realización de un estudio de largo plazo sobre los efectos de la operación de las Plantas Desaladoras instaladas en la costa de la región de Atacama, que considere la calidad de agua, los ecosistemas marinos, el uso del borde costero y las consecuencias sobre el desarrollo de las personas.

La propuesta se basa en que la apuesta por la provisión de agua desalada, si bien es necesaria en función de la baja disponibilidad y alto grado de conflictividad asociada al uso de las aguas continentales, principalmente para la producción minera; también resulta transformadora para el uso tradicional del borde costero no sólo de la región de Atacama, sino de todo el país.

En este sentido, se desconoce todavía la magnitud de los efectos que resultan de esta transformación, los que se pueden manifestar no sólo a nivel de los ecosistemas marinos, sino que también en el uso que se realiza del borde costero y el modo de vida de las personas que allí habitan. En consecuencia, se propone un estudio de largo plazo, que contribuya a establecer una línea base robusta, de referencia, para definir una adecuada área de influencia para evaluar los efectos en la costa, y que consolide estos tres ejes en una evaluación de factores, efectos, consecuencias y eventuales correlaciones, que entregue bases para un mejor manejo de la industria.

Este estudio debe ser liderado por el **Gobierno Regional y el Ministerio de Medio Ambiente**, y se estima que por lo menos se requiere de un financiamiento de \$500 millones de pesos al año para su correcto desarrollo, y que debe ser planteado para un horizonte de 10 años. El costo total de la medida es de 5.000 millones de pesos (**Tabla 7-16**).

A pesar de que se propone un financiamiento público, dada la naturaleza privada de las intervenciones del borde costero, esta iniciativa bien podría implementarse bajo la forma de un Plan o Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), a través de las mismas empresas privadas responsables de la desalación (y con participación de ECONSSA o la empresa sanitaria para el caso de la desaladora de Caldera).

El detalle de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-16** y se resume en la ficha de la **Tabla 7-17**.

Tabla 7-16. Partidas para un Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Campaña de monitoreo (anual)	<p>Columna de agua: calidad de agua, fito y zooplancton.</p> <p>Fondo marino: caracterización de sedimentos, fito y zoo bentos.</p> <p>Macroflora acuática: caracterización de Macroflora acuática en el área de influencia.</p> <p>Fauna acuática: caracterización de poblaciones de aves, mamíferos marinos, peces, crustáceos y otros en el área de influencia.</p> <p>Borde costero: caracterización de la zona intermareal.</p> <p>Actividad económica: seguimiento a las tasas de captura de pesca, recolección de orilla, y otras actividades turísticas (por ejemplo, asociadas al avistamiento de fauna marina).</p> <p>Seguimiento satelital: se sugiere complementar el análisis con un seguimiento satelital que permita, además de la comparación visual, el análisis de indicadores como temperatura del agua y actividad fotosintética, entre otros.</p>	500
Número de campañas	<p>Período de estudio para determinar consecuencias del desarrollo de PDAM en el borde costero de la región de Atacama. Se sugiere incorporar sectores con PDAM y sectores no intervenidos, para que sirvan como base de comparación, al mismo tiempo que proporcionen una línea de base para sectores que podrían intervenir en el futuro.</p>	10
Total		5.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-17. Ficha de iniciativa ECO 2.2

Ejes Estratégicos	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas
Línea de Acción	ECO 2. Protección de Ecosistemas Marinos
Iniciativa	ECO 2.2 Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera en la costa de la región de Atacama
Brechas asociadas	BECO 2. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura hidráulica
Objetivo	Mejorar el conocimiento de la sinergia que existe entre las distintas intervenciones del borde costero, principalmente descargas de plantas desaladoras, en la calidad de agua, biota marina y uso del borde costero.
Descripción	<p>Se propone la realización de un estudio de largo plazo sobre los efectos de la operación de las Plantas Desaladoras instaladas en la costa de la región de Atacama, sobre los ecosistemas marinos, el uso del borde costero, y las consecuencias sobre el desarrollo de las personas.</p> <p>La propuesta se basa en que la apuesta por la provisión de agua desalada si bien es necesaria en función de la baja disponibilidad y alto grado de conflictividad asociada al uso de las aguas continentales, principalmente para la producción minera; también resulta transformadora para el uso tradicional del borde costero no solo de la región de Atacama, sino que de todo el país.</p> <p>En este sentido, se desconoce todavía la profundidad de los efectos que resultan de esta transformación, los que se pueden manifestar no solo a nivel de los ecosistemas marinos, sino que también en el uso que se realiza del borde costero y el modo de vida de las personas que allí habitan. En consecuencia, se propone un estudio de largo plazo, que consolide estos tres ejes en una evaluación de factores, efectos, consecuencias y eventuales correlaciones, que entregue bases para un mejor manejo de la industria.</p>
Actividades principales	<p>Se proponen 10 campañas anuales, con el siguiente enlace (a ser complementado):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Columna de agua: calidad de agua, fitoplancton y zooplancton. - Fondo marino: caracterización de sedimentos, fito y zoo bentos. - Macroflora acuática: caracterización de Macroflora acuática en el área de influencia. - Fauna acuática: caracterización de poblaciones de aves, mamíferos marinos, peces, crustáceos y otros en el área de influencia. - Borde costero: caracterización de la zona intermareal. - Actividad económica: seguimiento a las tasas de captura de pesca, recolección de orilla, y otras actividades turísticas (por ejemplo, asociadas al avistamiento de fauna marina). - Seguimiento satelital: se sugiere complementar el análisis con un seguimiento satelital que permita, además de la comparación visual, el análisis de indicadores como temperatura del agua y actividad fotosintética, entre otros.
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	ECO 2.1: Acuerdo de Producción Limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar
Beneficiarios	Región de Atacama
Costo de implementación	\$5.000 millones de pesos
Duración	10 años
Fuente de Financiamiento	Regional
Institución Responsable	Ministerio del Medio Ambiente
Plazo de Implementación	1 a 10 años (corto y mediano plazo)
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.3 Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas

La principal actividad económica de la cuenca corresponde a la minería, tanto en grandes faenas (CODELCO Salvador – Rajo Inca y Mantoverde), como pequeña y mediana, congregada en ENAMI y su planta El Salado. En forma complementaria, los nuevos proyectos que se esperan para la cuenca planean abastecerse en forma directa de agua de mar, y ENAPAC tiene proyectado llegar con una línea de distribución de agua desalada hasta los alrededores de la localidad de Diego de Almagro.

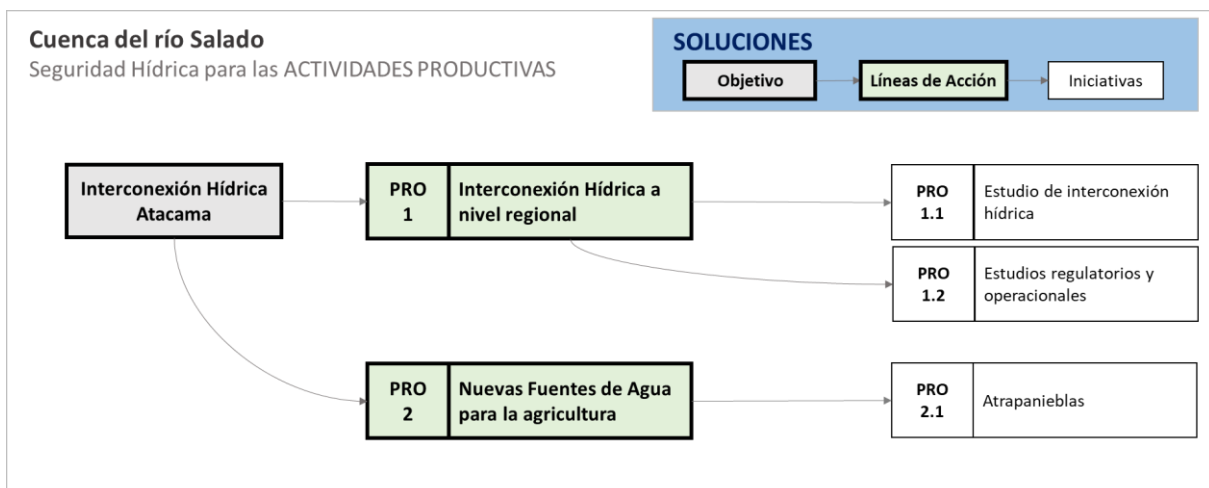
En este contexto, la disponibilidad de agua es un problema que ha sido resuelto en forma directa por cada empresa minera, no obstante, enfrentan problemas asociados al uso de recursos de otras cuencas (CODELCO Salvador), o bien por la impulsión de agua de mar, desalada o no. En consecuencia, el problema central identificado corresponde a una descoordinación en el desarrollo hídrico, tanto a nivel público como privado. Este tema, altamente relevante, se aborda dentro del Eje de Gestión Institucional y Gobernanza, donde se describe el proceso de construcción de un sistema de gobernanza y los estudios específicos que se requieren para avanzar en el uso de infraestructura compartida como la base para la interconexión hídrica de la región.

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, como son la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), el Consejo Minero, la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC), la Asociación Chilena de Desalación (ACADES), además de otros actores públicos y privados. En particular, se realizaron dos talleres de Interconexión Hídrica, los días 11 de noviembre y 15 de diciembre de 2021. El detalle de estas actividades y los consensos adoptados se presentan en el Anexo J7.

Complementariamente, se aborda la incorporación de nuevas fuentes de agua para la agricultura, a partir de las neblinas costeras en el sector de Falda Verde (ver **Figura 7-3** y **Tabla 7-18**).

7.1.3.1 PRO 1: Interconexión Hídrica de la región de Atacama

Como se señaló, es imperativa la definición de una organización de actores públicos y privados que permita construir un plan de largo plazo para el diseño, implementación y operación de infraestructura compartida para la producción, transporte y distribución de recursos hídricos. Las iniciativas propuestas son la definición de una organización base y una hoja de ruta asociada; y la realización de estudios regulatorios y de financiamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-3 Árbol de Soluciones para las actividades productivas

Tabla 7-18 Iniciativas para la Seguridad Hídrica de las Actividades Productivas

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
PRO 1 – Interconexión hídrica de la región de Atacama	PRO 1.1 – Estudio de Interconexión Hídrica	Propuesta	BPRO 1
	PRO 1.2 – Estudios regulatorios y operacionales	Propuesta	BPRO 1
PRO 2 – Nuevas fuentes de agua para la agricultura	PRO 2.1 - Implementación de un sistema de regadío a partir de atrapanieblas en el sector Falda Verde, Chañaral	Propuesta	BPRO 2

Fuente: Elaboración propia

7.1.3.1.1 PRO 1.1: Estudio de interconexión hídrica

La brecha BPRO 1. Apunta a la falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros. En particular, y en forma paralela y complementaria a la definición de una organización y una hoja de ruta para el uso integrado de los recursos hídricos de la región de Atacama (que se desarrollan en el capítulo de Gobernanza), se deben realizar estudios públicos que complementen a las evaluaciones privadas que se han realizado, y que avancen en las partidas descritas anteriormente.

Se requiere un estudio de carácter regional, que reconozca los intercambios actuales de agua entre las cuencas altiplánicas (Salares), las cuencas costeras, y las cuencas que cuentan con valles principales, como la cuenca del río Salado, del río Copiapó o Huasco. Precisamente es la naturaleza inter-cuenca de los movimientos de agua de distinta naturaleza (agua de mar, agua industrial, agua potable), la superposición de fuentes

naturales, puntos de tratamiento y acueductos, la que urge por un estudio de interconexión y uso de infraestructura compartida.

Tabla 7-19. Partidas para el estudio de interconexión hídrica

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Evaluación Técnica	Determinación de condiciones base para una red de distribución integrada de agua en la región de Atacama: nodos de oferta, demanda, acumulación. Redes principales, sinergias, eficiencias, etc. Evaluación de demanda actual y futura, y balance con oferta.	400
Evaluación Legal y regulatoria	Revisión de aspectos normativos y regulatorios sobre la provisión de agua, registro de servicios (depuración, transporte, elevación, almacenamiento, respaldo, etc.), formas de organización y administración, etc.	100
Evaluación Económica	Revisión de factibilidad económica, costos de implementación, tarifas diferenciadas por servicio, financiamiento, entre otras.	100
Evaluación Socio Ambiental	Revisión de las estrategias de uso del borde costero y de la distribución en el territorio interior. Atención a necesidades de seguridad hídrica de las personas, identificando porcentaje de asignación para proveer el recurso, o bien dar respaldo a puntos de demanda.	200
Total		800

Fuente: Elaboración propia

Se estima que un estudio integral de este tipo requiere de un presupuesto de \$800 millones de pesos, para un plazo de 24 meses. El estudio debe ser liderado por el Ministerio de Minería, no obstante, ya se encuentra en ejecución un estudio similar, solicitado por MCI (Mitsubishi). El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-20**.

Tabla 7-20. Ficha de iniciativa PRO 1.1

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas
Línea de Acción	PRO 1. Interconexión hídrica de la región de Atacama
Iniciativa	PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica
Brechas asociadas	5.2.3.1 BPRO 1. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros
Objetivo	Realizar un estudio que determine la viabilidad de integrara la infraestructura hídrica de la región, que considere aspectos técnicos, legales y regulatorios, económicos y socio ambientales.
Descripción	<p>Se propone un estudio técnico de carácter regional, que permita evaluar las alternativas para interconexión hídrica. Los componentes principales son los siguientes:</p> <p>Evaluación técnica: Determinación de condiciones base para una red de distribución integrada de agua en la región de Atacama: nodos de oferta, demanda, acumulación. Redes principales, sinergias, eficiencias, etc. Evaluación de demanda actual y futura, y balance con oferta.</p> <p>Evaluación Legal y regulatoria: Revisión de aspectos normativos y regulatorios sobre la provisión de agua, registro de servicios (depuración, transporte, elevación, almacenamiento, respaldo, etc.), formas de organización y administración, etc.</p> <p>Evaluación Económica: Revisión de factibilidad económica, costos de implementación, tarifas diferenciadas por servicio, financiamiento, entre otras.</p> <p>Evaluación Socio Ambiental: Revisión de las estrategias de uso del borde costero y de la distribución en el territorio interior. Atención a necesidades de seguridad hídrica de las personas, identificando % de asignación para proveer el recurso, o bien dar respaldo a puntos de demanda.</p>
Actividades principales	Estudio técnico de carácter regional con evaluación de aspectos técnicos, legales y regulatorios, económicos y socio ambientales.
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas priorizadas	PRO 1.2: Estudios regulatorios y operacionales GES 3.1: Plan Estratégico de Gestión Hídrica Regional GOB 1.1: Construcción de un Sistema de Gobernanza regional
Beneficiarios	Habitantes de la región de Atacama
Costo de implementación	\$800 millones de pesos
Duración	24 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial / Regional
Institución Responsable	Ministerio de Minería
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	Si bien se asigna la iniciativa al Ministerio de Minería, ésta bien podría ser ejecutada por el gobierno Regional o ser el fruto de una colaboración público privada.

Fuente: Elaboración propia

7.1.3.1.2 PRO 1.2: Estudios regulatorios y operacionales

Esta iniciativa se encuentra relacionada a la brecha BPRO 1. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros, y apunta a restricciones regulatorias y operacionales que restringen esta coordinación.

El Código de Aguas, en su primer artículo, divide taxativamente las aguas en marítimas y terrestres, y de ahí en adelante define la forma en que estas últimas serán empleadas. La legislación respecto del uso de las aguas marítimas se limita a la extensión de las concesiones marinas, sin decir nada de la producción de aguas desaladas para distintos usos. La propuesta sobre una Estrategia Nacional de Desalinización, recién en la fase de formulación en el Congreso, apuntaría a definir las prioridades para el uso del agua de mar, entre las que destacarán el consumo humano, doméstico y el saneamiento; y procurar la eficiencia de su tratamiento y aprovechamiento.

En este sentido, y para permitir el desarrollo sostenible del uso de agua de mar desalinizada, se requiere modernizar los cuerpos legales que regulan el uso de las aguas de mar, desaladas o no, equiparándolas con los conceptos asociados a los derechos de aprovechamiento de aguas. De esta forma, será posible un uso combinado de ambas fuentes, al punto que sea indistinguible la una de la otra.

En complemento, se requiere de estudios operacionales que permitan la implementación de un mercado del agua donde se reconozcan múltiples servicios asociados, siguiendo el modelo del mercado eléctrico. De esta forma, sería posible identificar y poner en valor no sólo los servicios de provisión de agua con los tratamientos requeridos para alcanzar los estándares de calidad requeridos, sino que también de conducción, distribución, almacenamiento, respaldo, elevación, así como también otros servicios socioambientales como la seguridad hídrica para las personas, la protección de la cuenca que da sustento al ciclo hidrológico, o el resguardo del borde costero y las aguas marinas.

Las partidas principales de este estudio se describen en la **Tabla 7-21**, mientras que la **Tabla 7-22** presenta el resumen de la iniciativa.

