



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

# **PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA COSTERAS E ISLAS RÍO SALADO - RÍO COPIAPÓ**

## **INFORME FINAL**

**REALIZADO POR  
UTP HIDROGESTIÓN S.A. - NTT DATA S.A.**

**S.I.T. N.º 489**

**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**

**Inspectora 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. Nicolas Bravo Reyes  
Sra. Yumisleidys Sánchez Sánchez  
Srta. Claudia Armijo Cortés  
Sr. Francisco Molina  
Sr. Diego Gálvez Pino**



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

---

# Índice General

## Página

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	1-15
1.1	Introducción .....	1-15
1.2	Objetivos .....	1-16
1.3	Objetivos específicos .....	1-16
2.	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....	2-17
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 .....	2-31
2.1.4	Red Vial .....	2-40
2.2	Clima.....	2-41
2.2.1	Caracterización Climática .....	2-41
2.2.2	Eventos extremos y variabilidad climática.....	2-44
2.2.3	Escenarios de cambio climático .....	2-46
2.3	Dimensión Ambiental .....	2-48
2.3.1	Unidades Ecosistémicas .....	2-49
2.3.2	Áreas silvestres protegidas .....	2-52
2.3.3	Amenazas sobre los ecosistemas .....	2-53
2.4	Infraestructura Hídrica .....	2-54
2.4.1	Obras Hidráulicas .....	2-54
2.4.2	Pozos de extracción .....	2-59
2.4.3	Red Hidrométrica .....	2-60
2.4.4	Red de Calidad de Aguas.....	2-61
2.4.5	Zonas de riego.....	2-61
2.5	Nuevas fuentes de agua .....	2-62
2.5.1	Acuíferos.....	2-62
2.5.2	Recarga de acuíferos .....	2-63
2.5.3	Plantas desaladoras .....	2-63
2.5.4	Reutilización .....	2-65
2.5.5	Neblinas.....	2-66
2.6	Gobernanza del agua a nivel de Cuenca .....	2-66
2.6.1	Mapa de Actores .....	2-68
2.6.2	Brechas de coordinación.....	2-73

---

2.6.3	Brechas de información .....	2-74
3.	DEMANDA FÍSICA Y LEGAL.....	3-75
3.1	Demanda para uso humano .....	3-76
3.2	Necesidades mínimas ambientales.....	3-79
3.3	Demanda agrícola .....	3-79
3.4	Demanda minera.....	3-79
3.5	Demanda industrial .....	3-82
3.6	Síntesis demandas .....	3-82
4.	OFERTA DE AGUA .....	4-84
4.1	Agua Superficial .....	4-84
4.1.1	Fuentes.....	4-84
4.1.2	Oferta en la fuente .....	4-87
4.1.3	Calidad del agua .....	4-92
4.1.4	Fuentes de contaminación .....	4-92
4.1.5	Derechos de aprovechamiento de aguas concedidos .....	4-92
4.2	Agua subterránea .....	4-93
4.2.1	Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común .....	4-93
4.2.2	Oferta en la fuente .....	4-95
4.2.3	Calidad del agua .....	4-98
4.2.4	Fuentes de contaminación .....	4-99
4.2.5	Derechos de aprovechamiento de aguas concedidos .....	4-99
4.3	Trasvases y desalación.....	4-100
4.4	Síntesis oferta.....	4-101
5.	BALANCE DE AGUA .....	5-102
5.1	Modelo de simulación.....	5-104
5.1.1	Balance de agua actual .....	5-107
5.1.2	Balance de agua proyectado .....	5-112
5.2	Brechas hídricas.....	5-115
5.2.1	Seguridad Hídrica para las Personas .....	5-116
5.2.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	5-123
5.2.3	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas.....	5-125
5.2.4	Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales .....	5-127
5.2.5	Gestión Institucional .....	5-127
5.2.6	Gobernanza .....	5-129
5.3	Sustentabilidad .....	5-130
5.4	Indicadores hídricos de la cuenca .....	5-131
5.4.1	Definición de Indicadores de Estado y de Impacto .....	5-131
5.4.2	Cuantificación de indicadores de Estado .....	5-136
5.4.3	Cuantificación de indicadores de Impacto .....	5-136
5.5	Análisis de sensibilidad.....	5-140

---



---

5.5.1	Evaluación económica de alternativas .....	5-140
5.5.2	Definición de escenarios.....	5-149
5.5.3	Resultados de escenarios de gestión .....	5-150
5.6	Mercado del agua .....	5-150
6.	ACCIONES .....	6-152
6.1	Seguridad Hídrica para las Personas .....	6-152
6.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	6-152
6.3	Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas .....	6-152
6.4	Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales.....	6-153
6.5	Gestión Institucional .....	6-153
6.6	Gobernanza .....	6-153
6.7	Fondo Nacional de Desarrollo Regional .....	6-154
7.	INICIATIVAS PROPUESTAS .....	7-155
7.1	Síntesis de alternativas .....	7-156
7.1.1	Seguridad Hídrica para las Personas .....	7-156
7.1.2	Seguridad Hídrica para los ecosistemas.....	7-165
7.1.3	Seguridad Hídrica para las actividades productivas .....	7-169
7.1.4	Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales.....	7-172
7.1.5	Gestión Institucional.....	7-172
7.1.6	Gobernanza.....	7-177
7.2	Alternativas seleccionadas .....	7-181
7.3	Líneas de Acción .....	7-182
7.4	Valorización económica del Plan .....	7-183
7.5	Cronograma de soluciones.....	7-185
8.	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN .....	8-187
8.1	Hitos de referencia .....	8-187
8.2	Estrategia de implementación .....	8-189
8.2.1	Estructura del Plan de Gestión .....	8-189
8.2.2	Aspectos Institucionales.....	8-191
8.2.3	Aspectos de Cultura del Agua .....	8-193
8.2.4	Aspectos de financiamiento .....	8-194
8.3	Estrategia de comunicación .....	8-194
8.3.1	Público objetivo.....	8-194
8.3.2	Contenidos a comunicar .....	8-195
8.3.3	Medios de comunicación.....	8-196
8.3.4	Metas .....	8-197
8.4	Identificación de fuentes de financiamiento.....	8-198
9.	MONITOREO Y EVALUACIÓN .....	9-200
9.1	Plan de Monitoreo.....	9-200
9.1.1	Indicadores .....	9-200

---



---

9.1.2	Seguimiento .....	9-201
9.2	Mecanismos para el análisis y la toma de decisiones .....	9-202
10.	ASPECTOS NORMATIVOS .....	10-203
10.1	Integración entre aguas terrestres y marítimas .....	10-203
10.2	Integración con otros instrumentos de planificación .....	10-204
10.3	Reutilización de aguas grises tratadas .....	10-204

## Índice de Tablas

Tabla 2-1	Superficie de las subcuencas Costeras e Islas Río Salado-Copiapó .....	2-17
Tabla 2-2	Principales cursos de agua y quebradas .....	2-25
Tabla 2-3	Volumen de almacenamiento y de stock en acuíferos .....	2-29
Tabla 2-4	Comunas dentro de la superficie continental de la cuenca .....	2-32
Tabla 2-5	Población total según localidades, cuenca en estudio .....	2-33
Tabla 2-6	Proyectos con consulta indígena, región de Atacama .....	2-37
Tabla 2-7	Frecuencia de eventos extremos por año, región de Atacama .....	2-45
Tabla 2-8	Modelos globales de clima seleccionados para representar las proyecciones de cambio climático .....	2-46
Tabla 2-9	Conducciones de producción Caldera .....	2-56
Tabla 2-10	Plantas desaladoras de agua de mar actuales en la cuenca .....	2-58
Tabla 2-11	Estaciones meteorológicas .....	2-60
Tabla 2-12	Plantas desaladoras de agua de mar proyectadas en la cuenca .....	2-64
Tabla 2-13	Captación Promedio de Agua de Niebla Identificada en la Zona Norte de Chile .....	2-66
Tabla 3-1	Suministro de agua potable urbana según su fuente .....	3-76
Tabla 3-2	Consumo y producción de agua potable en las localidades urbanas de la cuenca, Caldera .....	3-76
Tabla 3-3	Estimación de la población no satisfecha por sistemas urbanos, según localidad y demanda de consumo humano .....	3-77
Tabla 3-4	Estimación de la población y demanda de consumo humano en asentamientos del borde costero y ciudad de Caldera .....	3-78
Tabla 3-5	Demanda hídrica de actividades mineras .....	3-80
Tabla 3-6	Demanda neta industrial manufacturera en la cuenca Costera e Isla Río Salado Río Copiapó (m <sup>3</sup> /año) .....	3-82
Tabla 3-7	Síntesis demandas según tipo, actual y proyectada .....	3-83
Tabla 3-8	Origen de la captación de agua según la demanda .....	3-83
Tabla 4-1	Unidades de Gestión superficial. Nodos de control para la presentación de la oferta de agua .....	4-85