Tabla 7-21. Partidas para un estudio regulatorio y operacional

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Estudio regulatorio	Propuesta de desarrollo en el marco de la normativa actual, y propuesta de actualización de los marcos normativos, incluyendo aquellas correspondientes a una Estrategia Regional de Desalinización.	200
Estudio operacional	Estudio de opciones de operación de un sistema interconectado, precios de transferencia, alternativas de financiamiento, monetización, fijación de tarifas, ente regulador, ente operador, entre otros.	200
Total		400

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-22. Ficha de iniciativa PRO 1.2

Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas
Línea de Acción	PRO 1. Interconexión hídrica de la región de Atacama
Iniciativa	PRO 1.2 Estudios regulatorios y operacionales
Brechas asociadas	BPRO 1. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros
Objetivo	Evaluar aspectos regulatorios y operacionales requeridos para el uso integrado de aguas terrestres (definidas en el Código de Aguas) y aguas marítimas (sin definición oficial)
Descripción	<p>Para permitir el desarrollo sostenible del uso de agua de mar desalinizada, se requiere modernizar los cuerpos legales que regulan el uso de las aguas de mar, desaladas o no, equiparándolas con los conceptos asociados a los derechos de aprovechamiento de aguas. De esta forma, será posible un uso combinado de ambas fuentes, al punto que sea indistinguible la una de la otra.</p> <p>En complemento, se requiere de estudios operacionales que permitan la implementación de un mercado del agua donde se reconozcan múltiples servicios asociados, siguiendo el modelo del mercado eléctrico. De esta forma, sería posible identificar y poner en valor no solo los servicios de provisión de agua con los tratamientos requeridos para alcanzar los estándares de calidad requeridos, sino que también de conducción, distribución, almacenamiento, respaldo, elevación, así como también otros servicios socioambientales como la seguridad hídrica para las personas, la protección de la cuenca que da sustento al ciclo hidrológico, o el resguardo del borde costero y las aguas marinas.</p>
Actividades principales	<p>Estudio regulatorio: Propuesta de desarrollo en el marco de la normativa actual, y propuesta de actualización de los marcos normativos, incluyendo aquellas correspondientes a una Estrategia Regional de Desalinización.</p> <p>Estudio operacional: Estudio de opciones de operación de in sistema interconectado, precios de transferencia, alternativas de financiamiento, monetización, fijación de tarifas, ente regulador, ente operador, entre otros.</p>
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas priorizadas	BPRO 1. Falta de coordinación en el desarrollo de nuevos proyectos de provisión de agua asociados a proyectos mineros
Beneficiarios	Habitantes de la Región de Atacama
Costo de implementación	\$400 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de Financiamiento	Regional
Institución Responsable	Ministerio de Minería
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.3.2 PRO 2: Nuevas fuentes de agua para uso agrícola

Se considera una línea de acción complementaria al desarrollo de macro infraestructuras para el abastecimiento de recursos hídricos, la cual se basa en micro infraestructura, específicamente el desarrollo de sistemas de captación de agua de neblinas costeras en el sector de Falda Verde, con el propósito de abastecer a una agricultura de pequeña escala. A continuación, se describe la iniciativa propuesta.

7.1.3.2.1 PRO 2.1 Implementación de un sistema de regadío a partir de atrapanieblas en el sector Falda Verde, Chañaral

La brecha BPRO 2. Constató que No existe disponibilidad de agua accesible y asequible para actividad agrícola, por lo que se consideró la posibilidad de identificar fuentes alternativas, incluyendo la reutilización de agua mencionada en la iniciativa PER 2.2 Reutilización de aguas servidas en Chañaral. En complemento, la presente iniciativa plantea la producción de agua a partir de neblinas costeras como una solución basada en la naturaleza ante la falta de agua para el uso agrícola.

La producción de agua desde atrapanieblas se ha empleado en distintos proyectos a lo largo del país, con distintos resultados, aunque siempre se ha visto limitada su permanencia en el tiempo. No obstante, se considera que las neblinas costeras constituyen una fuente potencial de agua para usos que no tienen la capacidad de pago de agua desalada, e incluso agua tratada o depurada.

En este caso, se propone la implementación de un sistema de atrapanieblas en el sector de Falda Verde, en la costa de Chañaral, con las especificaciones técnicas de la **Tabla 7-23**.

Los beneficiarios de esta instalación serían pequeños productores de la ciudad de Chañaral, que cuenten con los permisos de uso de las zonas de riego. El costo aproximado de esta instalación, considerando una red de distribución y de almacenamiento, es de \$100 millones de pesos (**Tabla 7-24**). La institución responsable debiese ser el Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP.

La incorporación de la captura de neblinas como una alternativa local, si bien pudiera parecer de menor relevancia en comparación con la posibilidad de obtener agua desde fuentes de origen industrial, se considera necesaria ya que mantiene el concepto de "Soluciones basadas en la Naturaleza" dentro del conjunto de alternativas potenciales para el borde costero de la región de Atacama. En este sentido, se espera contribuir al conocimiento de este tipo de soluciones, su valoración por parte de la población y el desarrollo de mecanismos que permitan darle viabilidad en el tiempo.

Complementariamente, se encuentra la alternativa de reutilizar aguas provenientes del tratamiento de los efluentes de la ciudad de Chañaral, como una Solución basada en la Gestión. La iniciativa se resume en la **Tabla 7-25**.

Tabla 7-23. Especificaciones técnicas para el diseño de un sistema de atrapanieblas y red de almacenamiento y conducción de agua para riego

Ítem	Especificación	Observaciones
Sistema de captura	Gravitacional	Conducción gravitacional desde el punto de captación hasta el punto de uso
Número de módulos	10	Se debe evaluar la propiedad y disponibilidad del sector La Falda
Superficie por módulo (m ²)	200	La estructura consiste en un marco metálico con mallas para captura de humedad del aire
Tasa de producción de agua (L/m ²)	5,0	Estimado a partir de antecedentes disponibles
Producción potencial del sistema (l/día)	10.000	
Producción potencial (m ³ /temporada de 6 meses)	1.800	
Estanque de Almacenamiento (m ³)	50	
Red de distribución (ml)	10.000	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-24. Partidas para un sistema de atrapanieblas

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Atrapanieblas	10 módulos de 200 m ² cada uno.	50
Estanque	Estanque de 50 m ³	5
Red de distribución	Red de tuberías de pvc para conducción desde punto de captación hasta sitio de producción. Incluye distribución Intrapredial para 0,5 ha.	20
Otros	Varios	25
Total		100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-25. Ficha de iniciativa PRO 2.1

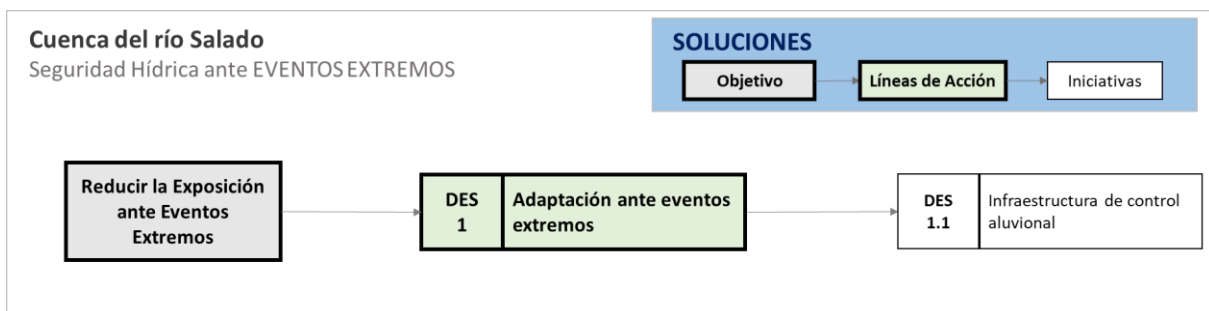
Eje Estratégico	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas
Línea de Acción	PRO 2. Nuevas fuentes de agua para uso agrícola
Iniciativa	PRO 2.1 Implementación de un sistema de regadío a partir de atrapanieblas en el sector Falda Verde, Chañaral
Brechas asociadas	BPRO 2. No existe disponibilidad de agua accesible y asequible para actividad agrícola
Objetivo	Promover la producción de agua a partir de neblinas costeras como una solución basada en la naturaleza ante la falta de agua para el uso agrícola.
Descripción	Se propone la implementación de un sistema de atrapanieblas de 2.000 m ² en el sector de Falda Verde, en la costa de Chañaral, con una capacidad de producción de 10 m ³ /día de agua (con una tasa estimada de 5 L/m ²). Este sistema debe considerar además un estanque de regulación de 50 m ³ , y una red de conducción y distribución de agua.
Actividades principales	Instalación de sistema de riego: <ul style="list-style-type: none"> - Atrapanieblas (2.000 m²) - Estanque de acumulación (50 m³) - Red de distribución - Otros
Ubicación	Chañaral, sector Falda Verde
Relación con otras iniciativas priorizadas	PER 2.2 Reutilización de aguas servidas en Chañaral
Beneficiarios	Los beneficiarios de esta instalación serían pequeños productores de la ciudad de Chañaral, que cuenten con los permisos de uso de las zonas de riego. El costo aproximado de esta instalación, considerando una red de distribución y de almacenamiento, es de \$75 millones de pesos.
Costo de implementación	\$100 millones de pesos
Duración	06 meses para la construcción. Se espera una vida útil de 10 años.
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Instituto de Desarrollo Agropecuario
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No se identificó directamente a los beneficiarios del sistema de riego.

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos

La seguridad hídrica ante Eventos Extremos se refiere a la resiliencia de los sistemas de provisión de agua y asentamientos humanos, frente al exceso de agua (aluviones o avenidas), a la sequía (escasez), o bien ante otros eventos como terremotos, tsunamis o erupciones volcánicas.

En este contexto se proponen soluciones que comprendan dos líneas de acción: el desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana, y un Plan de Adaptación ante Eventos Extremos (**Figura 7-4**). Luego, se plantean líneas de acción en la **Tabla 7-26**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-4 Árbol de Soluciones ante Eventos Extremos

Tabla 7-26 Iniciativas para la Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
DES 1 - Adaptación ante eventos extremos	DES 1.1 - Obras Fluviales y de Control Aluvional en la cuenca río Salado	Catastrada	BDES 1

Fuente: Elaboración propia

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, como son los municipios de Chañaral y Diego de Almagro, la Dirección General de Aguas, la Dirección de Obras Hidráulicas, ONEMI, ECONSSA y Nueva Atacama.

7.1.4.1 DES 1: Adaptación ante Eventos Extremos

La adaptación ante eventos extremos se entiende como el diseño de medidas de prevención tendientes a reducir la probabilidad de ocurrencia o la magnitud de los efectos asociados a eventos de origen natural, como son las avenidas, aluviones, sequías, terremotos, tsunamis o erupciones volcánicas.

En particular, se recoge una iniciativa que ya se encuentra en proceso de evaluación ambiental por parte de la Dirección de Obras Hidráulicas (las defensas fluviales en el río Salado), y se propone adicionalmente un Plan de Contingencia ante la interrupción de la conducción de agua en el eje Caldera Chañaral.

7.1.4.1.1 DES 1.1: Obras Fluviales y de Control Aluvional en la cuenca río Salado

El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, se encuentra evaluando ambientalmente el proyecto "**Obras Fluviales y de Control Aluvional en la cuenca río Salado, región de Atacama**". El proyecto se justifica en la necesidad de minimizar el riesgo para la población urbana que vive en el entorno del cauce del río Salado, ante la gravedad de los daños ocurridos en los eventos recientes, justificando el diseño y construcción de obras que entreguen una solución definitiva y confiable ante el potencial aumento de la recurrencia de estos caudales detríticos extremos.

Según se describe en el expediente ambiental en el SEIA³⁵, el proyecto 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 de manera de permitir el escurrimiento sin desbordarse del caudal mayor, ya sea para la mayor crecida aluvional registrada a la fecha (el evento ocurrido en marzo de 2015) o para un período de retorno de 100 años. El diseño permite el paso de las crecidas líquidas y detríticas de forma controlada hasta su descarga final en el Océano Pacífico, en la playa de Chañaral.

Para la definición de los trazados se consideraron factores ambientales, aspectos paisajísticos, restricciones urbanísticas de cada localidad, criterios hidráulicos y modelación computacional hidráulica que permitieron determinar las dimensiones de las obras propuestas. Para las tres localidades, aguas arriba, se consideró una longitud de canalización tal que permita el empotramiento de cada obra con los cerros, generando una transición gradual entre el río Salado y el inicio de la obra, de manera que se asegure el encauzamiento del río hacia la canalización y con esto se eviten desbordes laterales en cada localidad (como los ocurridos en marzo de 2015).

En tanto, para el tramo final de cada obra, se consideró que para que la canalización transite hacia la crecida al cauce natural, su término se localice 200 m aguas abajo de la zona urbana, de manera que el flujo siga su curso de manera natural por el cauce del río hasta encauzar nuevamente en la canalización de la siguiente localidad.

El caso de la localidad de Chañaral es diferente, en tanto el término de la obra, que coincide con la descarga hacia la playa en el Océano Pacífico, se encuentra en el punto definido como la línea de playa.

El costo de estas obras es de **104.272,1 millones de USD**, lo que equivale a **83.417,680 millones de pesos** (si se considera un tipo de cambio de 1 USD = 800 CLP\$). El responsable de su implementación es la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP.

³⁵ Revisado en

https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2148728097

Tabla 7-27. Ficha de iniciativa DES 1.1

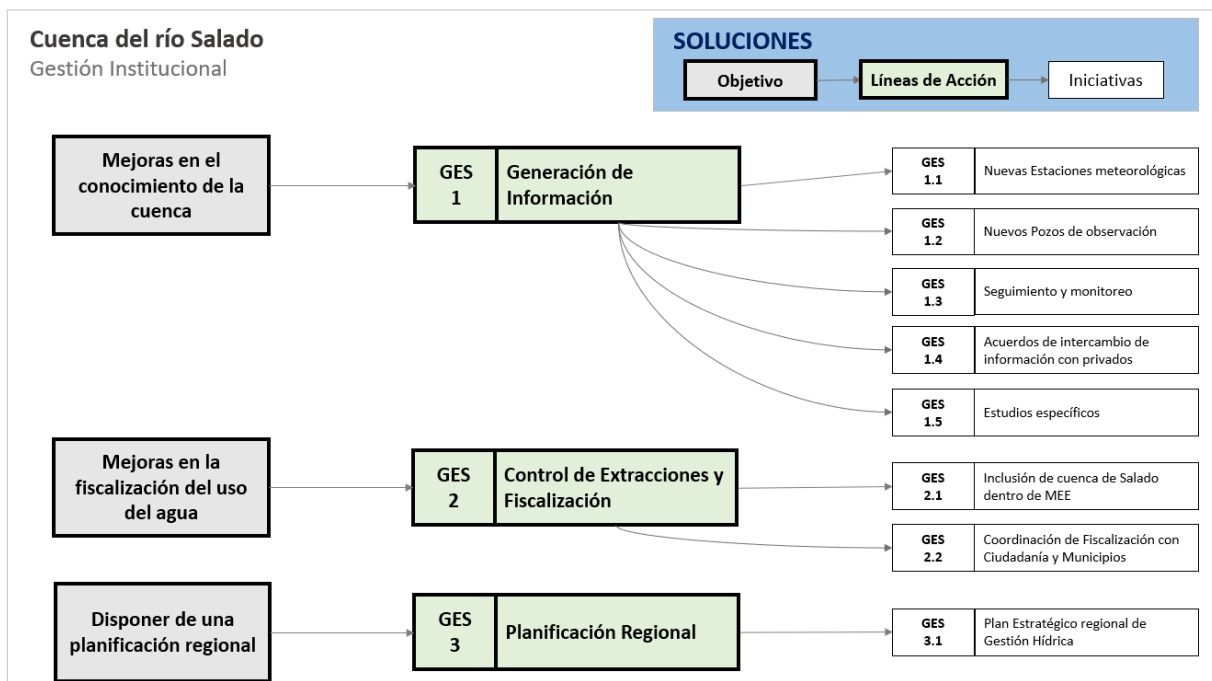
Eje Estratégico	Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos
Línea de Acción	DES 1. Adaptación ante eventos extremos
Iniciativa	DES 1.1 Obras fluviales y de control aluvional en la cuenca río Salado
Brechas asociadas	BDES 1. Falta de infraestructura para defensas fluviales ante eventos extremos
Objetivo	Reducir la exposición de los habitantes de la cuenca al riesgo de inundaciones y procesos de carácter aluvional.
Descripción	<p>El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, se encuentra evaluando ambientalmente el proyecto "Obras Fluviales y de Control Aluvional en la cuenca río Salado, Región de Atacama.</p> <p>El proyecto 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 de manera de permitir el escurrimiento sin desbordarse del caudal mayor, ya sea para la mayor crecida aluvional registrada a la fecha (el evento ocurrido en marzo de 2015) o para un periodo de retorno de 100 años. El diseño permite el paso de las crecidas lúquidas y detríticas de forma controlada hasta su descarga final en el Océano Pacífico, en la playa de Chañaral.</p> <p>Para la definición de los trazados se consideraron los factores ambientales, aspectos paisajísticos, restricciones urbanísticas de cada localidad, criterios hidráulicos y modelación computacional hidráulica que permitieron determinar las dimensiones de las obras propuestas.</p>
Actividades principales	<p>Para las tres localidades, aguas arriba, se consideró una longitud de canalización tal que permita el empotramiento de cada obra con los cerros, generando una transición gradual entre el río Salado y el inicio de la obra, de manera que se asegure el encauzamiento del río hacia la canalización y con esto se eviten desbordes laterales en cada localidad (como los ocurridos en marzo de 2015).</p> <p>En tanto, para el tramo final de cada obra se consideró que para que la canalización transite la crecida al cauce natural, su término se localice 200 m aguas abajo de la zona urbana, de manera que el flujo siga su curso de manera natural por el cauce del río hasta encauzar nuevamente en la canalización de la siguiente localidad.</p> <p>El caso de la localidad de Chañaral es diferente, en tanto el término de la obra, que coincide con la descarga hacia la playa en el Océano Pacífico, es en el punto definido como la línea de playa.</p>
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	No tiene
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca
Costo de implementación	\$83.418 millones de pesos
Duración	Más de 10 años
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección de Obras Hidráulicas
Plazo de Implementación	Desarrollo gradual entre el corto y hasta el largo plazo
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5 Gestión Institucional

La gestión institucional apunta principalmente, aunque no en forma exclusiva, a las acciones e iniciativas que son responsabilidad de la Dirección General de Aguas. Se abordaron aspectos de información sobre los recursos hídricos, fiscalización, y relación con las Organizaciones de Usuarios de Agua. Las iniciativas propuestas se agrupan en dos Líneas de Acción: Control de extracciones y fiscalización, y generación de información.