---

Tabla 4-2 Oferta natural superficial por nodos de control. Periodo histórico y actual (hm <sup>3</sup> promedio/periodo).....	4-88
Tabla 4-3 Promedio precipitación en el periodo histórico (1990-2015) periodo actual (2015-2020) y periodos proyectados (2020-2050).....	4-90
Tabla 4-4 Oferta de agua superficial por nodos de control. Periodo proyectado .....	4-91
Tabla 4-5 Número de registros según CBR y categoría DAA, consuntivos, para aguas superficiales.....	4-92
Tabla 4-6 Sectores Hidrogeológicos de aprovechamiento común .....	4-93
Tabla 4-7 Volumen de acuíferos cuencas costeras río Salado río Copiapó .....	4-94
Tabla 4-8 Stock de agua en los acuíferos.....	4-96
Tabla 4-9 Recarga acuíferos periodo 1990-2014 /2015-2021 Hm <sup>3</sup> /año .....	4-97
Tabla 4-10 Recarga acuíferos periodo proyectado 2021-2050 Hm <sup>3</sup> /año .....	4-97
Tabla 4-11 Número de registros según CBR y categoría DAA, consuntivos, para aguas subterráneas.....	4-99
Tabla 4-12 Oferta de agua externa a la cuenca. Trasvases y desalación .....	4-100
Tabla 4-13 Síntesis oferta según tipo, actual y proyectada (Hm <sup>3</sup> /año).....	4-101
Tabla 5-1 Comparación Balance Hídrico Nacional (mm/año).....	5-102
Tabla 5-2 Resumen de la brecha por balance hídrico (Hm <sup>3</sup> /año) .....	5-104
Tabla 5-3 Balance de Agua superficial periodo histórico (Hm <sup>3</sup> /año) .....	5-108
Tabla 5-4 Balance de Agua superficial periodo actual .....	5-108
Tabla 5-5 Balance hídrico actual en la cuenca según oferta interna y externa. Demandas de distintos usos .....	5-109
Tabla 5-6 Balance hídrico histórico subterráneo (Hm <sup>3</sup> /año) .....	5-110
Tabla 5-7 Balance hídrico actual subterráneo (Hm <sup>3</sup> /año) .....	5-111
Tabla 5-8 Balance de Agua superficial periodo proyectado .....	5-112
Tabla 5-9 Balance hídrico proyectado (2050) en la cuenca según oferta interna y externa. Demandas de distintos usos.....	5-113
Tabla 5-10 Balance Subterráneo periodo proyectado (Hm <sup>3</sup> /año) .....	5-114
Tabla 5-11 Definición de brecha para la seguridad para las personas .....	5-119
Tabla 5-12 Síntesis de la brecha hídrica para las personas. Abastecimiento.....	5-121
Tabla 5-13 Brecha según dotación para consumo humano .....	5-121
Tabla 5-14 Brechas en la cobertura de aguas servidas .....	5-122
Tabla 5-15 Síntesis demanda y brecha actual y proyectada, según actividad minera (hm <sup>3</sup> /año) .....	5-127
Tabla 5-16 Análisis preliminar de sustentabilidad de los SHAC.....	5-130
Tabla 5-17. Definición de Indicadores de Estado.....	5-132
Tabla 5-18. Definición de Indicadores de Impacto.....	5-133
Tabla 5-19. Definición de Indicadores de Estado.....	5-136
Tabla 5-20 Determinación de Indicadores de Impacto .....	5-137

---

---

Tabla 5-21. Proyección de población permanente y demanda de agua empleada en el análisis de alternativas .....	5-141
Tabla 5-22. Proyección de población estacional y demanda de agua empleada en el análisis de alternativas .....	5-141
Tabla 5-23. Costo del agua para la Alternativa A. Camiones Aljibe .....	5-143
Tabla 5-24. Costo del agua para la Alternativa B. Conexión a ducto entre Caldera Chañaral .....	5-144
Tabla 5-25. Dimensionamiento de los sistemas independientes de desalación .....	5-145
Tabla 5-26. Costo del agua para la Alternativa C. Sistemas independientes.....	5-146
Tabla 5-27. Costo del agua para la Alternativa D. Sistema interconectado .....	5-147
Tabla 5-28. Costo del agua comparado para las distintas alternativas .....	5-148
Tabla 5-29 Resultados de escenarios de gestión .....	5-150
Tabla 5-30 Valor de la mediana de UF/(l/s) según CBR y categorías .....	5-151
Tabla 7-1 Seguridad Hídrica para las Personas: Líneas de acción, iniciativas y brechas .....	7-158
Tabla 7-2 Partidas para Estrategia de consolidación de asentamientos .....	7-159
Tabla 7-3 Partidas para Estudio de perfil de alternativas de conexión de agua para consumo humano .....	7-160
Tabla 7-4. Partidas para Sistema interconectado de abastecimiento de agua.....	7-161
Tabla 7-5. Costos referenciales, partidas de un sistema de saneamiento rural .....	7-162
Tabla 7-6. Costo referencial de un sistema de saneamiento rural mediano.....	7-162
Tabla 7-7 Estimación del costo de ampliación de la red de alcantarillado. REFERENCIAL .....	7-163
Tabla 7-8 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas: Líneas de acción, iniciativas y brechas .....	7-166
Tabla 7-9. Partidas para un Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera .....	7-168
Tabla 7-10 Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas: Líneas de acción, iniciativas y brechas.....	7-170
Tabla 7-11. Partidas para el estudio de interconexión hídrica .....	7-171
Tabla 7-12. Partidas para un estudio regulatorio y operacional .....	7-172
Tabla 7-13 Gestión Institucional: Líneas de acción, iniciativas y brechas.....	7-173
Tabla 7-14. Pozos de monitoreo a ser instalados en la cuenca .....	7-174
Tabla 7-15. Monitoreo hidro geoquímico .....	7-175
Tabla 7-16. Estudios específicos a ser realizados en la cuenca.....	7-176
Tabla 7-17. Partidas para un Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la región de Atacama .....	7-177
Tabla 7-18 Gobernanza: Líneas de acción, iniciativas y brechas.....	7-178
Tabla 7-19. Actores que podrían formar parte de una gobernanza de partida .....	7-179
Tabla 7-20. Alcances de una Secretaría Técnica.....	7-180

---

---

Tabla 7-21. Alternativas Seleccionadas.....	7-181
Tabla 7-22. Resumen de iniciativas de inversión.....	7-183
Tabla 7-23. Presupuesto por Línea de Acción .....	7-184
Tabla 7-24. Resumen de inversión por responsable y plazo.....	7-185
Tabla 8-1. Hitos de referencia del Plan (inversión a corto, mediano y largo plazo)	8-187
Tabla 8-2. Metas de la Estrategia de Comunicación.....	8-198
Tabla 8-3. Fuentes de Financiamiento (Millones de \$) .....	8-199
Tabla 9-1. Indicadores de Proceso .....	9-200