A continuación, la **Figura 7-5** muestra las principales líneas de acción, junto con las iniciativas correspondientes a cada una de ellas; información que es complementada con la **Tabla 7-28**.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-5 Árbol de Soluciones de la gestión institucional

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, como son los municipios de Chañaral y Diego de Almagro, la Dirección General de Aguas, la Dirección de Obras Hidráulicas, ONEMI, ECONSSA y Nueva Atacama.

Tabla 7-28 Iniciativas para la Gestión Institucional

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
GES 1 – Generación de Información	GES 1.1 – Nuevas Estaciones Meteorológicas	Propuesta	BGES 1
	GES 1.2 – Nuevos Pozos de Monitoreo	Propuesta	BGES 2
	GES 1.3 – Seguimiento y monitoreo	Propuesta	BGES 2
	GES 1.4 – Acuerdo de intercambio de información	Propuesta	BGES 2
	GES 1.5 – Estudios Específicos	Propuesta	BGES 3
Ges 2 – Control de Extracciones y Fiscalización	GES 2.1 – Monitoreo de Extracciones Efectivas	Propuesta	BGES 4
	GES 2.2 – Acuerdos de fiscalización	Propuesta	BGES 4
GES 3 – Planificación Regional	GES 3.1 – Plan Estratégico Regional de Gestión Hídrica	Propuesta	BGES 5

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.1 GES 1: Generación de información

Se identificó la necesidad de contar con información piezométrica de los niveles del/los acuíferos del Salado, con el propósito de generar una línea de base en el tiempo que permita una mejor comprensión y seguimiento de estos. Los pozos propuestos se detallan en la iniciativa.

7.1.5.1.1 GES 1.1: Nuevas estaciones meteorológicas

Uno de los elementos clave en la magnitud de los efectos de las crecidas aluvionales experimentadas en los años 2015 y 2017, es la falta de información y conocimiento sobre el funcionamiento de la cuenca ante distintos tipos de precipitaciones, así como la posibilidad de implementar medidas complementarias, no necesariamente estructurales, que permitan minimizar el efecto de estos fenómenos meteorológicos.

En particular, se definen dos iniciativas asociadas a esta línea de acción: la instalación, operación y mantenimiento de nuevas estaciones de la Red Hidrométrica de la DGA, y las definiciones para la coordinación interinstitucional.

La Dirección General de Aguas realizó el estudio "Diagnóstico para la implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos" (DGA, 2021d), en el que se evaluó la necesidad y oportunidad de instalar nuevas estaciones dentro de la red hidrométrica, no necesariamente con el propósito de disponer de antecedentes de caudales, sino que con el propósito de informar a un Sistema de Alerta Temprana. Se considera necesaria la implementación de estas estaciones, las que tienen el siguiente alcance (**Tabla 7-29** y **Figura 7-6**).

Tabla 7-29. Estaciones hidrometeorológicas propuestas para la cuenca río Salado

Estación	Especificación	Ubicación	Costo estimado (millones \$)
Potrerillos	Estación meteorológica	Sector Potrerillos	20
Salado sector medio	Estación meteorológica	Cuenca intermedia del río Salado	20
Total			40

Fuente: Elaboración propia

El costo de la iniciativa se estimó en \$ 40 millones de pesos, el plazo de implementación es de 1 años, y el responsable es la Unidad de Hidrología de la **Dirección General de Aguas**.

7.1.5.1.2 GES 1.2: Nuevos Pozos de monitoreo

Uno de los aspectos identificados en la brecha BGES 2. Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca, es precisamente la baja disponibilidad de información sobre los sectores acuíferos dentro de la cuenca, tanto en niveles estáticos como en calidad de aguas.

Estos pozos de observación de niveles subterráneos entregarán un aporte para la validación y mejoramiento de los niveles estimados en este estudio a través de las mediciones en la campaña de prospección TEM; esta sería información importante para la estimación de la cantidad de agua presente en el acuífero de la cuenca. Adicionalmente, junto con el proceso constructivo de estos pozos, se puede obtener información de los estratos resultantes de la perforación, además de permeabilidades y coeficientes de almacenamiento que es posible definir por medio de pruebas de bombeo de aquellos pozos.

En consecuencia, se identificó la necesidad de construir una serie de pozos de monitoreos en la cuenca (**Tabla 7-31** y **Figura 7-6**), los que se distribuyen para dar cuenta de distintas situaciones observadas en el modelo hidrogeológico conceptual, y permitirán validar las hipótesis allí contenidas. En la referencia se da la justificación de cada uno de estos. Los pozos permitirán un seguimiento de niveles estáticos y de calidad de aguas, según se describe en la iniciativa siguiente. En particular, para el seguimiento de niveles estáticos se propone que se considere dentro de su implementación un sensor con registro automático, con información que pueda ser recuperada en las campañas de calidad de aguas descritas en GES 1.3.

La implementación de estos pozos es de responsabilidad de la Dirección General de Aguas regional, unidad de Hidrología.

Tabla 7-30. Ficha de iniciativa GES 1.1

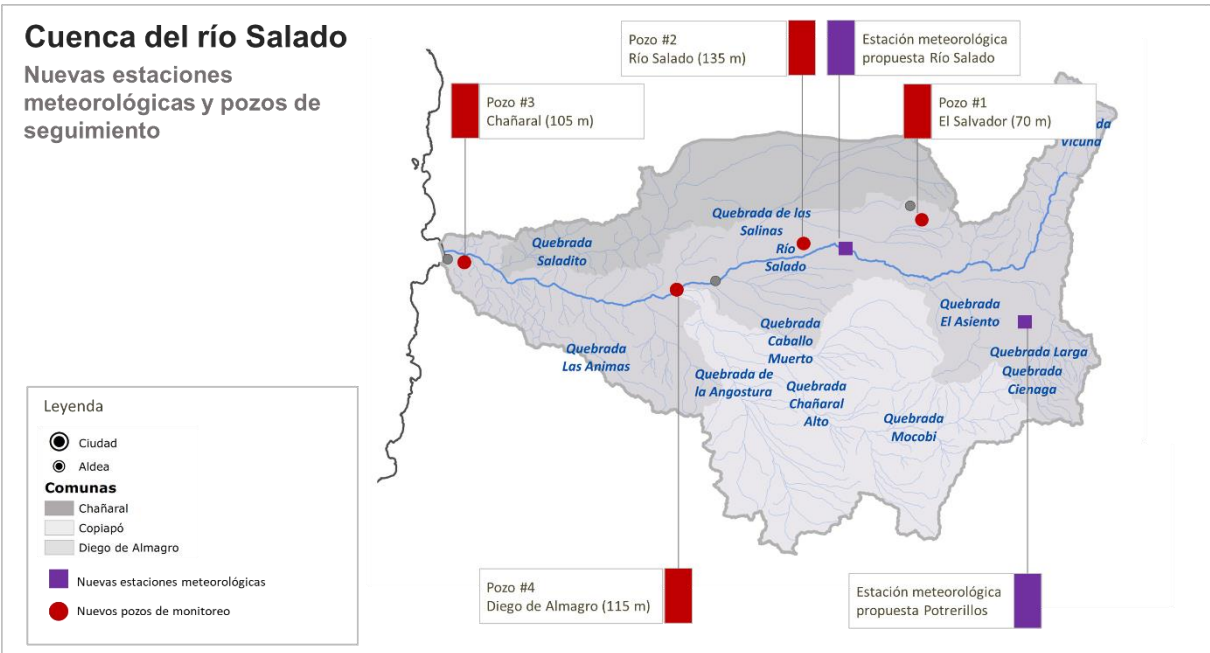
Eje Estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 1. Generación de información
Iniciativa	GES 1.1 Nuevas estaciones meteorológicas
Brechas asociadas	BGES 1. Falta de información meteorológica ante eventos extremos
Objetivo	Contribuir a mejorar la capacidad de anticipación de crecidas aluvionales a partir de mejoras en la disponibilidad de información meteorológica.
Descripción	<p>Uno de los elementos clave en la magnitud de los efectos de las crecidas aluvionales experimentadas en los años 2015 y 2017, es la falta de información y conocimiento sobre el funcionamiento de la cuenca ante distintos tipos de precipitaciones, así como la posibilidad de implementar medidas complementarias, no necesariamente estructurales, que permitan minimizar el efecto de estos fenómenos meteorológicos. En particular, se definen dos iniciativas asociadas a esta línea de acción: la instalación, operación y mantención de nuevas estaciones de la Red Hidrométrica de la DGA, y las definiciones para la coordinación interinstitucional.</p> <p>La Dirección General de Aguas realizó el estudio “Diagnóstico para la implementación de Red Nacional de Alerta de Eventos Hidrometeorológicos Extremos” (DGA, 2021d), en el que se evaluó la necesidad u oportunidad de instalar nuevas estaciones dentro de la red hidrométrica, no necesariamente con el propósito de disponer de antecedentes de caudales, sino que con el propósito de informar a un Sistema de Alerta Temprana. Se considera necesaria la implementación de estas estaciones, las que tienen el siguiente alcance.</p>
Actividades principales	<p>Instalar las siguientes estaciones meteorológicas</p> <p>Sector Potrerillos Cuenca intermedia del río Salado</p>
Ubicación	Cuenca río Salado, Sector Potrerillos y Cuenca intermedia del río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	GES 1.4: Acuerdo de intercambio de información con privados
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca del río Salado
Costo de implementación	\$40 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Unidad de Hidrología
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No tiene

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-31. Pozos de monitoreo a ser instalados en la cuenca

Nº	Profundidad (m)	Basamento (m)	UTM Este	UTM Norte	Referencia	Costo estimado (Millones de \$)
1	70	70	438.498	7.093.550	Pozo El Salvador. Cerca del pueblo de El Salvador, un pequeño acuífero de entrada a valle	60
2	135	190	410.361	7.090.223	Pozo Río Salado. Medición del acuífero más profundo y grande de la cuenca	112
3	105	105	340.690	7.086.227	Pozo Chañaral. Pozo a la entrada de Chañaral. Sirve para medir el nivel en la desembocadura de toda la cuenca, y también para medir calidad de agua que está llegando a la comuna y al mar. También puede ser útil para ver el efecto de intrusión salina	90
4	115	115	383.505	7.078.211	Pozo Diego de Almagro. Pozo en el punto de confluencia de los 3 sectores acuíferos más importantes de la cuenca.	96
Total						358

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-6 Propuesta de estaciones meteorológicas y pozos de monitoreo

Tabla 7-32. Ficha de iniciativa GES 1.2

Eje Estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 1. Generación de información
Iniciativa	GES 1.2 Nuevos pozos de monitoreo
Brechas asociadas	BGES 2. Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca
Objetivo	Mejorar la información sobre la hidrogeología de la cuenca mediante la implementación de 4 pozos de seguimiento de calidad de aguas y niveles.
Descripción	<p>Se identificó el siguiente listado de pozos a ser instalados en la cuenca. En la referencia se da la justificación de cada uno de estos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pozo El Salvador. Cerca del pueblo de El Salvador, un pequeño acuífero de entrada a valle - Pozo Río Salado. Medición del acuífero más profundo y grande de la cuenca - Pozo Chañaral. Pozo a la entrada de Chañaral. Sirve para medir el nivel en la desembocadura de toda la cuenca, y también para medir calidad de agua que está llegando a la comuna y al mar. También puede ser útil para ver el efecto de intrusión salina - Pozo Diego de Almagro. Pozo en el punto de confluencia de los 3 sectores acuíferos más importantes de la cuenca.
Actividades principales	<p>Identificación de sectores adecuados para la instalación de los pozos (propiedad de los terrenos, accesibilidad, otros)</p> <p>Construcción de los pozos</p>
Ubicación	Cuenca río Salado, en cuatro sectores
Relación con otras iniciativas priorizadas	GES 1.3: Seguimiento y Monitoreo
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca del río Salado
Costo de implementación	\$358 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Hidrología
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.1.3 GES 1.3: Seguimiento y Monitoreo

La brecha BGES 2. Apunta a la Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca, la que se debe por un lado a infraestructura de medición (consignada en GES 1.1 y GES 1.2). en la presente iniciativa complementa la instalación de infraestructura con la ejecución de las campañas de seguimiento asociadas.

Dada la falta de información primaria en la cuenca, tanto a nivel de aguas superficiales como subterráneas, se propone realizar las siguientes campañas de monitoreo adicionales (ver **Tabla 7-33**).

Tabla 7-33. Monitoreos a ser realizados en la cuenca

Campañas	Alcance	Costo estimado (Millones de \$)
Aforos recurrentes en río Salado	Al menos una (1) campaña de aforo anual, en temporada de aguas altas, en distintos puntos de la cuenca	20
Seguimiento hidroquímico y de niveles de aguas subterráneas	Al menos una (1) campaña de monitoreo anual, en distintos puntos de la cuenca (uno por cada SHAC propuesto). El costo es para toda la cuenca. Los parámetros a considerar son aquellos contenidos en la NCh 409, Norma de Calidad del Agua Potable, Tabla 1, 2 y 7.	5
Total		25

Fuente: Elaboración propia

A nivel superficial, realizar campañas de aforo en el río Salado para suplir la falta de una estación fluviométrica. No se propone el establecimiento de una nueva estación, dada la precariedad de la misma ante las crecidas del río. Esta iniciativa es de carácter anual, y puede ser reemplazada por una estación de medición indirecta o remota (sensores por rebote o similares).

A nivel subterráneo, se propone realizar un seguimiento de calidad de aguas en los 4 pozos propuestos en GES 1.2, el que sea complementario a la medición de niveles estáticos que se realizará en forma automática. En este caso, se propone que la campaña de toma de muestras se realice una vez al año. Ambas campañas, de aforo y de seguimiento de calidad de aguas, son de responsabilidad de la Dirección General de Aguas regional, unidad de Hidrología.

En la **Tabla 7-34** se presenta el resumen de la iniciativa.

Tabla 7-34. Ficha de iniciativa GES 1.3

Eje estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 1. Generación de información
Iniciativa	GES 1.3 Seguimiento y Monitoreo
Brechas asociadas	BGES 2. Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca
Objetivo	Realizar un seguimiento de calidad de aguas en los 4 pozos propuestos en GES 1.2, el que sea complementario a la medición de niveles estáticos que se realizará en forma automática.
Descripción	Se identificó la necesidad de realizar los siguientes monitoreos específicos para complementar la información disponible sobre la cuenca. <ul style="list-style-type: none"> - Al menos una (1) campaña de aforo anual, en temporada de aguas altas, en distintos puntos de la cuenca - Al menos una (1) campaña de monitoreo anual, en distintos puntos de la cuenca (uno por cada SHAC propuesto). El costo es para toda la cuenca. Los parámetros a considerar son aquellos contenidos en la NCh 409, Norma de Calidad del Agua Potable, Tabla 1, 2 y 7.
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Aforos en el río Salado - Seguimiento hidroquímico y de niveles en 4 pozos en la cuenca
Ubicación	Cuenca río Salado <ul style="list-style-type: none"> - Cauce del río Salado, en puntos por identificar - 4 pozos de seguimiento propuestos en GES 1.2
Relación con otras iniciativas priorizadas	Ges 1.2, Nuevos Pozos de monitoreo
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca del río Salado
Costo de implementación	\$750 millones de pesos
Duración	Permanente (30 años)
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Hidrología
Plazo de Implementación	Permanente
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.1.4 GES 1.4: Acuerdo de intercambio de información con privados

La brecha BGES 2. Apunta a la Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca. En consecuencia, se propone la obtención de un acuerdo permanente de intercambio de información con empresas privadas, principalmente empresas mineras, que puedan aportar antecedentes en tiempo real para disponer de información meteorológica que contribuya a reforzar el conocimiento, comprensión y capacidad de anticipación ante eventos extremos. Este acuerdo podría ser ampliado a otras variables, como seguimiento de calidad de aguas o niveles de acuíferos, en tanto las partes así lo consientan.