## Índice de Figuras

Figura 2-1 Cuencas de Estudio .....	2-18
Figura 2-2 Geomorfología de la cuenca.....	2-19
Figura 2-3 Mapa Geológico a escala 1:1.000.000.....	2-20
Figura 2-4 Grupos hidrológicos de Suelo (GHS) .....	2-23
Figura 2-5 Hidrografía de la cuenca.....	2-24
Figura 2-6 Unidades de interés hidrogeológico.....	2-27
Figura 2-7 Profundidad de basamento .....	2-28
Figura 2-8 Sectorización de acuíferos .....	2-28
Figura 2-9 Permeabilidades de la zona acuífera .....	2-30
Figura 2-10 Niveles estáticos de la zona acuífera .....	2-30
Figura 2-11 Localidades principales dentro de la cuenca .....	2-32
Figura 2-12 Proyección de población al año 2050.....	2-35
Figura 2-13 Línea de tiempo desarrollo cultural, región de Atacama .....	2-36
Figura 2-14 Producto Interno Bruto de la Región de Atacama.....	2-39
Figura 2-15 Porcentaje de las actividades económicas según población .....	2-40
Figura 2-16 Climas (Köppen) .....	2-41
Figura 2-17 Precipitaciones (mm) estación Caldera en el año 2015 .....	2-43
Figura 2-18 Temperatura promedio mensual (°C) en Estación Meteorológica “Desierto de Atacama en Caldera” Dirección Meteorológica de Chile. Año 2015 .....	2-44
Figura 2-19 Precipitación para los MCG de DGA (2018) en Cuenca Costeras entre Río Salado y Río Copiapó .....	2-47
Figura 2-20 Temperatura para los MCG de DGA (2018) en Cuenca Costeras entre Río Salado y Río Copiapó .....	2-48
Figura 2-21 Uso del suelo .....	2-49
Figura 2-22 Pisos vegetacionales .....	2-51
Figura 2-23 Áreas protegidas y de relevancia ambiental .....	2-53
Figura 2-24 Tranques de relave .....	2-55
Figura 2-25 Trasvases en la cuenca de estudio.....	2-57

---

Figura 2-26 Plantas Desaladoras de Agua de Mar.....	2-59
Figura 2-27 Localización pozos de extracción .....	2-60
Figura 2-28 Estaciones Meteorológicas .....	2-61
Figura 2-29 Sectores de alto interés hidrogeológico .....	2-62
Figura 2-30 Plantas Desaladoras de Agua de Mar proyectadas.....	2-65
Figura 2-31 Interacción de actores claves .....	2-68
Figura 2-32 Grupos de actores de la cuenca por eje de seguridad hídrica.....	2-69
Figura 2-33 Mapa de actores según seguridad hídrica para el consumo humano. Interés – Influencia según mismo concepto .....	2-72
Figura 2-34 Grafo de actores según relaciones y tipo .....	2-73
Figura 3-1 Demandas de agua en la cuenca (hm <sup>3</sup> /año) .....	3-75
Figura 4-1 Precipitación anual acumulada en la estación Caldera (mm) .....	4-86
Figura 4-2 Unidades de Gestión superficial. Nodos de control para la presentación de la oferta de agua .....	4-87
Figura 4-3 Distribución anual de la precipitación a nivel de cuenca (mm/mes). Periodo Histórico 1990-2015 y actual 2015-2020. ....	4-88
Figura 4-4 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período histórico (1990-2014) .....	4-89
Figura 4-5 Proyección de la precipitación (mm) en el periodo 2015-2050. Promedio móvil 10 años de la precipitación (mm) .....	4-90
Figura 4-6 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período proyectado (2021-2050) .....	4-91
Figura 4-7 Volumen de acuíferos en la cuenca (Hm <sup>3</sup> ) .....	4-95
Figura 4-8 Nivel estático de los acuíferos .....	4-96
Figura 4-9 Pozos monitoreados de “Proyecto Desarrollo Mantoverde” .....	4-98
Figura 5-1 Ejes de la Planificación Estratégica .....	5-115
Figura 5-2 Árbol de Problemas para la seguridad hídrica de las personas .....	5-117
Figura 5-3 Árbol de Problemas para ecosistemas .....	5-124
Figura 5-4 Árbol de Problemas para las actividades productivas.....	5-125
Figura 5-5 Árbol de Problemas para Gestión Institucional .....	5-128
Figura 5-6 Alternativas de solución para la desconexión de las localidades costeras a la red de agua potable.....	5-140
Figura 7-1 Metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas ..	7-156
Figura 7-2 Árbol de Soluciones para la seguridad hídrica de las personas.....	7-157
Figura 7-3 Árbol de Soluciones para ecosistemas.....	7-166
Figura 7-4 Árbol de Soluciones para las actividades productivas .....	7-169
Figura 7-5 Árbol de soluciones para la Gestión Institucional .....	7-173
Figura 7-6 Árbol de soluciones para la Gobernanza .....	7-178
Figura 7-7 Líneas de Acción del Plan Estratégico.....	7-182
Figura 7-8 Cronograma de implementación del Plan Estratégico .....	7-186

---



---

Figura 8-1 Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza .....	8-190
Figura 8-2 Estructura de la Gobernanza propuesta.....	8-192



---

## Anexos

**Anexo A. Abreviaturas**

**Anexo B. Referencias**

**Anexo C. Glosario**

**Anexo D. Figuras**

**Anexo E. Antecedentes Recopilados**

**Anexo F. Aspectos Metodológicos**

**Anexo G. SIG**

**Anexo H. Modelos hidrológico e hidrogeológico**

**Anexo I. PAC**

**Anexo J. Plan Estratégico**

**Anexo K. Caracterización Hidrogeológica**

---

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.1 Introducción

El actual documento presenta el Informe Final del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las **Cuencas costeras e islas entre río Salado y río Copiapó**. El propósito de este Plan es contar con un instrumento que oriente la toma de decisiones de 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.

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 Costeras e Islas entre Río Salado y Río Copiapó se caracteriza por desarrollarse a lo largo del borde costero de la región de Atacama, en un eje que cruza las localidades de Caldera hasta Chañaral.

Como es característico de esta zona del país, el desarrollo urbano se encuentra asociado al emplazamiento de puertos, caletas pesqueras y, más recientemente, balnearios o sitios de segunda vivienda. Existe un poblamiento permanente del borde costero, el que se realiza de manera espontánea mediante la instalación de asentamientos informales que va creciendo de forma inorgánica. Sin embargo, producto de la pandemia y los desastres de origen natural experimentados en la región, parte de estas viviendas informales han pasado a ser la vivienda principal de muchas familias, acentuando los problemas asociados a la disponibilidad de agua para consumo humano.

En complemento, existen en la zona proyectos mineros que cuentan con fuentes propias de agua de mar desalada (Mantoverde y Cerro Negro, el que además contribuye al cumplimiento de los compromisos ambientales de Minera Caserones) y proyectos públicos que proveen de una mayor seguridad hídrica en el abastecimiento de agua para las personas. Sin embargo, y a pesar de la existencia de estas grandes fuentes alternativas de agua, existen asimetrías en la accesibilidad y asequibilidad al agua por parte de las personas, la que resulta principalmente de la informalidad de los asentamientos en los que residen. Complementariamente, existen riesgos asociados a desastres de origen natural que pueden afectar la continuidad operacional de las redes de distribución de agua, ante los cuales no se han previsto alternativas de interconexión.

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. A partir de este diagnóstico, elaborado por eje de seguridad hídrica (para las personas, ecosistemas, actividades productivas y ante desastres socio naturales), se evaluaron distintas estrategias que permiten abordar las brechas hídricas identificadas. Luego, 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.