La medida corresponde a un acuerdo voluntario entre las partes, y no resulta en la instalación de estaciones meteorológicas adicionales a las ya comprometidas dentro del presente Plan estratégico, sin perjuicio de que a futuro se requiera el desarrollo de plataformas integradas para la administración de la información.

La medida es liderada por la Dirección General de Aguas, en colaboración con las empresas mineras de la cuenca, actuales y futuras. No se le asignó un costo de implementación específico, ya que no requiere de infraestructura adicional, y su materialización se debe realizar en el corto plazo.

El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-35**.

Tabla 7-35. Ficha de iniciativa GES 1.4

Eje Estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 1. Generación de información
Iniciativa	GES 1.4 Acuerdo de intercambio de información con privados
Brechas asociadas	BGES 2. Apunta a la Falta de información sobre la hidrología e hidrogeología de la cuenca
Objetivo	Se propone la obtención de un acuerdo de intercambio de información con empresas privadas, principalmente empresas mineras, que puedan aportar antecedentes en tiempo real para disponer de información meteorológica que contribuya a reforzar el conocimiento, comprensión y capacidad de anticipación ante eventos extremos.
Descripción	La medida corresponde a un acuerdo voluntario entre las partes, y no resulta en la instalación estaciones meteorológicas adicionales a las ya comprometidas dentro del presente Plan estratégico, sin perjuicio de que a futuro se requiera el desarrollo de plataformas integradas para la administración de la información. La medida es liderada por la Dirección General de Aguas, en colaboración con las empresas mineras de la cuenca, actuales y futuras. No se le asignó un costo de implementación específico, y su materialización se debe realizar en el corto plazo. Otro aspecto para desarrollar es la capacidad de propuesta regional, particularmente enfocada en la capacitación para la presentación de proyectos de financiamiento regional que permitan, por ejemplo, ampliar la red hidrométrica.
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento del acuerdo - Registro de intercambio de información
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas prioritizadas	GES 1.1: Nuevas estaciones meteorológicas GES 1.2: Nuevos Pozos de monitoreo GES 1.3: Seguimiento y Monitoreo
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca del río Salado
Costo de implementación	--
Duración	Permanente
Fuente de Financiamiento	No aplica
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Regional
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.1.5 GES 1.5: Estudios Específicos

La brecha BGES 3 señala una Ausencia de información básica y de modelación. La campaña geofísica y el modelo hidrogeológico conceptual concluyeron que existe la probabilidad de que los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC) actuales no necesariamente se condicen con el comportamiento hidrogeológico de la cuenca. En ese sentido, las condiciones para otorgar o denegar derechos de aprovechamiento de agua podrían variar.

En consecuencia, se identificó la necesidad de realizar un estudio específico para complementar la información disponible sobre la cuenca y eventualmente redefinir los SHAC actuales (**Tabla 7-36**). El responsable de este estudio es la Dirección General de Aguas.

El alcance de esta iniciativa es estudiar de forma más detallada el acuífero de la cuenca, sus propiedades hidrogeológicas, geometría, estratos y niveles, con el objetivo de estudiar una eventual redefinición de SHAC que sea más apropiada para la gestión de aguas subterráneas de la cuenca.

Para esto, se debe realizar las siguientes actividades:

- Realizar una campaña de gravimetría que complemente a la campaña llevada a cabo en el presente estudio, que busque obtener información en zonas que, por ser menos prioritarias, no contaron con perfiles de gravimetría en esta ocasión.
- Construcción de los pozos de observación de niveles descritos en la iniciativa GES 1.2
- A estas medidas se le puede añadir una campaña de prospección TEM que complemente a la campaña realizada en esta oportunidad. Como se ha dicho, la campaña TEM ejecutada en este momento cumplió el objetivo de entregar información global de la cuenca para la elaboración de un plan de gestión, pero que requiere más mediciones, con perfiles extensos y gran cantidad de estaciones TEM (del orden de varios cientos), si se pretende tener una idea de los estratos subterráneos a partir de mediciones TEM.

Los resultados esperados son los siguientes:

- Una definición de la geometría del basamento con menos incertidumbre en aquellos lugares no medidos en esta oportunidad a través de gravimetría.
- Una corroboración o corrección de los niveles de aguas subterráneas estimados en esta oportunidad, esto a través de la medición directa de niveles por medio de pozos de observación.
- Una corroboración o corrección de las permeabilidades y coeficientes de almacenamiento estimados en este estudio, esto a través de pruebas de bombeo realizadas en los pozos de observación de niveles que se proponen.
- A través de esta información, tener aún más fundamentos que permitan guiar la decisión de eventual redefinición de SHAC en la cuenca.

Tabla 7-36. Estudios específicos a ser realizados en la cuenca

Estudio	Alcance	Costo estimado (Millones de \$)
Estudio Hidrogeológico complementario	Estudio hidrogeológico derivado de los antecedentes geofísicos y el modelo conceptual aportado por el presente Plan, que pudiera concluir en la conveniencia de distinguir entre uno o más Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento común.	300

Fuente: Elaboración propia

El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-37**.

Tabla 7-37. Ficha de iniciativa GES 1.5

Eje estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 1. Generación de información
Iniciativa	GES 1.5 Estudios específicos
Brechas asociadas	BGES 3. Ausencia de información básica y de modelación
Objetivo	Complementar la información hidrogeológica disponible, con el propósito de evaluar la conveniencia de distinguir entre uno o más Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento común.
Descripción	El alcance de esta iniciativa es estudiar de forma más detallada el acuífero de la cuenca, sus propiedades hidrogeológicas, geometría, estratos y niveles, con el objetivo de estudiar una eventual redefinición de SHAC que sea más apropiada para la gestión de aguas subterráneas de la cuenca.
Actividades principales	Campaña de gravimetría Campaña TEM Informe Técnico
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	GES 1.2, Nuevos Pozos de Monitoreo
Beneficiarios	Habitantes de la cuenca del río Salado
Costo de implementación	\$300 millones de pesos
Duración	12 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.2 GES 2: Control de Extracciones y Fiscalización

Se concluyó la necesidad de avanzar en la generación de información respecto al uso efectivo de los derechos de aprovechamiento de agua en la cuenca, así como colaborar con privados en la complementación de información, y con la ciudadanía y municipios en la fiscalización.

7.1.5.2.1 GES 2.1: Monitoreo de Extracciones Efectivas

Dada la relevancia de las extracciones que se realizan en la cuenca río Salado en relación con la oferta de sus fuentes naturales, y particularmente en los humedales de la cordillera de Domeyko, es que se propone la incorporación de esta cuenca al sistema de Monitoreo de Extracciones Efectivas y, en particular, que se establezca que los usuarios institucionales (empresas mineras y sanitarias) se acojan al más alto estándar de registro y reporte de la información.

La medida debe ser implementada administrativamente por la DGA, pero la implementación material y el envío de información debe ser realizado por los titulares de los derechos de aprovechamiento de aguas afectos a este control.

En consecuencia, se determinó que el costo de esta iniciativa es cero. El plazo de implementación es de 12 meses (corto plazo), no obstante, el monitoreo será permanente.

El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-38**.

7.1.5.2.2 GES 2.2: Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios

Dada las características de la distribución de los recursos hídricos y los derechos de aprovechamiento de agua superficiales y subterráneos en la región de Atacama, las cuencas de Copiapó y de Huasco concentran buena parte de la capacidad de fiscalización de la Dirección General de Aguas.

En consecuencia, la presencia de fiscalizadores en cuencas como la del río Salado es menor en comparación a otras cuencas principales y, de la misma forma, los procedimientos de fiscalización no son de conocimiento común entre la ciudadanía y los municipios de Chañaral y Diego de Almagro.

Tabla 7-38. Ficha de iniciativa GES 2.1

Eje estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 2. Control de extracciones y fiscalización
Iniciativa	GES 2.1 Monitoreo de extracciones efectivas
Brechas asociadas	BGES 4. Desconocimiento de las extracciones regulares e irregulares
Objetivo	Implementar en la cuenca del río Salado el Monitoreo de Extracciones Efectivas para mejorar el control de las extracciones actuales.
Descripción	Dada la relevancia de las extracciones que se realizan en la cuenca río Salado en relación a la oferta de sus fuentes naturales, y particularmente en los humedales de la cordillera de Domeyko, es que se propone la incorporación de esta cuenca al sistema de Monitoreo de Extracciones Efectivas y, en particular, que se establezca que los usuarios institucionales (empresas mineras y sanitarias) se acojan al más alto estándar de registro y reporte de la información.
Actividades principales	Dictaminar el Monitoreo de Extracciones Efectivas para la cuenca del río Salado
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	No tiene
Beneficiarios	No aplica
Costo de implementación	--
Duración	Permanente
Fuente de Financiamiento	No aplica
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Departamento de Fiscalización
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No tiene

Fuente: Elaboración propia

Por esta razón, se propone la realización de una campaña de capacitación y sensibilización a los municipios y a la ciudadanía organizada, que permita facilitar la realización de denuncias para el caso de extracciones irregulares de derechos de aprovechamiento de agua, de manera tal que éstas aporten los antecedentes mínimos requeridos para que se pueda realizar seguimiento al ilícito.

Para esto, la Dirección General de Aguas debe realizar un acercamiento con los municipios respectivos, y destinar a los profesionales específicos para las capacitaciones y acompañamiento requerido. Si bien es una actividad que requiere recursos, se entiende que forman parte de la destinación regular de fondos, por lo que se no se destina un presupuesto adicional a esta iniciativa. Su materialización debe realizarse en el corto plazo.

En la **Tabla 7-39** se presenta un resumen de la iniciativa.

Tabla 7-39. Ficha de iniciativa GES 2.2

Eje Estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 2. Control de extracciones y fiscalización
Iniciativa	GES 2.2 Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios
Brechas asociadas	BGES 4. Desconocimiento de las extracciones regulares e irregulares
Objetivo	Mejorar el control ciudadano de las extracciones irregulares mediante el establecimiento de procedimientos de trabajo conjunto con los municipios de la cuenca.
Descripción	<p>se propone la realización de una campaña de capacitación y sensibilización a los municipios y a la ciudadanía organizada, que permita facilitar la realización de denuncias para el caso de extracciones irregulares de derechos de aprovechamiento de agua, de manera tal que éstas aporten los antecedentes mínimos requeridos para que se pueda realizar seguimiento al ilícito.</p> <p>Para esto, la Dirección General de Aguas debe realizar un acercamiento con los municipios respectivos, y destinar a los profesionales específicos para las capacitaciones y acompañamiento requerido. Si bien es una actividad que requiere recursos, se entiende que forman parte de la destinación regular de fondos, por lo que se no se destina un presupuesto adicional a esta iniciativa. Su materialización debe realizarse en el corto plazo.</p>
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Acercamiento entre DGA y municipios - Capacitación sobre procedimientos de fiscalización e información mínima
Ubicación	Cuenca río Salado
Relación con otras iniciativas priorizadas	No hay
Beneficiarios	No aplica
Costo de implementación	--
Duración	Permanente
Fuente de Financiamiento	Sectorial
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, Fiscalización
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.1.5.3 GES 3: Planificación regional

7.1.5.3.1 GES 3.1: Plan Estratégico de Gestión Hídrica Regional

La brecha BGES 5 identificó la Necesidad de una planificación de recursos hídricos a nivel regional. Para esto, se requiere un Plan que recoja las evaluaciones individuales realizadas en cada uno de los PEGH a nivel de cuenca, pero que trascienda esta base territorial para evaluar en forma integrada la oferta de todas las fuentes potenciales (nieves, aguas superficiales y subterráneas, aguas desaladas, aguas reutilizadas, trasvases a nivel de carreteras hídricas, etc.); la demanda actual y futura según escenarios de desarrollo urbano

y productivo (desarrollo del borde costero, turismo, agricultura, minería); y las condiciones de sustentabilidad requeridas para los ecosistemas y las comunidades locales.

La evaluación debe considerar soluciones basadas en la infraestructura, en la naturaleza y en la gestión, y determinar conjuntos de soluciones posibles para los escenarios regionales definidos. Para el análisis de los escenarios de gestión, se requiere integrar los distintos modelos y verificar las condiciones de continuidad entre ellos.

El Plan debe desarrollarse en un contexto de Participación Ciudadana, e incluir las externalidades positivas y negativas de las soluciones consideradas. Las partidas principales del Plan regional se describen en la **Tabla 7-40**.

Tabla 7-40. Partidas para un Plan Estratégico de Gestión Hídrica regional

Partida	Alcance	Monto (millones de \$)
Integración de los modelos existentes	Coordinación de los modelos hidrológicos e hidrogeológicos desarrollados para cada una de las cuencas de la región	400
Participación Ciudadana	Trabajo territorial para la formulación del Plan	100
Formulación del Plan	Actualización del diagnóstico, evaluación de soluciones, evaluación de externalidades, definición de una hoja de ruta	300
Total		800

Fuente: Elaboración propia

Se estima que un estudio integral de este tipo requiere de un presupuesto de \$800 millones de pesos, para un plazo de 24 meses. El estudio debe ser liderado por la **Dirección General de Aguas del MOP**, pudiendo optar a fondos regionales dada la magnitud de la iniciativa.

El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-41**.

Tabla 7-41. Ficha de iniciativa GES 3.1

Eje Estratégico	Gestión Institucional
Línea de Acción	GES 3. Planificación regional
Iniciativa	GES 3.1 Plan estratégico de Gestión Hídrica Regional
Brechas asociadas	BGES 5. Necesidad de una planificación de recursos hídricos a nivel regional
Objetivo	Elaborar un Plan Estratégico de Recursos Hídricos a nivel regional, que integre la totalidad de las fuentes de agua continentales y marinas, así como los distintos usos identificados, de manera que se incorporen los trasvases de agua que actualmente sobrepasan el ámbito territorial de las cuencas que componen la región de Atacama.
Descripción	Elaborar un Plan Estratégico de Recursos Hídricos que tenga como propósito la seguridad hídrica a nivel regional, y que permita incorporar los trasvases de agua de distintas fuentes que actualmente ya ocurren dentro de la cuenca. La estructura de este Plan es similar a la del presente Plan Estratégico.
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis crítico de los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica por cuenca - Elaboración de un Plan Estratégico de Recursos Hídricos a nivel regional
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas priorizadas	GOB 1.1: Construcción de un Sistema de Gobernanza regional GOB 1.2: Establecimiento de una Secretaría Técnica
Beneficiarios	Habitantes de la región de Atacama
Costo de implementación	\$800 millones de pesos
Duración	24 meses
Fuente de Financiamiento	Sectorial / Regional
Institución Responsable	Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

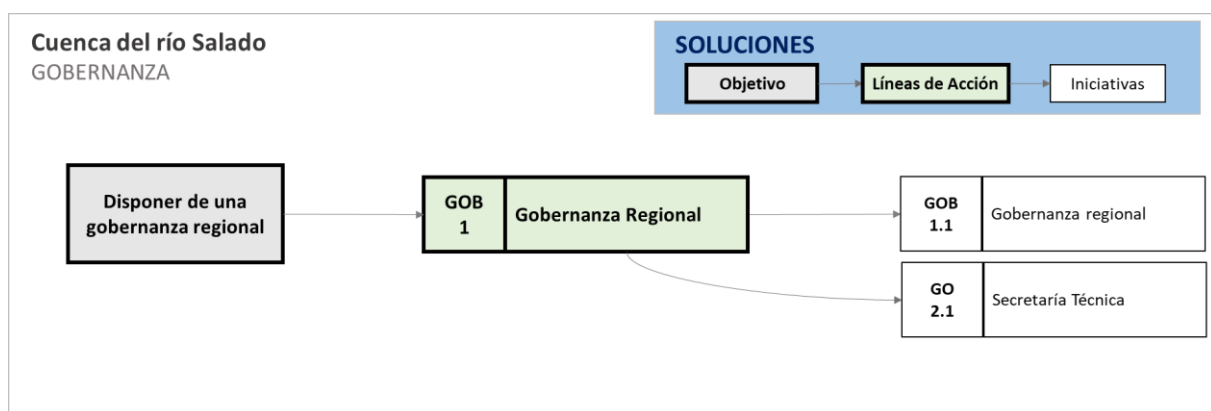
7.1.6 Gobernanza

La Gobernanza permite la implementación del Plan Estratégico, en tanto define los ejes estratégicos, el propósito, los roles, las responsabilidades y, sobre todo, establece mecanismos para la resolución de conflictos asociados a una gestión integrada no solo a nivel del recurso (aguas terrestres y marítimas), sino que también por la naturaleza de los actores involucrados (públicos y privados).