---

Por último, se elaboró un modelo hidrológico para aguas superficiales y subterráneas, a partir de fuentes secundarias y levantamiento de información en terreno, utilizando la plataforma WEAP. A partir de los resultados de la modelación, se generaron tablas de balance hídrico superficial y subterráneo para un período histórico, actual y proyectado.

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.

## 1.2 Objetivos

Proponer un Plan Estratégico indicativo en las **Cuencas Costeras e Islas entre Río Salado y Río Copiapó**, que oriente la toma de decisiones de 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.

## 1.3 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

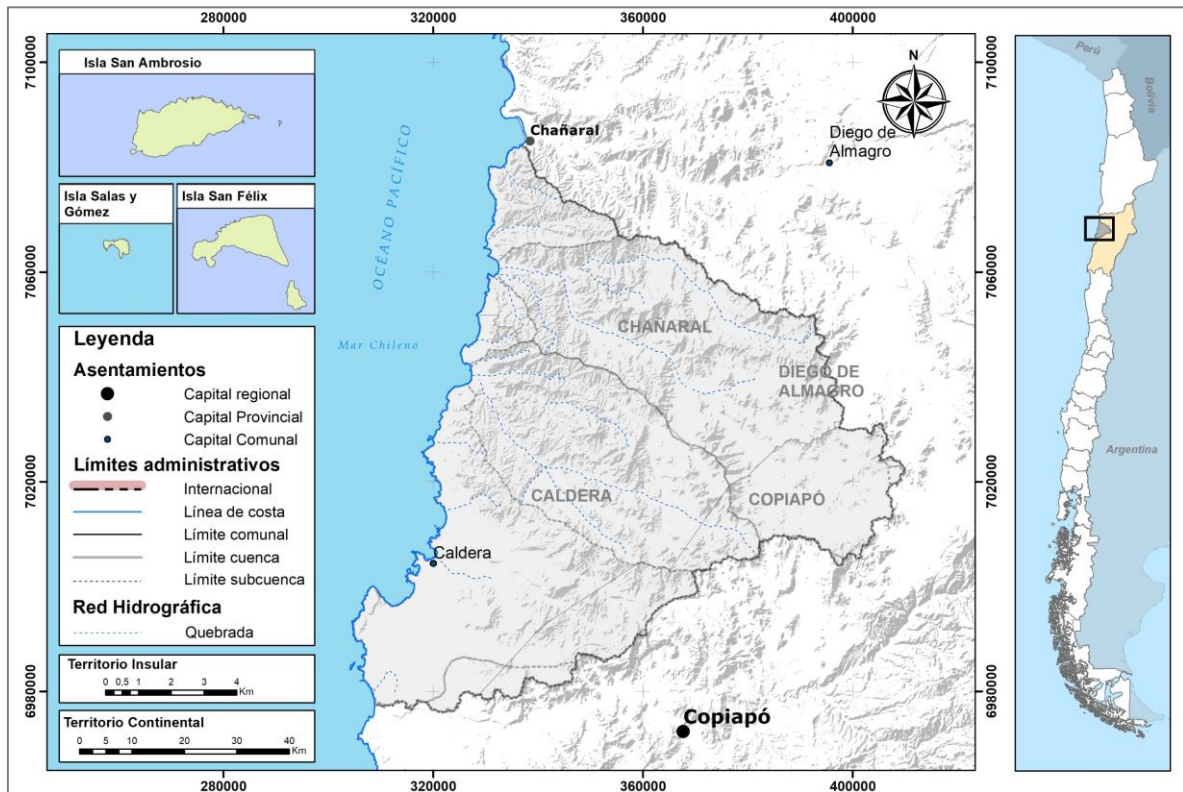
La **Cuenca costeras e islas entre el río Salado y el río Copiapó** tiene una superficie de 5.824 km<sup>2</sup> dividida entre **territorio continental** (5.799 km<sup>2</sup>) y **territorio insular** (25 km<sup>2</sup>), esta última correspondiente a las Islas San Félix, San Ambrosio, Salas y Gómez (que administrativamente dependen de la región de Valparaíso). El territorio continental tiene administración política en las comunas de Caldera, Chañaral, Copiapó y Diego de Almagro, pertenecientes a las **provincias de Chañaral y Copiapó**, en la **Región de Atacama**.

La cuenca está limitada al norte con la cuenca río Salado y al sur con la cuenca del río Copiapó (**Figura 2-1**). La cuenca se divide en 6 subcuencas (**Tabla 2-1**) y 8 subsubcuencas.

**Tabla 2-1 Superficie de las subcuencas Costeras e Islas Río Salado-Copiapó**

Código DARH	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )
<b>0304</b>	<b>Cuenca Costeras e Islas Río Salado-Copiapó (Continental)</b>	<b>5.799</b>
030400	Subcuenca Costeras entre Río Salado y Quebrada Flamenco	284
030401	Subcuenca Quebrada Flamenco	2.187
030402	Subcuenca Costeras entre Quebrada Flamenco y Quebrada del Morado	157
030403	Subcuenca Quebrada del Morado	1.396
030404	Subcuenca Costeras sector Caldera	1.077
030405	Subcuenca Costeras sector Bahía Inglesa	698
<b>0304</b>	<b>Cuenca Costeras e Islas Río Salado-Copiapó (insular)</b>	<b>25</b>
030406	Subcuenca Islas San Félix, San Ambrosio, Salas y Gómez	25

Fuente: BNA (fecha de consulta: Marzo 2021).



Fuente: Elaboración propia a partir de información DGA

**Figura 2-1 Cuencas de Estudio**

## 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.

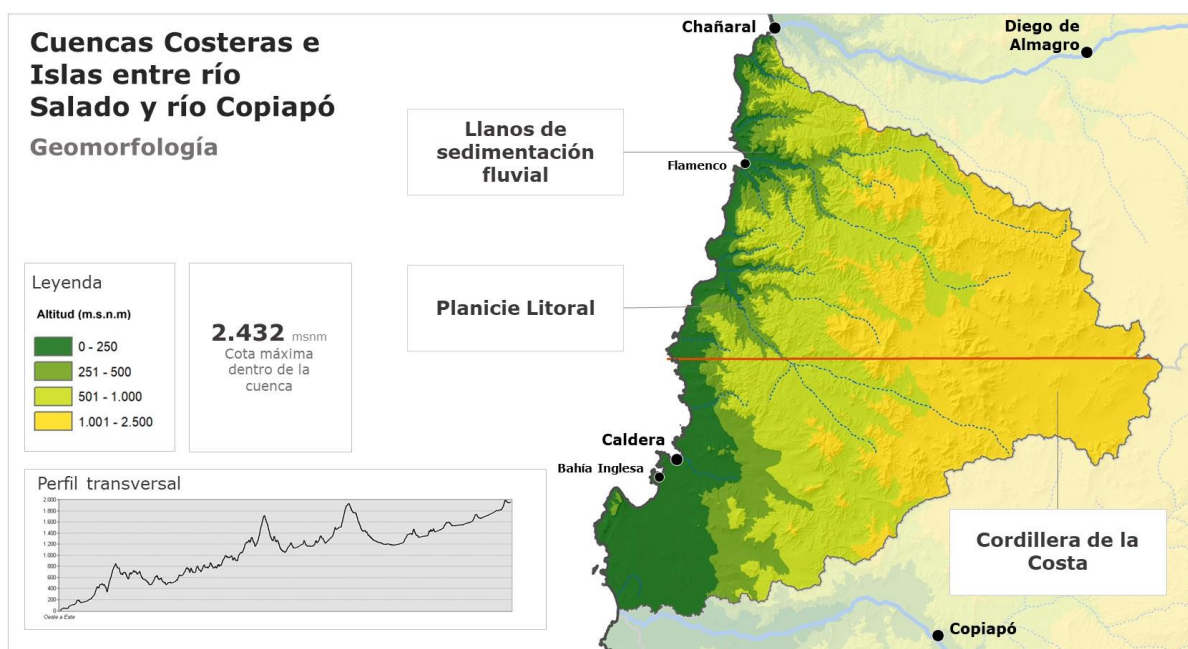
### 2.1.1 Geología y Geomorfología

Las características geomorfológicas, geología y la descripción del suelo de una cuenca, permite tener una primera aproximación de su funcionamiento físico, la conformación de posibles cauces y el régimen hidrológico de la misma. Por ello, dentro de la dimensión física,

a continuación, se detallan los aspectos más importantes en términos geomorfológicos de la cuenca en estudio.