En particular, en esta cuenca los actores asociados a la gestión de las aguas, y particularmente los usuarios directos, se abastecen principalmente de aguas que provienen de fuera de la cuenca, ya sea de trasvases desde las cuencas altoandinas o bien mediante trasvases de agua potable, e incluso impulsiones de agua de mar. Estas diferencias en las fuentes de agua, y la disociación que existe entre cuenca aportante y cuenca consumidora (en este caso, consumidora neta), requiere abordar un sistema de gobernanza desde una perspectiva regional, que trascienda en este caso los límites y limitaciones de la cuenca, y disponga de los mínimos sociales, los principios de desarrollo, y coordine las acciones

públicas y privadas que permitan avanzar en esta dirección. De esta forma, es posible abordar no solo los trasvases de agua, sino que también considerar plazos de desarrollo e inversiones que también superan el horizonte territorial de la cuenca hidrográfica.

En consecuencia, se propone avanzar hacia un sistema de gobernanza regional de los recursos hídricos, de manera tal que permita abordar al mismo tiempo la complejidad del problema, como la envergadura de las soluciones requeridas (**Figura 7-7** y **Tabla 7-42**).



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-7 Árbol de Soluciones para la Gobernanza

Tabla 7-42 Gobernanza

Línea de Acción	Iniciativa	Fuente	Brecha
GOB 1 – Gobernanza Regional	GOB 1.1 – Construcción de un sistema de Gobernanza Regional	Propuesta	BGOB 1
	GOB 1.2 – Establecimiento de una Secretaría Técnica	Propuesta	BGOB 1

Fuente: Elaboración propia

7.1.6.1 GOB 1: Construcción de un Sistema de Gobernanza regional

7.1.6.1.1 GOB 1.1: Construcción de un Sistema de Gobernanza regional

Se realizaron dos talleres para abordar la Interconexión Hídrica (contenidos en el Anexo J7, Formulación del Plan), en los cuales se alcanzó un consenso en la necesidad de establecer una gobernanza para la distribución del agua en la región de Atacama. Esta necesidad queda reflejada en la brecha BGOB 1. No existe una gobernanza hídrica en la cuenca.

Sin embargo, dada la complejidad de la materia y las incertidumbres que existen en este punto sobre el rol de cada uno de los actores en la distribución de los recursos hídricos, se propuso dar un primer paso a través de un sistema de "Gobernanza de Partida", el que posteriormente dé origen a un sistema de "Gobernanza Definitiva".

Se propone la definición de una estructura, sistema o modelo de gobernanza de partida que permita la implementación de las acciones compartidas del Plan Estratégico, dentro de las cuales destaca el avance hacia la interconexión hídrica de la cuenca y la región. Los actores que participen de esta iniciativa deben ser públicos, privados, pero también de la sociedad civil. Sin embargo, dado el carácter provisorio de esta instancia, se entiende que es posible incorporar nuevos actores en un sistema de gobernanza definitiva. Se propone preliminarmente el listado de actores contenido en la **Tabla 7-43**.

Tabla 7-43. Actores que podrían formar parte de una gobernanza de partida

Eje	Actores Públicos	Actores Privados	Sociedad Civil
Personas	SISS ECONSSA DOH	Empresa Sanitaria (Nueva Atacama)	Representantes sociales Comunidades indígenas
Ecosistemas	DGA Seremi de Medio Ambiente SEIA regional DIRECTEMAR	Empresas Mineras (CODELCO DSAL, Mantoverde)	ONGs Comunidades indígenas
Actividades Productivas	Seremi de Minería COCHILCO Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático	Consejo Minero SONAMI Empresas mineras ACADES CCHC Organizaciones de Usuarios de Aguas Sociedad Agrícola del Norte (SAN)	Organizaciones de productores (pescadores)
Eventos Extremos	ONEMI		
Gobierno local	Gobierno regional Consejo regional Municipios		

Fuente: Elaboración propia

A partir de este conjunto de actores, se debe proponer una forma de organización, que a su vez permita construir una hoja de ruta para el uso integrado de los recursos hídricos en la región de Atacama.

Posteriormente, una vez que se hayan realizado los estudios específicos y conducido la discusión inicial, lo cual es el propósito del sistema de gobernanza de partida, se debe establecer un sistema de gobernanza definitiva. En forma preliminar, se propone la creación de un **Consejo Regional de Recursos Hídricos** que canalice, dentro de su estructura, la

seguridad hídrica para las personas, para los ecosistemas y las actividades productivas, y en particular, aborde la interconexión hídrica como una estrategia central.

Tanto para el sistema de gobernanza de partida como para el Consejo de Recursos Hídricos, se propone el establecimiento de una Secretaría Técnica que provea del acompañamiento permanente a las actividades que se desarrollan.

Se entiende que el establecimiento del sistema de gobernanza no tiene un costo asociado y que su implementación depende del consenso entre las partes.

La iniciativa se resume en la **Tabla 7-44**.

7.1.6.1.2 GOB 1.2: Establecimiento de una Secretaría Técnica

Se propone el establecimiento de una Secretaría Técnica de carácter permanente, que preste apoyo al sistema de Gobernanza de la cuenca. Las características de esta Secretaría son las siguientes (**Tabla 7-45**).

El costo de esta Secretaría se estimó en **\$300 millones de pesos al año**, durante 30 años, y considera el pago de remuneraciones y costos operacionales. El resumen de la iniciativa se presenta en la **Tabla 7-46**.

Tabla 7-44. Ficha de iniciativa GOB 1.1

Eje Estratégico	Gobernanza
Línea de Acción	GOB 1. Construcción de un Sistema de Gobernanza regional
Iniciativa	GOB 1.1 Construcción de un Sistema de Gobernanza regional
Brechas asociadas	BGOB 1. No existe una gobernanza hídrica en la cuenca
Objetivo	Se propone la definición de una estructura, sistema o modelo de gobernanza de partida que permita la implementación de las acciones compartidas del Plan Estratégico, dentro de las cuales destaca el avance hacia la interconexión hídrica de la cuenca y la región.
Descripción	<p>Se propone la definición de una gobernanza de partida que permita la realización de los estudios básicos requeridos para la implementación de la red interconectada de recursos hídricos. Los actores que participen de esta iniciativa deben ser públicos, privados, pero también de la sociedad civil. Sin embargo, dado el carácter provisorio de esta instancia, se entiende que es posible incorporar nuevos actores en una gobernanza definitiva. A partir de este conjunto de actores, se debe proponer una forma de organización, que a su vez permita construir una hoja de ruta para el uso integrado de los recursos hídricos en la región de Atacama.</p> <p>Posteriormente, una vez que se hayan realizado los estudios específicos y conducido la discusión inicial, lo cual es el propósito de la gobernanza de partida, se debe establecer una gobernanza definitiva. En forma preliminar, se propone la creación de un Consejo Regional de Recursos Hídricos que canalice, dentro de su estructura, la seguridad hídrica para las personas, para los ecosistemas y las actividades productivas, y en particular, aborde la interconexión hídrica como una estrategia central.</p> <p>Tanto para la gobernanza de partida como para el Consejo de Recursos Hídricos, se propone el establecimiento de una Secretaría Técnica que provea del acompañamiento permanente a las actividades que se desarrollan.</p> <p>Se entiende que el establecimiento de la gobernanza no tiene un costo asociado y que su implementación depende del consenso entre las partes.</p>
Actividades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de sistema de gobernanza de partida - Implementación
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas prioritizadas	GOB 1.2: Establecimiento de una Secretaría Técnica
Beneficiarios	Habitantes de la Región de Atacama
Costo de implementación	--
Duración	Permanente
Fuente de Financiamiento	No aplica
Institución Responsable	Gobierno Regional
Plazo de Implementación	1 a 5 años
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-45. Alcances de una Secretaría Técnica

Concepto	Alcance
Propósito	Proporcionar continuidad operacional a la gobernanza establecida. Coordinación de reuniones y actividades técnicas. Análisis técnicos de iniciativas y otras propuestas que requieran de coordinación intersectorial. Seguimiento a indicadores hídricos de cuenca y del Plan Estratégico.
Estructura	Secretario/a (1) Staff de asesores especializados (4) Staff de ingenieros de estudio (4)
Operación	Funcionamiento permanente en apoyo al sistema de gobernanza, ya sea de partida o definitiva

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-46. Ficha de iniciativa GOB 1.2

Eje Estratégico	Gobernanza
Línea de Acción	GOB 1. Construcción de un Sistema de Gobernanza regional
Iniciativa	GOB 1.2 Establecimiento de una Secretaría Técnica permanente
Brechas asociadas	BGOB 1. No existe una gobernanza hídrica en la cuenca
Objetivo	Contar con una instancia técnica y permanente que brinde continuidad y respaldo a la instalación y funcionamiento del sistema de Gobernanza regional.
Descripción	<p>Se propone el establecimiento de una Secretaría Técnica de carácter permanente, que preste apoyo a la Gobernanza de la Cuenca. Las características de esta Secretaría son las siguientes:</p> <p>Propósito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar continuidad operacional a la gobernanza establecida. - Coordinación de reuniones y actividades técnicas. - Análisis técnicos de iniciativas y otras propuestas que requieran de coordinación intersectorial. - Seguimiento a indicadores hídricos de cuenca y del Plan Estratégico. <p>Estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secretario/a (1) - Staff de asesores especializados (4) - Staff de ingenieros de estudio (4) <p>Operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento permanente en apoyo a la gobernanza, ya sea de partida o definitiva <p>El costo de esta Secretaría se estimó en \$200 millones de pesos al año, y considera el pago de remuneraciones y costos operacionales.</p>
Actividades principales	Instalación de la Secretaría Técnica
Ubicación	Región de Atacama
Relación con otras iniciativas prioritizadas	GOB 1.1: Construcción de un Sistema de Gobernanza regional
Beneficiarios	Habitantes de la región de Atacama
Costo de implementación	\$9.000 millones de pesos
Duración	Permanente
Fuente de Financiamiento	Regional
Institución Responsable	Gobierno Regional
Plazo de Implementación	Permanente
Recomendaciones	No hay

Fuente: Elaboración propia

7.2 Alternativas seleccionadas

La cartera de iniciativas seleccionadas y descritas en el numeral 7.1 se presenta para cada uno de los ejes estratégicos de planificación (ver **Tabla 7-47**): Seguridad Hídrica para las personas, ecosistemas, actividades productivas y eventos extremos, Gestión Institucional y Gobernanza. De esta forma, las iniciativas se organizan por Eje Estratégico, el cual contiene Líneas de Acción, y estas a su vez se materializan a través de iniciativas.

Tabla 7-47 Alternativas seleccionadas

Eje	Línea de Acción	Iniciativa
Seguridad Hídrica Personas	PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.1 Ampliación de la Red de Agua Potable
Seguridad Hídrica Personas	PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.2 Ampliación de la Red de Alcantarillado
Seguridad Hídrica Personas	PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua
Seguridad Hídrica Personas	PER 2. Reutilización de Agua	PER 2.1 Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en Chañaral
Seguridad Hídrica Personas	PER 2. Reutilización de Agua	PER 2.2 Reutilización de Aguas Servidas en Chañaral
Seguridad Hídrica Ecosistemas	ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales de la cuenca
Seguridad Hídrica Ecosistemas	ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.2 Acompañamiento a la Mesa Técnica de CODELCO DSAL
Seguridad Hídrica Ecosistemas	ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.3 Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable
Seguridad Hídrica Ecosistemas	ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 2.1 APL de desaladoras
Seguridad Hídrica Ecosistemas	ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 2.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa
Seguridad Hídrica Act Productivas	PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica
Seguridad Hídrica Act Productivas	PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales
Seguridad Hídrica Act Productivas	PRO 2. Nuevas Fuentes de Agua	PRO 2.1 Ampliación piloto de atrapanieblas sector Falda Verde
Seguridad Hídrica Eventos Extremos	DES 1. Adaptación ante eventos extremos	DES 1.1 Obras fluviales y de Control Aluvional en la cuenca del río Salado

Eje	Línea de Acción	Iniciativa
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.1 Nuevas Estaciones meteorológicas
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.2 Pozos de Monitoreo
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.3 Seguimiento y Monitoreo
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.4 Acuerdo de intercambio de información con privados
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.5 Estudios específicos
Gestión Institucional	GES 2. Control de Extracciones y Fiscalización	GES 2.1 Monitoreo de Extracciones Efectivas
Gestión Institucional	GES 2. Control de Extracciones y Fiscalización	GES 2.2 Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios
Gestión Institucional	GES 3. Interconexión hídrica regional	GES 3.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama
Gobernanza	GOB 1. Construcción de un Sistema de Gobernanza regional	GOB 1.1 Sistema de Gobernanza regional
Gobernanza	GOB 1. Construcción de un Sistema de Gobernanza regional	GOB 1.2 Secretaría Técnica

Fuente: Elaboración propia

7.3 Líneas de Acción

El Plan Estratégico se formuló a partir de una estructura de Ejes Estratégicos, Líneas de Acción e iniciativas, la que se resume en el esquema siguiente (**Figura 7-8**).

Las Líneas de Acción asociadas a la Dirección General de Aguas y al resto de los actores de la cuenca y la región se presentan en la **Tabla 7-48**.

7.4 Valorización económica del Plan

El costo total del Plan Estratégico es de **\$123.042 millones de pesos** (3.958.256 UF). El total de iniciativas propuestas y valorizadas se presenta en la **Tabla 7-49**.

El eje estratégico que concentra la inversión es de Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos (67,8%), producto de las obras de control aluvional proyectadas en el río Salado. Le sigue la Seguridad Hídrica para las personas (16,4%).



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-8 Líneas de Acción del Plan Estratégico

Tabla 7-48. Responsables por Línea de Acción

Etiquetas de fila	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	%
1 Seguridad Hídrica Personas	20.177	649.082	16,4%
PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	12.309	395.992	10,0%
PER 2. Reutilización de Agua	7.867	253.090	6,4%
2 Seguridad Hídrica Ecosistemas	6.910	222.294	5,6%
ECO 1. Protección de humedales	1.810	58.227	1,5%
ECO 2. Protección de ecosistemas marinos	5.100	164.066	4,1%
3 Seguridad Hídrica Act. Productivas	1.300	41.821	1,1%
PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	1.200	38.604	1,0%
PRO 2. Nuevas Fuentes de Agua	100	3.217	0,1%
4 Seguridad Hídrica Eventos Extremos	2.238	71.996	1,8%
DES 1. Adaptación ante eventos extremos	1.438	46.260	1,2%
5 Gestión Institucional	-	-	0,0%
GES 1. Generación de información	800	25.736	0,7%
GES 2. Control de Extracciones y Fiscalización	9.000	289.529	7,3%
GES 3. Interconexión hídrica regional	9.000	289.529	7,3%
6 Gobernanza	83.418	2.683.535	67,8%
GOB 1. Construcción de un sistema de Gobernanza regional	83.418	2.683.535	67,8%
Total general	123.042	3.958.256	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-49. Resumen de iniciativas de inversión

Iniciativa	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Responsable	Fuente de financiamiento	%
PER 1.1 Ampliación de la Red de Agua Potable	4.463	143.589	Empresa Sanitaria	Privada	3,6%
PER 1.2 Ampliación de la Red de Alcantarillado	7.596	244.361	Empresa Sanitaria	Privada	6,2%
PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua	100	3.217	DOH	Sectorial	0,2%
PER 2.1 Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en Chañaral	200	6.434	DOH	Sectorial	0,2%
PER 2.2 Reutilización de Aguas Servidas en Chañaral	7.667	246.656	Privados	Privada	6,2%
ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales de la cuenca	1.500	48.255	MMA	Sectorial	1,2%
ECO 1.2 Acompañamiento a la Mesa Técnica de CODELCO DSAL	10	322	MMA	Sectorial	0,0%
ECO 1.3 Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable	300	9.651	DOH	Sectorial	0,2%
ECO 2.1 APL de desaladoras	100	3.217	Empresas Desaladoras	Privada	0,1%
ECO 2.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	5.000	160.849	MMA	Regional	4,1%
PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	800	25.736	MINERÍA	Sectorial / Regional	0,7%
PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	400	12.868	MINERÍA	Sectorial / Regional	0,3%
PRO 2.1 Ampliación piloto de atrapanieblas sector Falda Verde	100	3.217	INDAP	Regional	0,1%
DES 1.1 Obras fluviales y de Control Aluvional en la cuenca del río Salado	83.418	2.683.535	DOH	Sectorial	67,8%
GES 1.1 Nuevas Estaciones meteorológicas	30	965	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial	0,0%
GES 1.2 Pozos de Monitoreo	358	11.517	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial	0,3%
GES 1.3 Seguimiento y Monitoreo	750	24.127	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial	0,6%
GES 1.4 Acuerdo de intercambio de información con privados	-	-	DGA Regional	Sectorial	0,0%
GES 1.5 Estudios específicos	300	9.651	DGA ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	Sectorial	0,2%
GES 2.1 Monitoreo de Extracciones Efectivas	-	-	DGA FISCALIZACIÓN	Sectorial	0,0%