### 2.1.1.1 Geomorfología

En la cuenca se pueden identificar las unidades de planicie litoral a lo largo del borde costero, limitando en su sector norte con el farellón costero, propio del norte del país. Hacia el interior, se presentan Llanos de sedimentación fluvial, seguido de, en su mayor parte, la unidad geomorfológica de la Cordillera de la Costa hacia el interior, aumentando su altitud y el promedio de las pendientes en el territorio, tal como se observa en la **Figura 2-2**.



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

**Figura 2-2 Geomorfología de la cuenca**

Las características geomorfológicas de esta parte de la región radican en un relieve irregular, macizo e interceptado por valles y cordones de cerros transversales, que permiten unir el sistema andino con las planicies litorales (Mantos Copper, 2016), especialmente importante dada la condición costera de esta cuenca.

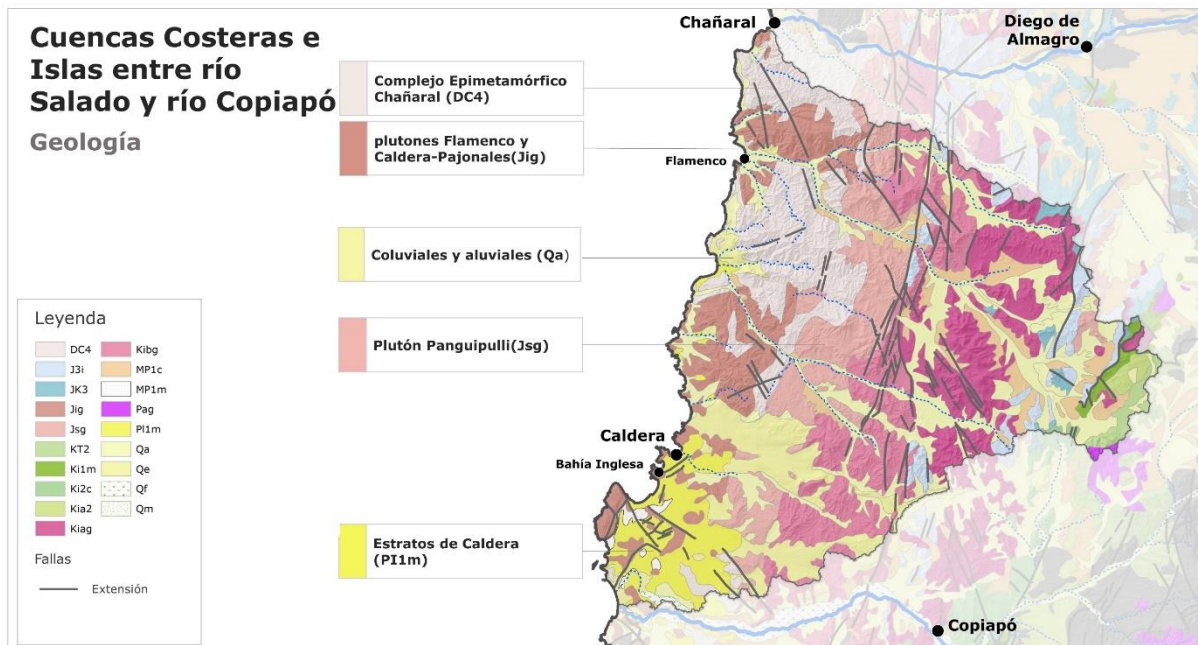
A continuación, se detallan sus unidades geomorfológicas, según información levantada por el EIA del proyecto Mantoverde (Mantos Copper, 2016), localizado en la cuenca en estudio.

- Planicies Litorales: Presenta escaseo desarrollo y se extiende entre el litoral y la Cordillera de la Costa. Suelen presentarse tres subunidades, a saber: terrazas de abrasión marina, con presencia de planicies escalonadas sobre la línea de la costa actual; Quebradas que disectan la forma anterior; y Litorales que integran las características morfológicas de la cuesta.

- Cordillera de la Costa: Da cuenta de un macizo montañoso más bajo y que suele tener mayor antigüedad que la Cordillera de los Andes, alcanzando alturas entre 600 y 1.000 m.s.n.m. Su disposición no exhibe paralelismo que es característico de la zona central del país, observándose más sierras y cerros aislados que suelen adoptar ubicaciones transversales y longitudinales que no logran definir un patrón identificable.

### 2.1.1.2 Geología

La geología de la cuenca se caracteriza por extensos afloramientos del Complejo Epimetamórfico Chañaral (DC4) en la Cordillera de la Costa, los que se encuentran al Occidente con dirección N-S. Este es un basamento antiguo que se formó como parte de un prisma de acreción paleozoico, el cual se encuentra inserto por varios plutones de formación posterior, que provocan aureolas de rocas córneas (**Figura 2-3**).



Fuente: Elaboración propia, modificado de DGA, 2009

**Figura 2-3 Mapa Geológico a escala 1:1.000.000**

El activo e intenso volcanismo indica la migración del arco magmático, revelado en el Mapa Geológico 1:1.000.000 del Servicio Nacional de Geología y Minería, y corroborado en las cartas geológicas 1:100.000 (Anexo K-2). Numerosos intrusivos (plutones) se formaron durante el período Jurásico-Cretácico en el territorio, asociados al Sistema de Fallas de Atacama con dirección principal N-S (Jig, Jsg, Kibg, Kiag, Pag, KT2), intrusivos de distinta

---

composición que en la **Figura 2-3** forman parte de la simbología Kiag. Estos plutones se han insertado en las formaciones rocosas más antiguas en su ascenso a la superficie y, a su vez, han sido atravesados por otros más jóvenes. Muchos se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos cuaternarios.

En el Jurásico Medio-Superior se formaron secuencias volcano-sedimentarias como la Fm. La Negra (J3i) en tono celeste claro, la cual es atravesada por fallas al Norte, NE y SE. A su vez, varios plutones la componen (al W por JK3, al SE por Jsg), y entra en contacto tectónico local con la formación volcanosedimentaria Grupo Punta del Cobre (JK3) (en tono celeste intenso) en el sector Quebrada Salitrosa, que se formó a fines del Jurásico e inicios del Cretácico Inferior. Hacia el Cretácico Inferior, en el extremo más oriental de la cuenca se depositó la secuencia de areniscas y calizas del Grupo Chañarcillo (Ki1m) (color verde intenso), y posteriormente la volcanosedimentaria Fm. Cerrillos ((Kia2) verde-amarillo claro), que la subyace concordantemente en el sector Quebrada Salitrosa.

Formaciones sedimentarias marinas comenzaron a depositarse en el Neógeno sobre el paleobasamento (DC4), como los pequeños afloramientos de la Fm. Bahía Inglesa (MP1m) al SSW, depósitos aluviales antiguos inactivos (MP1c), (próximos a depósitos cuaternarios en algunos cauces, así como hacia la desembocadura de la Quebrada del Potrero (al Noroeste (NW)). Sucesivamente, se formaron los depósitos más recientes asociados al período Cuaternario. Los Estratos de Caldera (PI1m), los coluviales y aluviales (Qa), fluviales (Qf), litorales del Holoceno (Qm) y eólicos (Qe) (tonos amarillos), que en su amplia distribución cubren los cordones Paleozoicos y Mesozoicos y, en ocasiones, a los depósitos que le precedieron en deposición.

### 2.1.1.3 Suelos

En general, la caracterización de suelos es útil para obtener información en diagnósticos sobre capacidad de uso de suelo, aptitud de riego, aptitud frutal o categorías de drenaje.

Para la región de Atacama, de manera general, pero también de manera particular para la cuenca en estudio, los datos disponibles son escasos, algunos de ellos obsoletos, debido a que estos suelos poseen una **limitada aptitud agrícola**, determinada especialmente por sus regímenes hidrotérmicos, que finalmente se traduce en la **inexistencia de estudios de suelos** (Henríquez, 2013). Los regímenes hidrotérmicos son de especial relevancia, puesto que la temperatura y la humedad influyen en los procesos de formación de los suelos y en los procesos de intemperismo sobre materiales geológicos, desarrollo y evolución de los suelos; siendo elementos del clima responsables de la distribución de especies vegetales y su diversidad en el mundo (Topete, 2014).

Hacia el límite norte de la cuenca, los análisis de muestras cercanas a la costa de Chañaral indican que la composición de estos suelos es representada mayoritariamente por Silicio y Aluminio, lo que se condice con la estructura litológica de las rocas presentes en los sectores ribereños. 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 (Salas *et al*, 2015).

Por otro lado, la clasificación GHS (Grupo Hidrológico de Suelos) es un conjunto de suelos que tiene similar comportamiento frente a la generación de escorrentía (Diaz & Mercado, 2017) y se clasifica en una de las siguientes categorías:

**Grupo A:** son suelos predominantemente arenosos, donde el agua se transmite libremente a través del perfil y, por ende, tienen un bajo potencial de escorrentía cuando están completamente húmedos.

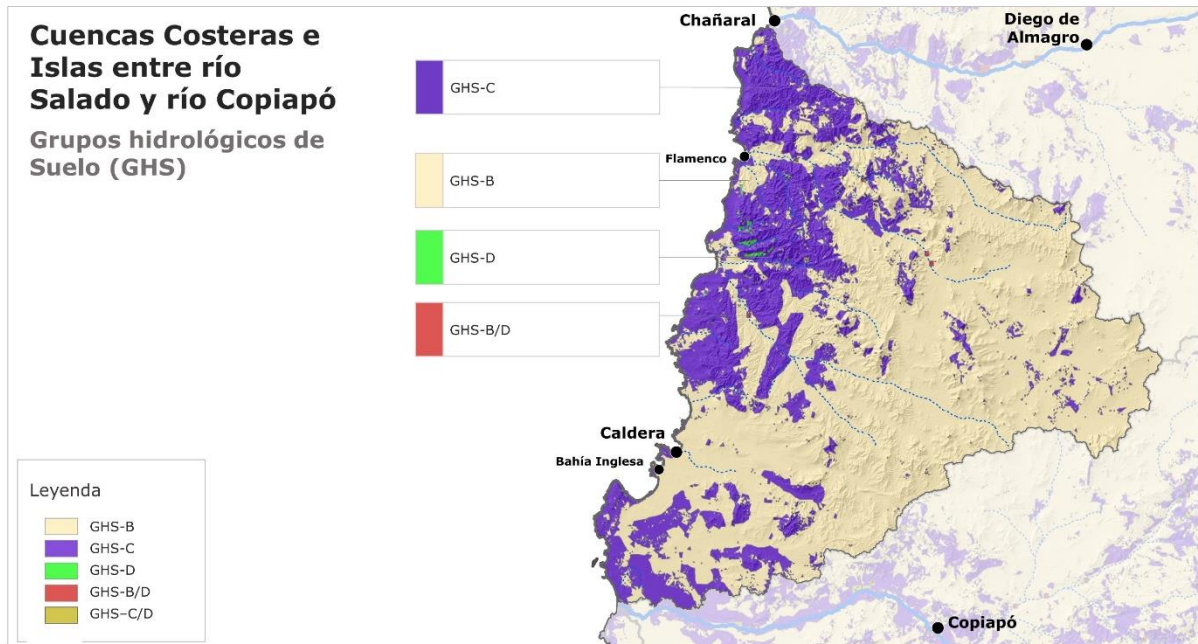
**Grupo B:** son suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas que tienen un potencial de escorrentía moderadamente bajo cuando están completamente húmedos.

**Grupo C:** Son suelos con una capa que limita el movimiento vertical del agua y texturas de moderadamente finas a finas. El potencial de escorrentía es moderadamente alto cuando están húmedos.

**Grupo D:** son suelos con alto potencial de escorrentía y tasas de infiltración muy bajas. Las texturas son arcillosas, el nivel freático es alto o son suelos poco profundos, asentados sobre material impermeable.

La O.R.N.L.D.A.A.C. (*Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive center*) de la N.A.S.A., generó una capa a nivel mundial de Grupos Hidrológicos de Suelo (Ross, 2018), HYSOGs250m, la cual representa un conjunto de datos cuadrulado y coherente a nivel mundial de grupos hidrológicos de suelos con una resolución geográfica de 1/480 grados decimales, correspondiente a una resolución proyectada de aproximadamente 250 m. Esta información se presenta en la **Figura 2-4**.

En específico, la cuenca presenta el grupo hidrológico B en toda su extensión. Sin embargo, los sectores cercanos al borde costero corresponden a suelos con un potencial de escorrentía moderadamente alto (menos del 50% de su composición de arena y entre 20% y 40% compuesto de arcilla). Mientras que, hacia sectores del interior de la cuenca, se presentan en su mayoría suelos con un potencial de escorrentía moderadamente bajo (compuesto entre un 50% y un 90% de arena y 10-20% de arcilla).



Fuente: ORNL DAAC (2020)

**Figura 2-4 Grupos hidrológicos de Suelo (GHS)**

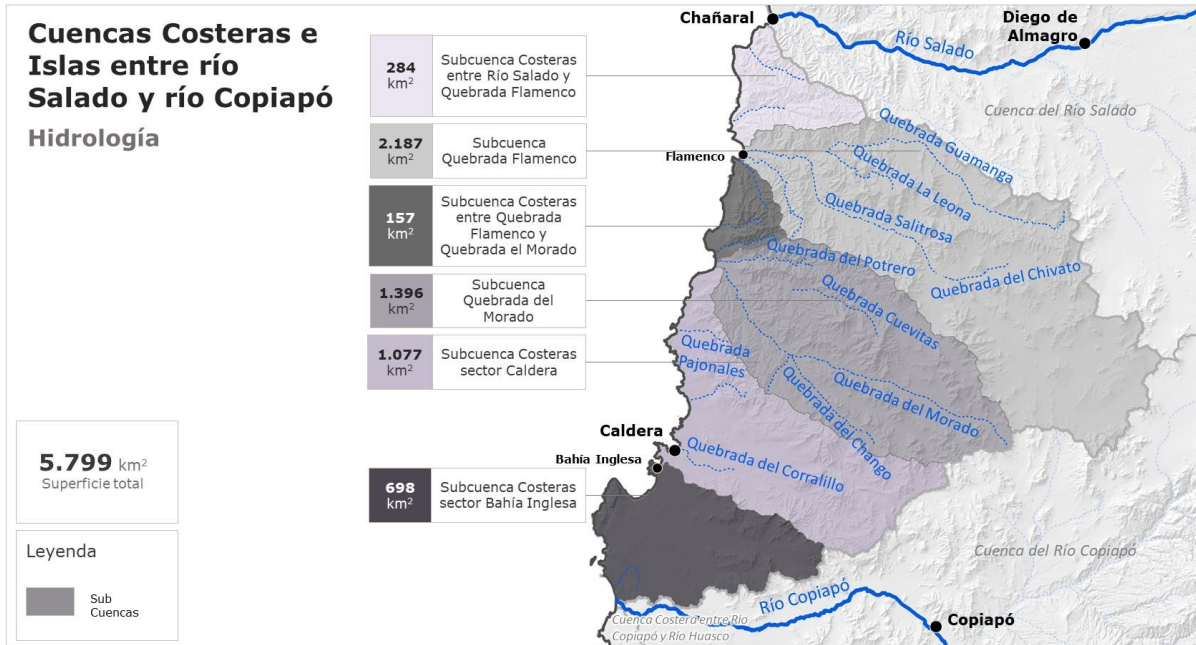
### 2.1.2 Hidrología

La hidrología de una cuenca es parte fundamental de su caracterización. Identificar los cursos de agua, sus orígenes, distribución; así como también los cuerpos de agua que se conforman a lo largo de una cuenca; y las fuentes de agua principales asociadas a la presencia o ausencia de glaciares, permite aproximarse de una manera mucho más acertada a comprender el funcionamiento de una cuenca. A continuación, se detallan estos elementos, agregando también las características hidrogeológicas, que permitirán sentar las bases para la construcción de modelos hidrológicos.