Iniciativa	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Responsable	Fuente de financiamiento	%
GES 2.2 Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios	-	-	DGA FISCALIZACIÓN	Sectorial	0,0%
GES 3.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	800	25.736	DGA ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	Sectorial / Regional	0,7%
GOB 1.1 Sistema de Gobernanza regional	-	-	GORE	Sectorial / Regional	0,0%
GOB 1.2 Secretaría Técnica	9.000	289.529	GORE	Regional	7,3%
Total	116.034	3.732.806			100,0%

Fuente: Elaboración propia

7.5 Cronograma de soluciones

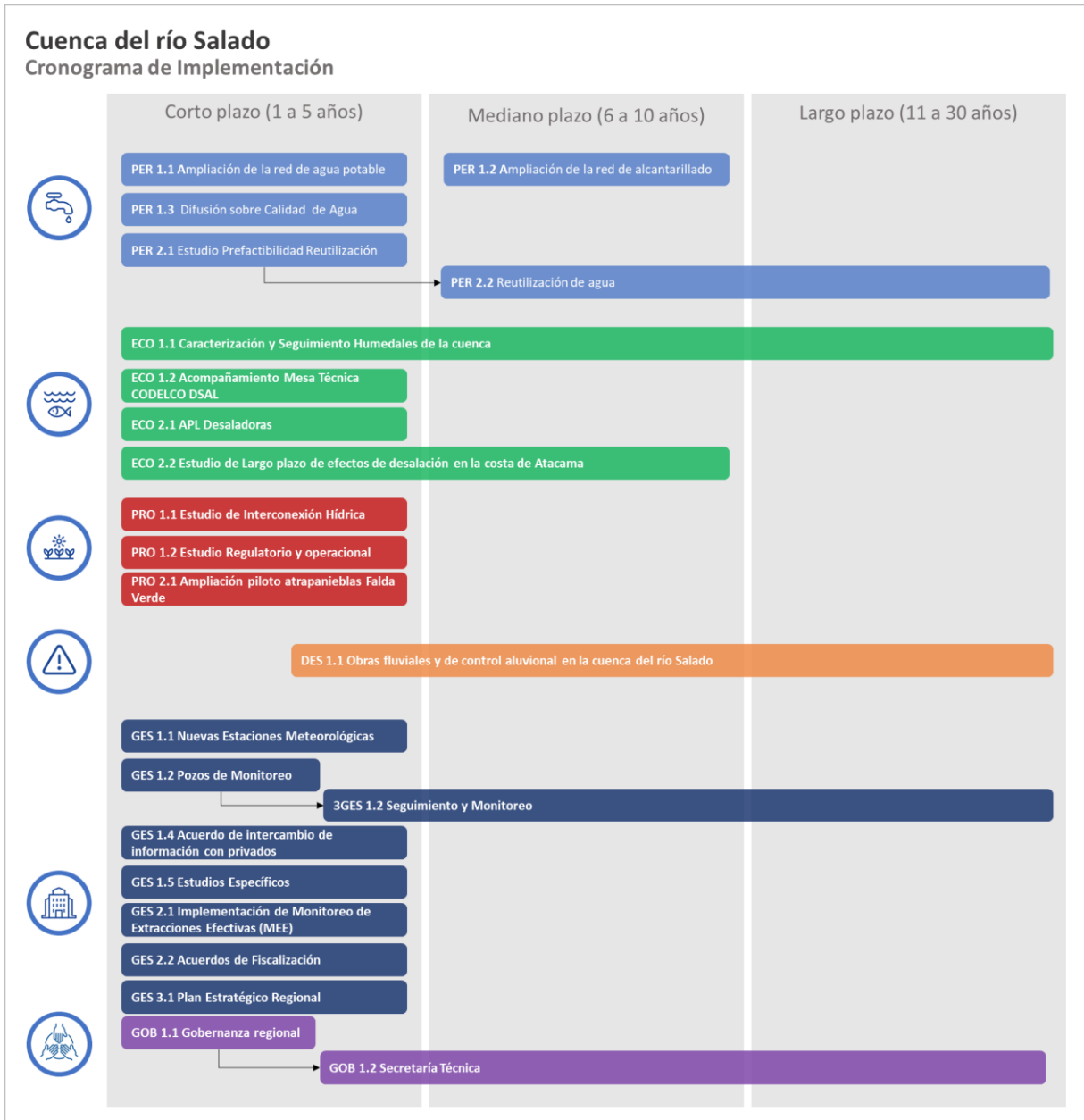
El cuadro siguiente resume la inversión por institución responsable de implementar y financiar cada iniciativa, así como el período de ejecución de éstas. El responsable principal es el MOP, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas (84,2%) del total de las partidas, con presencia en cada Eje Estratégico. La participación de la Dirección General de Aguas alcanza al 1,8% del total. El detalle se presenta en la **Tabla 7-50**. Por último, se presenta el cronograma de implementación en la **Figura 7-9**.

Tabla 7-50. Resumen de inversión por institución responsable y plazo de ejecución

Responsables por Eje	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Corto (1 a 5)	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	%
1 Seguridad Hídrica Personas	20.177	649.082	2.682	17.495		16,4%
MOP DOH	450	14.476	450			0,4%
Empresa Sanitaria	12.059	387.950	2.232	9.828		9,8%
Privados	7.667	246.656		7.667		6,2%
2 Seguridad Hídrica Ecosistemas	6.910	222.294	3.160	2.750	1.000	5,6%
DOH	300	9.651	300			0,2%
Empresas Desaladoras	100	3.217	100			0,1%
MMA	6.510	209.426	2.760	2.750	1.000	5,3%
3 Seguridad Hídrica Act Productivas	1.300	41.821	1.300	-	-	1,1%
INDAP	100	3.217	100			0,1%
MINERÍA	1.200	38.604	1.200	-	-	1,0%
4 Seguridad Hídrica Eventos Extremos	83.418	2.683.535	8.342	25.025	50.051	67,8%
DOH	83.418	2.683.535	8.342	25.025	50.051	67,8%
5 Gestión Institucional	2.238	71.996	1.613	125	500	1,8%
DGA ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	1.100	35.387	1.100			0,9%
DGA FISCALIZACIÓN	-	-	-			0,0%
DGA HIDROLOGÍA	1.138	36.609	513	125	500	0,9%

Responsables por Eje	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Corto (1 a 5)	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	%
DGA Regional	-	-	-			0,0%
6 Gobernanza	9.000	289.529	1.500	1.500	6.000	7,3%
GORE	9.000	289.529	1.500	1.500	6.000	7,3%
Total	116.034	3.732.806	17.615	40.869	57.551	100,0%

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-9 Cronograma de implementación del Plan Estratégico

8 IMPLEMENTACIÓN

Las iniciativas del Plan corresponden a las acciones una vez que se han definido alcances, presupuesto, plazos y responsables. A continuación, se describen los hitos, estrategias de implementación y de comunicación, así como las fuentes de financiamiento asociadas.

8.1 Hitos de referencia

Los hitos de referencia corresponden a los plazos principales del Plan. En este sentido, se distinguió entre un Plan de acción de Corto Plazo (hasta 5 años), y un Plan de Mediano y Largo Plazo (entre 6 y 30 años).

8.1.1 Plan de Acción de Corto Plazo

A continuación (**Tabla 8-1**), se da cuenta del Plan de Acción de Corto Plazo (1 a 5 años). Si bien buena parte de las iniciativas comienzan en el corto plazo, éste sólo concentra el 15,2% de la inversión total, y un gasto promedio de \$3.523 millones de pesos por año. Se identifican además 4 iniciativas que no tienen costo asociado de implementación (GES 1.4, GES 2.1, GES 2.2 y GOB 1.1).

8.1.2 Plan de Acción de Mediano y Largo Plazo

La **Tabla 8-2** presenta el Plan de Acción de Mediano y Largo Plazo (6 a 30 años). En este plazo disminuye el número de iniciativas asociadas, no obstante, representa el 84,8% de la inversión. La mayor proporción del gasto propuesto se encuentra entre los años 6 y 10, con un 35,2% del total (\$ 8.174 millones de pesos al año); mientras que entre los años 11 y 30 se encuentra el 49,6% del gasto, pero con \$2.878 millones invertidos al año, en promedio.

Tabla 8-1. Plan de Acción de Corto Plazo

Iniciativa	Corto Plazo (1 a 5 años) (Millones de \$)	Responsable	Fuente de financiamiento
PER 1.1 Ampliación de la Red de Agua Potable	2.231,7	Empresa Sanitaria	Privada
PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua	250	DOH	Sectorial
PER 2.1 Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en Chañaral	200	DOH	Sectorial
ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales de la cuenca	250	MMA	Sectorial
ECO 1.2 Acompañamiento a la Mesa Técnica de CODELCO DSAL	10	MMA	Sectorial
ECO 1.3 Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable	300	DOH	Sectorial
ECO 2.1 APL de desaladoras	100	Empresas Desaladoras	Privada
ECO 2.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	2.500	MMA	Regional
PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	800	MINERÍA	Sectorial / Regional
PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	400	MINERÍA	Sectorial / Regional
PRO 2.1 Ampliación piloto de atrapanieblas sector Falda Verde	100	INDAP	Regional
DES 1.1 Obras fluviales y de Control Aluvional en la cuenca del río Salado	8.342	DOH	Sectorial
GES 1.1 Nuevas Estaciones meteorológicas	30	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial
GES 1.2 Pozos de Monitoreo	358	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial
GES 1.3 Seguimiento y Monitoreo	125	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial
GES 1.4 Acuerdo de intercambio de información con privados	-	DGA Regional	Sectorial
GES 1.5 Estudios específicos	300	DGA ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	Sectorial
GES 2.1 Monitoreo de Extracciones Efectivas	-	DGA FISCALIZACIÓN	Sectorial
GES 2.2 Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios	-	DGA FISCALIZACIÓN	Sectorial
GES 3.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	800	DGA ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN	Sectorial / Regional
GOB 1.1 Gobernanza regional	-	GORE	Sectorial / Regional
GOB 1.2 Secretaría Técnica	1.500	GORE	Regional
Total (CLP\$)	18.596		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-2. Plan de Mediano y Largo Plazo

Iniciativa	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	Responsable	Fuente de financiamien to
PER 1.1 Ampliación de la Red de Agua Potable	2.231,7		Empresa Sanitaria	Privada
PER 1.2 Ampliación de la Red de Alcantarillado	7.596,0		Empresa Sanitaria	Privada
PER 2.2 Reutilización de Aguas Servidas en Chañaral	7.667		Privados	Privada
ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales de la cuenca	250	1.000	MMA	Sectorial
ECO 2.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	2.500		MMA	Regional
DES 1.1 Obras fluviales y de Control Aluvional en la cuenca del río Salado	25.025	50.051	DOH	Sectorial
GES 1.3 Seguimiento y Monitoreo	125	500	DGA HIDROLOGÍA	Sectorial
GOB 1.2 Secretaría Técnica	1.500	6.000	GORE	Regional
Total (CLP\$)	46.895	57.551		

Fuente: Elaboración propia

8.2 Estrategia de implementación

La estrategia de implementación del Plan recoge la estructura del instrumento, los aspectos institucionales y de un sistema de gobernanza, de cultura del agua y de financiamiento.

Uno de los aspectos relevantes para esta cuenca es que existen iniciativas que se enmarcan dentro de su contexto territorial, pero también otras que trascienden el ámbito de la cuenca y que deben ser abordadas en forma regional.

A nivel local, las iniciativas de seguridad hídrica para las personas y para los ecosistemas terrestres deben ser abordadas dentro de la cuenca, tanto con las empresas sanitarias, como con las empresas mineras asociadas. En particular se debe considerar la participación de las comunidades indígenas en la decisión de las iniciativas asociadas a los humedales.

En cambio, la seguridad de la producción, principalmente minera, depende de la capacidad de equilibrar los flujos de agua dentro de la región, ya que actualmente se dispone de flujos que provienen de humedales altoandinos, pozos en la zona de Copiapó, desalación e incluso se proyecta el uso de agua de mar sin desalar. En consecuencia, se requiere de una coordinación para la distribución de recursos hídricos que permita asegurar, por un lado, el abastecimiento mínimo de las personas que residen en la cuenca, al mismo tiempo que se satisface en forma segura la necesidad de agua para la minería. En consecuencia, se propone la creación de un Consejo Regional de Recursos Hídricos.

8.2.1 Estructura del Plan de Gestión

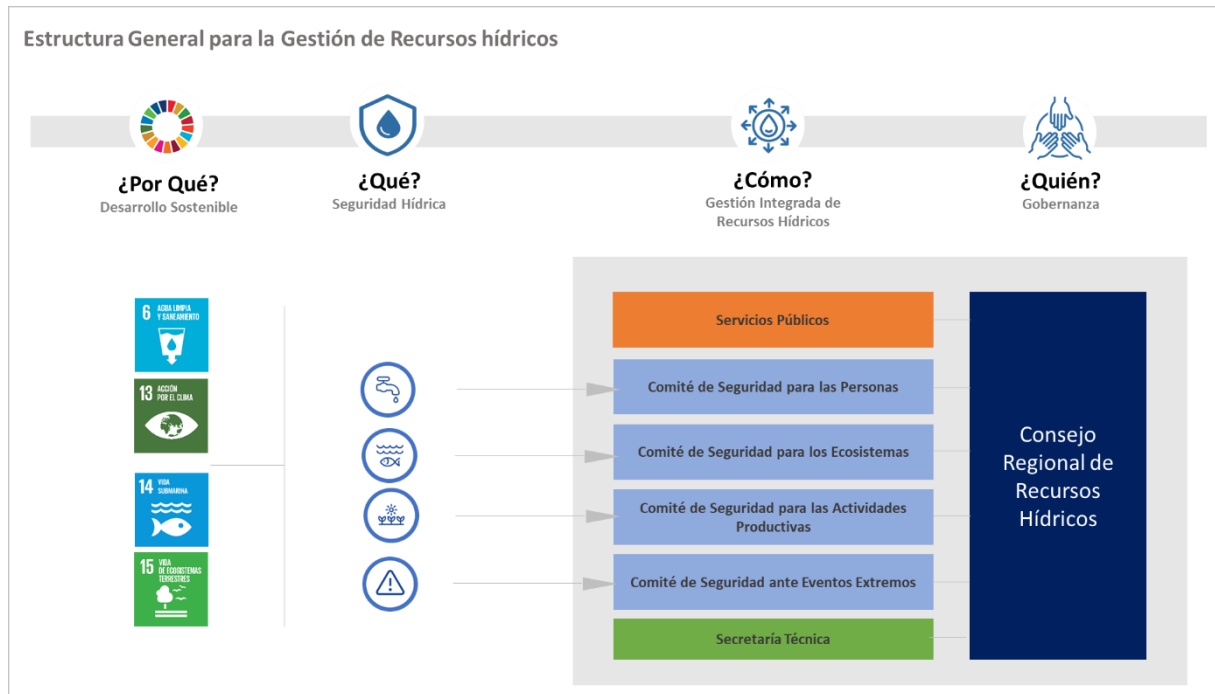
El propósito de la planificación, esto es, el Plan de Gestión y Sistema de Gobernanza, se encuentran plenamente alineados, lo que da consistencia a las estrategias propuestas y facilita su materialización. La **Figura 8-1** presenta la línea argumental descrita.

El propósito del Plan es la **Gestión Sostenible de Recursos Hídricos**, la que se tiene al conciliar principios de sustentabilidad y seguridad hídrica, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En particular, el ODS 6 ha sido recogido dentro de los indicadores del Plan Estratégico, alineándose de esta forma con los estándares de registro internacionales.

El Plan Estratégico se estructura a partir de Ejes Estratégicos, que consideran la Seguridad Hídrica de las personas, ecosistemas, actividades productivas, seguridad ante eventos extremos, la gestión institucional y gobernanza. De esta forma, el diagnóstico, la definición de líneas de acción y de las iniciativas mantienen coherencia con el propósito de Gestión Sostenible de Recursos Hídricos. Por su parte, el diseño del Plan recoge plenamente el concepto de **Gestión Integrada de Recursos Hídricos**.