#### 2.1.2.1 Cursos de agua

La cuenca no cuenta con un curso de agua principal y sólo se identifican algunas quebradas importantes, entre éstas: Quebrada del Corralillo, Animas Viejas, Áspera, Cuevitas, de Chago, de la Brea, de la Higuera, del Chango, del Chivato, del Morado, del Pollo, del Potrero, Flamenco, Guamanga, La Leona, La Lisa, La Salada, Leones, Los Infieles, Pajonales y Salitrosa. Además, la falta de estaciones fluviométricas impide disponer de estadísticas que permitan la caracterización de dichos cursos de agua.

El régimen hidrológico de estas quebradas es de origen fluvial asociado a eventos extremos de precipitaciones, sobre todo en períodos estivales, por lo que se trata de quebradas intermitentes. Su activación producto de las intensas lluvias, ha provocado inundaciones en sectores cercanos, como el caso del desborde del río Chollay en las quebradas de Canuto y Zorra Muerta en Alto del Carmen, en enero del año 2017; o en marzo de 2015, cuando intensas precipitaciones provocaron el desborde de los ríos Copiapó y El Salado y la consecuente activación de quebradas en la provincia del Huasco, provocando deslizamientos de tierra y cortes de rutas (Vargas *et al*, 2018).



Fuente: Banco Nacional del Agua (BNA)

**Figura 2-5 Hidrografía de la cuenca**

Las características hidrológicas generales de la cuenca se presentan en la **Tabla 2-2**; mientras que la ubicación de cada una de las quebradas se encuentra representada en **Figura 2-5**. Dichos cursos de agua se encuentran en la zona continental, ya que las islas no presentan cursos fluviales importantes debido a la superficie de las mismas islas.



**Tabla 2-2 Principales cursos de agua y quebradas**

Nombre Cuenca	Área Continental (Km2)	Régimen Hidrológico	Caudal Medio Anual	Principales cursos y quebradas
Costeras e Islas entre Río Copiapó y Río Salado	5.799	Pluvial esporádico	Indefinido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quebrada La Leona</li> <li>- Quebrada Salitroso</li> <li>- Quebrada del Chivato</li> <li>- Quebrada Cuevitas</li> <li>- Quebrada del Potrero</li> <li>- Quebrada del Morado</li> <li>- Quebrada Pajonales</li> <li>- Quebrada de Chago</li> <li>- Quebrada del Corralillo</li> </ul>

Fuente: Dirección General de Aguas, 2017a

### 2.1.2.2 Cuerpos de agua

Dadas las características geomorfológicas de la cuenca, sólo presenta cursos de agua asociados a quebradas intermitentes que llegan directamente al mar. Por esta razón, no se identifican cuerpos de agua en la cuenca en estudio.

### 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 nieves ni glaciares**. Lliboutry (1956) señala como límite de equilibrio glaciar los 5.000 m.s.n.m. aun cuando este valor puede variar por condiciones locales de exposición, en este sentido la cuenca tiene cota máxima de 2.432 m.s.n.m., confirmando lo anterior.

### 2.1.2.4 Hidrogeología

#### • Unidades Hidrogeológicas

De acuerdo con la Dirección General de Aguas (2009), el sector de las cuencas Costeras e Isla entre los ríos Salado y Copiapó presenta dos unidades hidrogeológicas, basadas en las características geológicas y de permeabilidad, capacidad de almacenar agua y calidad de sus aguas. Este estudio, para esta descripción, clasifica estas unidades hidrogeológicas de acuerdo con su ubicación en zonas de rellenos sedimentarios no consolidados, o bien, si éstas se encuentran sobre rocas.

#### • Unidades localizadas en rellenos sedimentarios no consolidados

Son 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. Éstas son representadas en la **Figura 2-6** con color azul.

- **Unidades localizadas sobre rocas**

Son 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). Estas unidades son presentadas en la **Figura 2-6** en color beige.

Para este estudio, se consideran de importancia las unidades localizadas en rellenos sedimentarios no consolidados.

No se han encontrado antecedentes sobre los parámetros hidráulicos de esta cuenca. La Dirección General de Aguas (2010) indica que posterior a realizar un estudio geofísico en el sector de Quebrada Salitrosa, no se evidenció la presencia de acuíferos de interés, por lo que no se determinaron parámetros hidráulicos.

Para el presente estudio se consideran de gran importancia las unidades localizadas en rellenos sedimentarios no consolidados propuesto por la DGA (2009). Sin embargo, en base a la información levantada en las campañas desarrolladas en este PEGH, hay algunos sectores donde se ha determinado que no son de alta importancia hidrogeológica dado el pequeño espesor de sedimentos existentes. De esta manera, se ha generado una nueva delimitación de la zona acuífera para las cuencas costeras e islas entre los ríos Salado y Copiapó, considerando los resultados arrojados por las campañas geofísicas (gravimetría y prospección de transiente electromagnético, TEM). Estos resultados son detallados en el Anexo K como parte de la caracterización hidrogeológica del área estudiada (epígrafe 2.4).

- **Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC)**

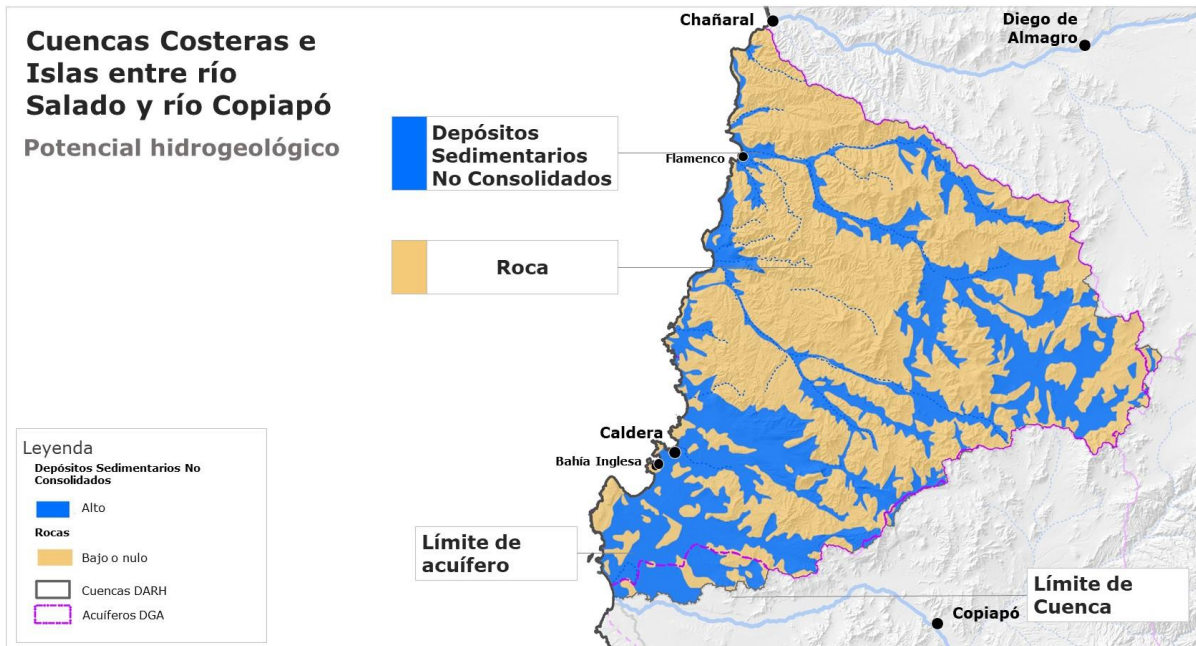
La cuenca en estudio está asociada a cinco sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC), que se indican en la **Tabla 4-6** y que corresponden a: Quebrada Flamenco, Caldera, Cerro del Obispo, Quebrada Ánimas Viejas y Quebrada El Morado.