De la misma forma, el sistema de **Gobernanza** se plantea a partir de Comités de Seguridad Hídrica para cada uno de los Ejes del Plan (4 en total), los que en su conjunto conforman un Consejo Regional de Recursos Hídricos, el que además recoge directamente temas transversales como el Balance Hídrico y la Gestión Institucional y Gobernanza. Finalmente,

se propone una Secretaría técnica que dé respaldo técnico, continuidad operacional y reportabilidad a esta gobernanza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8-1 Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza

8.2.2 Aspectos Institucionales

Un sistema de Gobernanza se entiende como la organización requerida entre los actores públicos (Estado y Gobierno Local), privados (usuarios directos e indirectos), y la sociedad civil organizada (Centros de Estudios, organizaciones funcionales, ONGs), de manera tal que en su accionar conjunto permitan la materialización del Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la cuenca, mediante la definición de responsabilidades, roles e instancias operativas, entre otros.

Se propone la instalación de un Consejo Regional de Recursos Hídricos, público-privado, que trabaje en conjunto con los Comités de seguridad hídrica, con el soporte técnico de una Secretaría ad hoc.

No se propone la creación de un Consejo de cuenca para el río Salado, dado que las fuentes principales de abastecimiento de agua se encuentran fuera de la cuenca, ya sea en las cuencas altiplánicas, como en el uso de agua desalada. En consecuencia, los actores que podrían dar forma a un sistema de gobernanza por cuenca quedarían de todas formas sujetos al establecimiento de acuerdos a nivel regional.

A continuación, se describen los componentes del sistema de gobernanza propuestos.

8.2.2.1 Consejo Regional de Recursos Hídricos

Se propone la creación de un Consejo Regional de Recursos Hídricos. Si bien la figura de un Consejo de cuenca parece ser más apropiada a la escala territorial de planificación adoptada para el presente plan, la creación de un Consejo Regional responde de mejor manera a la necesidad de contar con una instancia que permita coordinar la interconexión hídrica de la región, avanzando en las iniciativas de la Línea de Acción GES 3.

En cualquiera de los dos casos, el Consejo corresponde a una instancia público-privada compuesta por representantes del Estado, de los Gobiernos Locales, de los usuarios directos e indirectos de las aguas, así como la sociedad civil organizada (centros de estudio, organizaciones funcionales, ONGs).

El rol del Consejo se encuentra en el largo plazo, en el ámbito político estratégico, y en lo principal en esta instancia se debieran tomar decisiones sobre:

- Velar por la implementación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica
- Gestionar los apoyos y financiamientos requeridos para la implementación del Plan Estratégico
- Representar a la cuenca en las instancias políticas, técnicas y sociales que así lo requieran.
- Definición de criterios mínimos de seguridad hídrica, de común acuerdo entre todos los actores.
- Ser una instancia de acuerdos que permitan abordar vacíos de planificación y gestión, territorial y sectorial.
- En general, facilitar la gestión de la cuenca como unidad territorial integradora, de la cual depende el ciclo hidrológico.

Una alternativa de conformación es que cada Comité de Seguridad Hídrica elija representantes que participen del Consejo, junto con otras instancias transversales del Estado y Gobiernos Locales. Se estima conveniente que el Consejo defina una estructura interna, ya sea a nivel de directorio o de vocerías, que proporcione un ordenamiento mínimo para el funcionamiento de esta instancia.

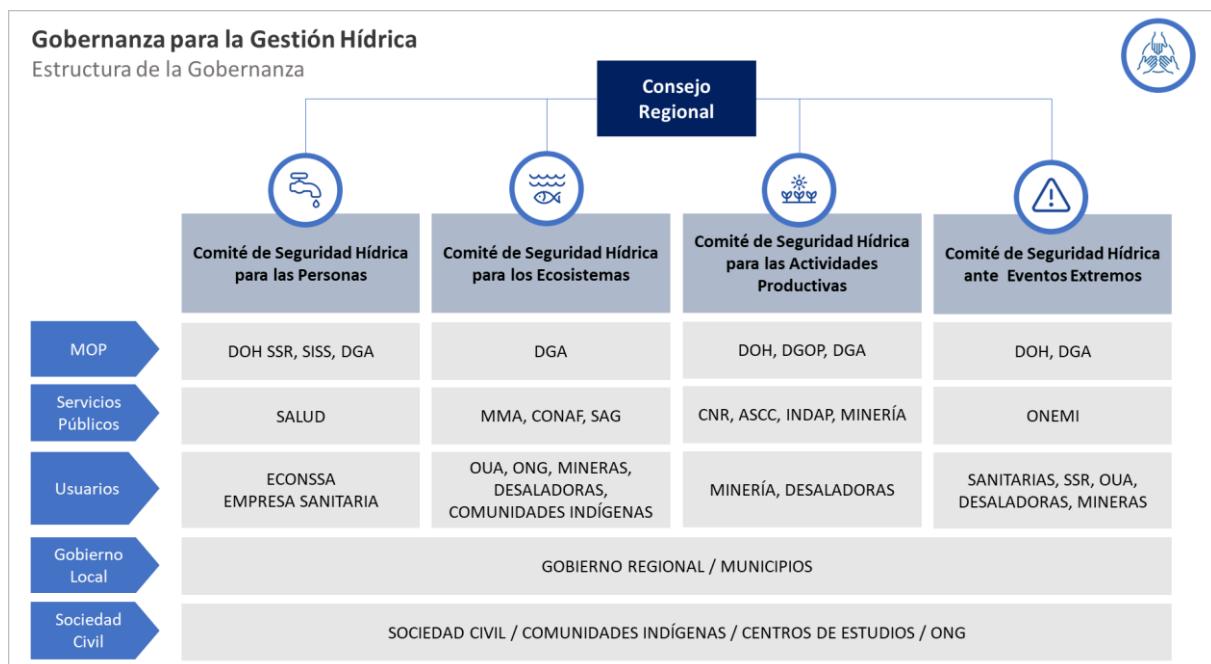
8.2.2.2 Comités de Seguridad Hídrica

Los Comités de Seguridad Hídrica corresponden a una instancia operativa, donde se aborda en particular cada uno de los ejes de Seguridad Hídrica empleados en el estudio (y otros que a futuro se estime conveniente). Por definición, son instancias técnicas orientadas a la definición y cumplimiento de objetivos y metas. Algunos alcances para los comités son los siguientes:

- Velar por la implementación del Plan Estratégico de cuenca a nivel de eje de seguridad hídrica
- Están conformados por los actores que están directamente relacionados con cada eje de seguridad
- Definir objetivos de mediano plazo y metas anuales de trabajo
- Definir una hoja de ruta para dar cuenta de objetivos y metas
- Integración de otros actores que sean necesarios para favorecer la integración
- Reporte al Consejo de cuenca

En la **Figura 8-2** se presenta una propuesta de distribución de actores por Comité de Seguridad Hídrica, distinguiendo entre aquellos servicios que forman parte de una eventual Subsecretaría de Recursos Hídricos dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Recursos Hídricos, y otros servicios cuya función los relaciona directamente con los ejes de seguridad hídrica propuestos.

Adicionalmente, se presentan los principales grupos de usuarios directos e indirectos de las aguas, incluyendo gremios y asociaciones productivas; a los gobiernos locales (de elección directa); y a los actores de la sociedad civil.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8-2 Actores que forman parte del sistema de Gobernanza

8.2.2.3 Secretaría Técnica

Se propone la constitución de una Secretaría Técnica de carácter permanente que dé soporte al sistema de gobernanza propuesto. En lo principal, se entiende que los actores que participan de esta estructura, y en particular del Consejo de cuenca, tienen distintos roles, deberes y funciones dependiendo de su naturaleza pública o privada, y que la Secretaría Técnica permitiría mantener la continuidad en las iniciativas de coordinación propuestas. Las principales funciones de esta Secretaría son:

- Mantener la continuidad de las actividades realizadas por el Consejo de cuenca. Convocatoria a reuniones, definición de tabla y temas a tratar, seguimiento al cumplimiento de acuerdos, archivo técnico de los documentos generados.
- Prestar soporte técnico a las actividades de los Comités de Seguridad Hídrica. Validación de antecedentes, análisis básicos, definición y seguimiento al cumplimiento de metas.
- Gestión de financiamiento regional y sectorial para el desarrollo de estudios técnicos.
- Generación de un reporte anual de seguimiento a la implementación del Plan Estratégico.
- Evaluación de resultados parciales y propuestas de actualización del Plan.

8.2.3 Aspectos de Cultura del Agua

En forma paralela al sistema de Gobernanza, se debe promover una cultura del agua que comprenda al ciclo hidrológico en su totalidad: con un ordenamiento territorial que favorezca la producción de agua por parte de los ecosistemas; un manejo productivo que permita conservar la calidad de las aguas en las distintas fuentes naturales; y un uso eficiente que permita una intervención responsable de este ciclo.

En particular, aparece como una alternativa interesante promover no sólo la eficiencia en el uso del agua a nivel urbano, sino que también la promoción de políticas de reutilización de aguas grises al amparo de la Ley N° 17.025, así como la reutilización de aguas servidas tratadas en las ciudades costeras, como Chañaral.

En la región existe una cultura general de reúso de las aguas grises, sobre todo en las localidades del borde costero, donde las viviendas son casi exclusivamente de autoconstrucción. En consecuencia, existe una experiencia surgida espontáneamente ajustada a restricciones en la disponibilidad de agua, la que puede ser rescatada y potenciada.

8.2.4 Aspectos de financiamiento

El financiamiento del Plan Estratégico corresponde principalmente a actores estatales (recae principalmente en el Ministerio de Obras Públicas), seguido de la posibilidad de implementar una colaboración público-privada para el reúso de agua en Chañaral.

Respecto del sistema de gobernanza, mencionado en los aspectos institucionales, se propone como una instancia público-privada que debe contar con una Secretaría Técnica, que proporcione un apoyo técnico permanente, manteniendo la continuidad de las actividades que se realizan en la cuenca o en la región. Para mantener esta Secretaría a nivel regional se requiere un presupuesto base de **\$300.000.000.-** al año, dentro de este monto se considera el establecimiento de un equipo técnico permanente compuesto por un Secretario, un equipo de modeladores para mantener operativos los modelos hidrológicos e hidrogeológicos, además de un staff de asesores senior.

Este aporte debiera ser de carácter permanente en el tiempo.

8.3 Estrategia de comunicación

La estrategia de comunicación del Plan considera la difusión de este con los actores públicos y privados que participan del sistema de gobernanza, así como su comunicación al resto de los actores regionales con interés en la gestión de los recursos hídricos. A continuación, se describe el público objetivo, los contenidos a comunicar, los medios de comunicación y las metas.

8.3.1 Público objetivo

El público objetivo se divide en aquellos actores participantes del sistema de gobernanza, con responsabilidades en la implementación del Plan, así como el resto de la sociedad civil con interés en la gestión de los recursos hídricos.

En la cuenca río Salado, los actores relevantes son las empresas mineras (CODELCO División Salvador, Mantoverde, ENAMI y otras), la sociedad civil de las localidades principales, y las comunidades indígenas Colla que se encuentran en la parte media alta de la cuenca.

8.3.2 Contenidos a comunicar

En el caso de los actores del sistema de gobernanza, se les debe traspasar el Plan en forma integral, con sus fundamentos, estrategias, acciones, plazos y presupuestos. En particular, se deben abordar desde el punto de vista de este sistema propuesto para el Plan Estratégico, por ejemplo, cuál es la estructura, los roles, responsabilidades y atribuciones respecto del instrumento. En tanto los actores responsables del Plan, dentro de sus facultades, tienen que ejercer la modificación de este, adecuación de sus alcances o

acciones dentro del marco operativo definido por el sistema de gobernanza. Se espera que los actores participen de los comités y accedan a la información según su ámbito de acción.

Para la comunicación de los contenidos y avances del Plan a los actores de la sociedad civil y otros que no participen del sistema de gobernanza, se propone comunicar desde el concepto de Seguridad Hídrica y cada uno de sus ejes: personas, ecosistemas, actividades productivas y eventos extremos. De esta forma, se mantiene la amplitud que el plan ha recogido desde su diseño y formulación. Se considera adecuado realizar un reporte anual a la comunidad, donde se dé cuenta del estado de la cuenca y de las acciones que se están desarrollando para mejorar esta situación.

A continuación, se definen los hitos principales de la comunicación, con los contenidos asociados para su difusión:

- Al **inicio del proceso de difusión**, se deberá informar de la elaboración del Plan Estratégico, los resultados principales y las iniciativas comprometidas. Esta información debe tener dos niveles: uno general, indicando del Plan; y la posibilidad de acceder al detalle de las iniciativas. Se considera esta difusión en forma conjunta con la información sobre la constitución del Consejo de cuenca del Maule y su Secretaría Técnica.
- Al **inicio de la implementación del Plan**, se debe declarar cuáles son las metas por eje estratégico, los plazos asociados, y los avances comprometidos para cada período. Esta comunicación debe ser permanente, con a lo menos una campaña anual.
- En cada **actualización del Plan Estratégico** se deben difundir los resultados obtenidos en el período precedente, los aprendizajes, las adecuaciones del Plan y las nuevas metas definidas.

8.3.3 Medios de comunicación

Se deben establecer mecanismos formales de trabajo dentro de la misma definición del sistema de gobernanza. Estos mecanismos deben incluir canales de comunicación interna, que consideran desde procesos de convocatoria y comunicación, registro y difusión de actas y acuerdos, y comunicación con otros actores asociados.

Para el caso de la sociedad civil, deben existir canales de información pública que permitan una cuenta pública de la gestión de los recursos hídricos. Estos canales pueden ser propios del Plan Estratégico y su sistema de gobernanza (sitio web, redes sociales), como pertenecer a los organismos que forman parte de este sistema.

En particular, se recomienda el uso de radioemisoras locales para convocar a los actores de la cuenca.

Sin embargo, se considera que la mejor herramienta de difusión es la disposición de un sitio web específico para el Consejo de cuenca y el Plan Estratégico como instrumento principal. Este sitio debe tener al menos los siguientes contenidos:

- **Gobernanza**
 - (1) Definición del Consejo de cuenca y mecanismos del sistema de gobernanza
 - (2) Integrantes del Consejo de cuenca y los Comités de Seguridad Hídrica
 - (3) Actas de Asambleas ordinarias y extraordinarias

- **Plan Estratégico**
 - (1) Ejes del Plan e indicadores de Impacto, estado actual y estado esperado
 - (2) Iniciativas del Plan, Indicadores de Proceso y avance a la fecha
 - (3) Presupuesto

- **Agenda y comunicaciones**
 - (1) Agenda de Actividades del Plan, del Consejo y los Comités
 - (2) Canal de comunicaciones (consultas, sugerencias, denuncias), con seguimiento e indicadores de respuesta
 - (3) Solicitud de reuniones o inclusión de iniciativas nuevas dentro del Plan

- **Cultura del Agua**
 - (1) Repositorio de videos, redes sociales y material educativo para una mayor cultura del agua
 - (2) Directorio de instituciones con material educativo respecto de los recursos hídricos

- **Directorio del Agua**
 - (1) Listado de instituciones y trámites relacionados con los recursos hídricos

8.3.4 Metas

La definición de objetivos y metas es parte fundamental de todo proceso de gestión, ya que se debe optimizar el uso de los recursos para la consecución de éstas. En este caso, el Plan de Gestión define metas en tanto reducción de la brecha hídrica, respaldadas en iniciativas de inversión pública y privada. Se debe disponer de un proceso único, común y público de seguimiento del cumplimiento de estas metas e iniciativas, elaborado por el sistema de gobernanza y puesto a disposición de la sociedad civil.

La estrategia de comunicación también debe definir unos indicadores y metas para la difusión del Plan, descritos en la **Tabla 8-3**.

Tabla 8-3. Metas de la Estrategia de Comunicación

Indicador	Descripción	Meta	Observaciones
Comunicación interna	Dispone de un canal de difusión interna para dar cuenta de las actividades del Consejo de cuenca y del PEGH	Envío de 1 reporte mensual mínimo	El reporte se puede enviar por correo electrónico a los participantes del sistema de gobernanza, y debe quedar disponible para la comunidad
Comunicación Externa Radial	Radiodifusión del Plan Estratégico	Dos campañas de radiodifusión al año	Las campañas se orientan a dar a conocer la estructura del sistema de gobernanza, el propósito del Plan, y dirigir a los usuarios hacia las redes sociales
Sitio Web	Construcción y mantención de un sitio web para el Consejo de cuenca y el Plan	Diseñar y mantener en forma permanente un sitio web	El sitio web debe actuar como presentación del consejo del Plan, medio de información sobre los avances, punto de comunicación con la comunidad y repositorio de información.
Registro de incidencias	Se debe llevar un registro de las comunicaciones, consultas, sugerencias y denuncias recibidas por el Consejo de cuenca, así como de la respuesta al reclamante y los plazos incurridos	Responder el 90% de las incidencias dentro de un período de dos días hábiles. En muchos casos, esta respuesta consiste en dirigir la incidencia al organismo correspondiente.	Se espera mantener una alta tasa de respuesta, pero para contribuir a una alta tasa de resolución, se debe informar a la comunidad sobre los antecedentes mínimos que deben, por ejemplo, acompañar a una denuncia. De lo contrario, se generará una imagen de no respuesta.

Fuente: Elaboración propia

8.4 Identificación de fuentes de financiamiento

A continuación (**Tabla 8-4**), se presenta una revisión de las principales fuentes de financiamiento disponibles y que pudieran ser aplicadas a las iniciativas propuestas. En particular, se considera que la mayor fuente de financiamiento es sectorial (70,8% del total), asociada a la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Seguido de la inversión privada (16,1%) y la regional (11,5%).

Tabla 8-4. Fuentes de Financiamiento (Millones de \$)

Ejes de Planificación	Privada	Regional	Sectorial	Sectorial / Regional	Total	%
1 Seguridad Hídrica Personas	19.727		450		20.177	16,4%
2 Seguridad Hídrica Ecosistemas	100	5.000	1.810		6.910	5,6%
3 Seguridad Hídrica Act Productivas		100		1.200	1.300	1,1%
4 Seguridad Hídrica Eventos Extremos			83.418		83.418	67,8%
5 Gestión Institucional			1.438	800	2.238	1,8%
6 Gobernanza		9.000		-	9.000	7,3%
Total general	19.827	14.100	87.116	2.000	123.042	100,0%
%	16,1%	11,5%	70,8%	1,6%	100,0%	

Fuente: Elaboración propia

9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

El Plan Estratégico es parte de un proceso de mejoramiento continuo que permite una gestión adaptativa de los recursos hídricos, adecuándose al avance real en la implementación de las iniciativas propuestas, al resultado obtenido en relación con el esperado, y a las condiciones cambiantes del entorno. En este sentido, la etapa de Seguimiento y Evaluación es clave para esta gestión adaptativa.

9.1 Plan de Monitoreo

El Seguimiento del Plan es una actividad permanente, que permite evaluar el cumplimiento de cada una de las metas definidas. Para esto, el seguimiento debe contar con indicadores específicos, que sean comparables entre sí y reflejen en forma clara, directa e inequívoca los resultados de la implementación de las acciones propuestas.

9.1.1 Indicadores

A continuación, se presentan los indicadores para cada una de las iniciativas del Plan. Se definieron distintos indicadores para cada Eje Estratégico, y se distinguieron entre indicadores de impacto e indicadores de proceso. En particular, los **Indicadores de Proceso** corresponden a variables que describen la ejecución de una acción o proceso, ya sea de ejecución única, eventual o permanente. En este caso, se aplican a la verificación de la implementación de las iniciativas del Plan Estratégico.

Los **indicadores de Impacto** fueron definidos y evaluados en el numeral 5.4, Indicadores Hídricos de la cuenca. En complemento, en este punto se definen los indicadores de proceso, asociados a las iniciativas del Plan Estratégico (**Tabla 9-1**).

Tabla 9-1. Indicadores del Proceso

Línea de Acción	Iniciativa	Meta	Indicador
PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.1 Ampliación de la Red de Agua Potable	100 % de personas con acceso seguro al agua dentro de un plazo de 5 años	% de personas con acceso a agua potable
PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.2 Ampliación de la Red de Alcantarillado	100 % de personas con acceso a alcantarillado en 30 años	% de personas con acceso a alcantarillado
PER 1. Mejorar la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.3 Difusión sobre calidad del agua	% de personas que encuentran el agua de mala calidad (a ser determinado) dentro de un plazo de 5 años	% de personas que encuentran el agua de mala calidad
PER 2. Reutilización de Agua	PER 2.1 Estudio de prefactibilidad para reutilización de agua en Chañaral	Estudio técnico a ser realizado dentro de un plazo de 5 años	Hito de estudio técnico realizado
PER 2. Reutilización de Agua	PER 2.2 Reutilización de Aguas Servidas en Chañaral	60% de aguas reutilizadas dentro de un plazo de 10 años	% de aguas reutilizadas
ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.1 Caracterización y seguimiento de los humedales de la cuenca	2 campañas al año para todos los años de seguimiento permanente	Número de campañas efectuadas en relación a años desde inicio de mediciones (Hasta llegar a 30 años)
ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.2 Acompañamiento a la Mesa Técnica de CODELCO DSAL	Hito de acompañamiento dentro de un plazo de 5 años	Actas y documentos de la participación
ECO 1. Protección de humedales	ECO 1.3 Estudio de cambio de puntos de captación para agua potable	Estudio técnico dentro de un plazo de 5 años	Hito de estudio técnico realizado
ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 2.1 APL de desaladoras	Acuerdo a ser alcanzado dentro de un plazo de 5 años	Acta de acuerdo
ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 2.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	10 años de seguimiento	Años de ejecución
PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	Estudio técnico dentro de un plazo de 5 años	Hito de estudio técnico realizado
PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	Estudio técnico dentro de un plazo de 5 años	Hito de estudio técnico realizado
PRO 2. Nuevas Fuentes de Agua	PRO 2.1 Ampliación piloto de atrapanieblas sector Falda Verde	Instalación de 10 módulos de 200 m ²	Nº de módulos instalados

Línea de Acción	Iniciativa	Meta	Indicador
		dentro de un plazo de 5 años	
DES 1. Adaptación ante eventos extremos	DES 1.1 Obras fluviales y de Control Aluvional en la cuenca del río Salado	Instalación de defensas fluviales en Diego de Almagro, El Salado y Chañaral dentro de un plazo de 30 años	% de avance en las obras
GES 1. Generación de información	GES 1.1 Nuevas Estaciones meteorológicas	Instalación de 2 estaciones hidrometeorológicas dentro de un plazo de 5 años	Nº de estaciones instaladas / operativas
GES 1. Generación de información	GES 1.2 Pozos de Monitoreo	Instalación de 4 pozos de monitoreo dentro de un plazo de 5 años	Nº de pozos instalados / operativos
GES 1. Generación de información	GES 2.2 Seguimiento y Monitoreo	1 campaña al año para cada partida de seguimiento, por año de ejecución, permanente	Nº de campañas realizadas desde el inicio de las mediciones (hasta llegar a 30 años)
GES 1. Generación de información	GES 2.3 Acuerdo de intercambio de información con privados	Establecimiento de acuerdo de colaboración dentro de un plazo de 5 años	Hito de acuerdos suscritos
GES 1. Generación de información	GES 2.4 Estudios específicos	Estudio técnico dentro de un plazo de 5 años	Hito de estudio técnico realizado
GES 2. Control de Extracciones y Fiscalización	GES 2.1 Monitoreo de Extracciones Efectivas	Establecimiento de Monitoreo de Extracciones Efectivas en la cuenca dentro de un plazo de 5 años	Hito de establecimiento de MEE
GES 2. Control de Extracciones y Fiscalización	GES 2.2 Acuerdos de fiscalización con la ciudadanía y municipios	Establecimiento de acuerdo de colaboración dentro de un plazo de 5 años	Hito de acuerdos suscritos
GES 3. Interconexión hídrica regional	GES 3.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	Plan elaborado dentro de un plazo de 5 años	Hitos del Plan
GOB 1. Implementación de un sistema de Gobernanza regional	GOB 1.1 Sistema de Gobernanza regional	Establecimiento de acuerdo para el sistema de Gobernanza dentro de un plazo de 5 años	Hito de acuerdos suscritos
GOB 1. Implementación de un sistema de Gobernanza regional	GOB 1.2 Secretaría Técnica	Apoyo permanente	Nº de años con apoyo efectivo

Fuente: Elaboración propia

9.1.2 Seguimiento

El seguimiento del Plan de Gestión permite medir tanto la implementación de las iniciativas, como su impacto en el territorio y en el cierre de cada brecha. Es una actividad clave para el control y balance de las estrategias propuestas.

El seguimiento del Plan es responsabilidad del sistema de gobernanza y los actores que la conforman. Sin embargo, dada la complejidad de los indicadores propuestos, se considera necesario definir una secretaría técnica con financiamiento público, que realice los informes técnicos correspondientes y los ponga a disposición del sistema.

Esta actividad debe ser asignada en forma específica dentro del sistema de gobernanza adoptada para el Plan Estratégico. Se estima que es una actividad técnica, permanente, que requiere de un equipo profesional contratado específicamente para la ejecución de esta tarea y la entrega de reportes a lo menos anualmente, en función de los indicadores que se describen en el punto siguiente. La dependencia de este equipo técnico ya sea público, privado o mixto, dependerá exclusivamente del sistema de gobernanza adoptado.

Complementariamente, para que el seguimiento sea efectivo, esta información debe ser pública, para ser sometida al escrutinio de la sociedad civil. Este concepto de reportabilidad es clave para un control ciudadano efectivo sobre la gestión de los recursos hídricos.

9.2 Mecanismos para el análisis y la toma de decisiones

El instrumento propuesto es un Plan Estratégico, con un horizonte de planificación de 30 años. Si bien es imprescindible contar con una mirada de largo plazo, se debe contar también con Planes de Gestión de corto plazo, que permitan incorporar de manera permanente las mejoras que se requieran para el Plan general, producto del análisis de la ejecución de este, de sus resultados y de los cambios de contexto.

Por lo tanto, se requiere un ejercicio permanente de evaluación y adaptación, que se traduce en una revisión quinquenal, donde se revise el cumplimiento dentro del período anterior y se ajusten las iniciativas a las demandas del momento. Según la estructura del sistema de gobernanza propuesta para el Plan Estratégico, estos planes quinquenales deben ser coordinados por la Secretaría Ejecutiva y validados por el Consejo de cuenca. En complemento, el Plan Estratégico se debería reformular cada 10 años.

Se debe tener presente que el Plan Estratégico es un instrumento que orienta la gestión de la cuenca y, en este caso, también de la región de Atacama. En ese sentido, es un aporte a las decisiones el Consejo Regional de Recursos Hídricos, quien tiene la facultad de definir prioridades y las acciones a emprender para dar cuenta de estas.

Con todo, si bien los indicadores de proceso pueden variar en función de las prioridades establecidas por el Consejo, se debe atender la necesidad de mejorar los indicadores de impacto definidos para la cuenca.

10 ASPECTOS NORMATIVOS

Los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) son instrumentos de carácter sectorial, que definen un conjunto de acciones tendientes a alcanzar y mantener la seguridad hídrica en el territorio.

Desde el punto de vista sectorial, la formulación de estos Planes responde al mandato de la Dirección General de Aguas respecto de Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento y arbitrar las medidas necesarias para prevenir y evitar el agotamiento de los acuíferos (art 299, del Código de Aguas); y se encuentran contenidos en las modificaciones realizadas a este cuerpo normativo, específicamente en el artículo 293 bis. La incorporación de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos (PERH) dentro del Código de Aguas es relevante en tanto se formaliza a este instrumento como la estructura base para la planificación en las cuencas, al mismo tiempo que definiría la necesidad de actualizarlo cada diez años.

En atención a lo evaluado en esta cuenca, se identificó la necesidad de contar con instrumentos de planificación de carácter regional, interregional (macrozonas) y nacional que definan las políticas generales respecto de la gestión de los recursos hídricos, al estilo de una Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y una Política Nacional de Recursos Hídricos. En este sentido, el análisis por cuenca, si bien es adecuado a la escala local, no permite la discusión de soluciones que, por su escala, trascienden el ámbito de la cuenca, como puede ser la evaluación de las carreteras hídricas, el rol de la Ley de Riego en la eficiencia hídrica, y particularmente una Estrategia Nacional de Desalinización.

A continuación, se mencionan algunos aspectos normativos relevantes para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca.

10.1 Integración entre aguas terrestres y marítimas

En particular, el Código de Aguas señala en su artículo 1° que “Las aguas se dividen en marítimas y terrestres. Las disposiciones de este Código sólo se aplican a las aguas terrestres”. Consecuentemente, en el Congreso existen dos procesos paralelos que regulan, por un lado, las modificaciones al Código de Aguas y, por el otro, la desalinización, incluyendo la formulación de una Estrategia Nacional. Sin embargo, y como se analiza en el contexto del presente Plan Estratégico, las aguas desalinizadas y las aguas continentales se mezclan en múltiples procesos y su uso conjunto dentro de un sistema interconectado parece ser clave para la región de Atacama. Sin embargo, al contar con distintos marcos jurídicos para cada fuente de agua, no existe claridad respecto de la integración de ambas desde el punto de vista legal. Este aspecto ha sido levantado como una brecha por parte de los actores que participan de la discusión sobre la interconexión hídrica.

En particular, se considera necesario que una política pública aborde a lo menos los siguientes aspectos:

-
1. Ordenamiento del Borde Costero estableciendo zonas de restricción para el desarrollo de la desalación.
 2. Equivalencia normativa de las aguas continentales y marinas tratadas.
 3. Mecanismos normativos, técnicos y económicos que permitan la operación de infraestructura compartida para la integración hídrica.

10.2 Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial

Por otra parte, los Planes Estratégicos corresponden a instrumentos sectoriales, tal y como puede ser una estrategia regional de biodiversidad, o un plan de desarrollo energético. Sin embargo, no existe una mayor conexión con los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial. Si bien el Decreto N°469/2019, publicado en julio de 2021, aprueba la Política Nacional de Ordenamiento Territorial, está pendiente la discusión de la relación entre instrumentos y, sobre todo, de la regulación del uso del territorio fuera del contexto urbano. En particular, en la región existen potenciales conflictos por una eventual saturación del borde costero producto del desarrollo de plantas desaladoras de agua de mar. De ahí la necesidad de avanzar en un ordenamiento que favorezca acuerdos y consensos sobre el uso del territorio.

En este contexto, el sistema de gobernanza regional propuesto por el presente Plan Estratégico se superpone a los vacíos de planificación sectorial, ya que proporciona una instancia regional, al mismo tiempo que promueve acuerdos de uso del territorio en forma coordinada, acortando la brecha con los instrumentos de planificación territorial. Sin embargo, la misma gobernanza carece de un marco normativo y, para su funcionamiento, requiere de un acuerdo regional que le proporcione un financiamiento mínimo para los equipos técnicos requeridos, así como para los estudios de perfil y prefactibilidad que de ésta resulten.

En consecuencia, se requiere un avance coordinado del país en materia hídrica (aguas terrestres y marinas), en enfoques estratégicos (estrategias nacionales de recursos hídricos, minería, energía), y principalmente a nivel territorial, para una mejor gestión de los usos y sus externalidades, positivas y negativas.

10.3 Reutilización de aguas grises tratadas

El marco regulatorio del sector sanitario establece, entre otras, las definiciones de los distintos tipos de aguas asociadas al proceso de saneamiento. En particular, la Ley 21.075 del Ministerio de Obras Públicas, que "Regula La Recolección, Reutilización Y Disposición de Aguas Grises", establece las siguientes definiciones en su artículo segundo:

-
- a) **"Aguas grises"**: aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.
 - b) **"Aguas grises tratadas"**: aquellas que se han sometido a los procesos de tratamiento requeridos para el uso previsto.
 - c) **"Aguas negras"**: aguas residuales que contienen excretas.
 - d) **"Aguas residuales"**: aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.
 - e) **"Aguas servidas domésticas"**: aguas residuales que contienen los desechos de una edificación, compuestas por aguas grises y aguas negras.

Sin embargo, la Ley 21.075 y su reglamento se acotan al desarrollo de iniciativas para el reúso de aguas grises, pero no se refiere a las aguas servidas domésticas tratadas. En este sentido, las aguas residuales disponibles para ser tratadas podrían, eventualmente, ser reutilizadas, dado que los servicios sanitarios de producción y distribución de agua potable, al igual que los servicios de recolección y disposición de las aguas residuales no poseen regulación expresa respecto del titular del dominio de las aguas residuales, una vez que han sido tratadas (Fundación Chile, 2016).

Respecto de los destinos potenciales, la Ley 21.075, además de referirse al reúso de aguas grises, aporta en la definición de los siguientes destinos potenciales (artículo 8o):

1. **Urbanos.** En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
2. **Recreativos.** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
3. **Ornamentales.** En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
4. **Industriales.** Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
5. **Ambientales.** Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Complementariamente, en su artículo noveno se prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para los siguientes usos:

1. **Consumo humano** y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.
2. Procesos productivos de la **industria alimenticia.**
3. Uso en **establecimientos de salud** en general.
4. **Cultivo acuícola** de moluscos filtradores.
5. Uso en **piletas, piscinas y balnearios.**

-
6. Uso en **torres de refrigeración** y condensadores evaporativos.
 7. Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista **riesgo de contacto del agua con las personas**.
 8. Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Los usos potenciales del agua producida podrían destinarse, en este caso, a tres alternativas principales:

1. Industria minera
2. Áreas verdes (recreativas u ornamentales)
3. Uso agrícola para frutales mayores o similares

En conclusión, se requiere impulsar el reúso de las aguas tratadas en plantas de tratamiento de aguas servidas, pero también el reúso de las aguas grises domiciliarias, que contribuiría a un aprovechamiento local y reducción del consumo domiciliario, al reemplazar, por ejemplo, aguas destinadas al riego de áreas verdes privadas.