- **Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas**

Con respecto a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca de estudio, de acuerdo con la información DGA, se identificaron un total de 4 derechos.

- **Estudios Geofísicos**

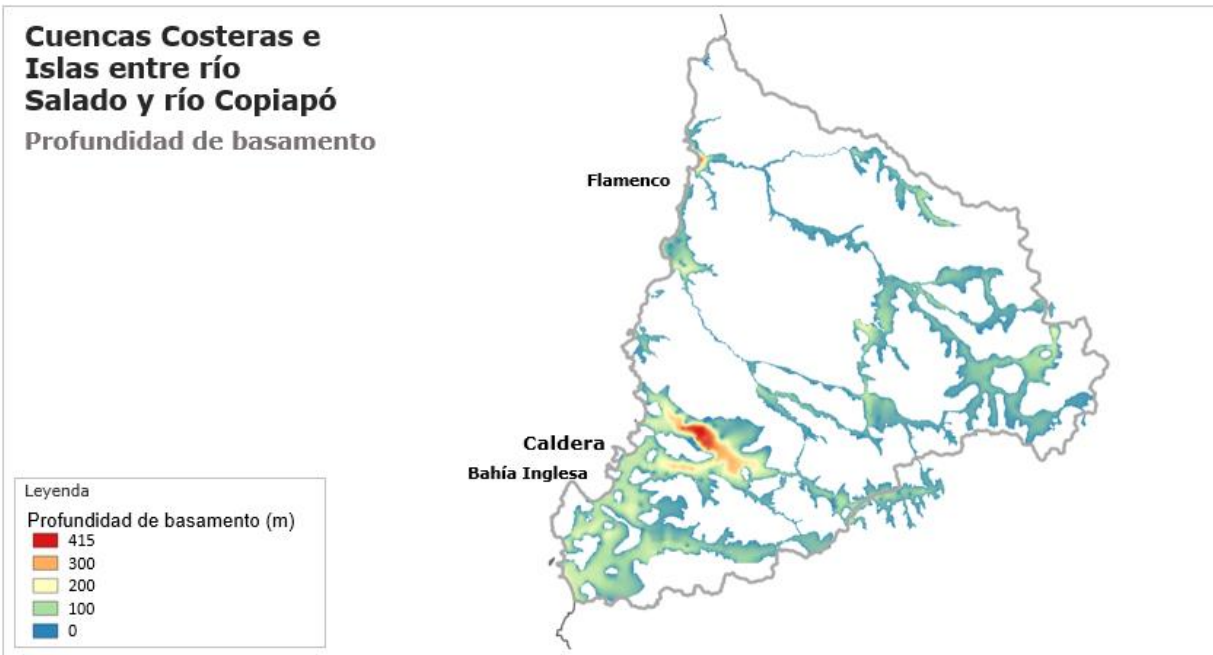
En complemento a los antecedentes recopilados, se realizó un levantamiento de información en terreno mediante gravimetría y prospección TEM. Una descripción detallada de la caracterización geofísica de la cuenca puede verse en el **Anexo K. Caracterización Hidrogeológica**.



Fuente: Modificado de DGA (2009)

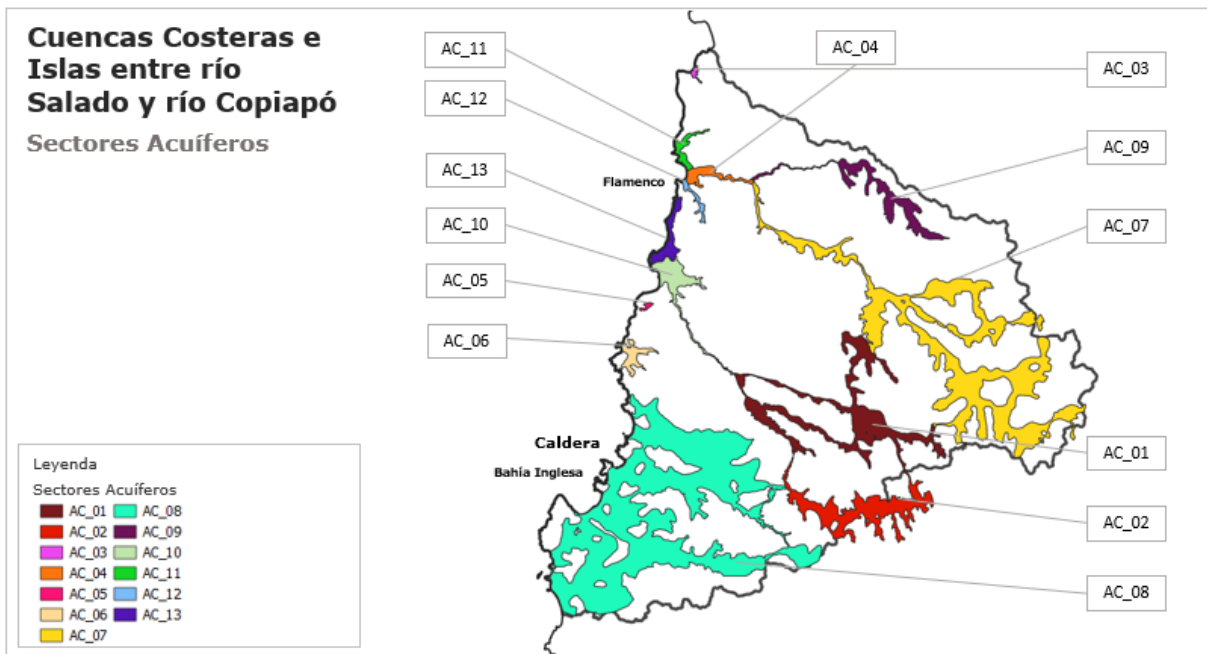
**Figura 2-6 Unidades de interés hidrogeológico**

Respecto a la **campaña gravimétrica**, la cantidad de estaciones consideradas fue de 319 con un espaciamiento que logró totalizar 345 km de perfiles gravimétricos. Este enfoque permitió abarcar gran parte de la cuenca de estudio y contar con un levantamiento de información que dio la oportunidad para desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual que permite tener una comprensión de los flujos hidrogeológicos que ocurren subterráneamente; así como entender, a nivel global, cuáles son las unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, en qué dirección se mueven los flujos, en qué ubicaciones podrían existir interconexiones con otras unidades, entre otras propiedades, que se deben conocer **para la cuenca completa**, y no solo para un pequeño porcentaje de ésta. A continuación, en la **Figura 2-7** se presenta un mapa de colores de profundidad de basamento de la zona de estudio, obtenido a partir de los resultados de la campaña de gravimetría; destaca una zona al este de Caldera con profundidades que alcanzan valores del orden de 400 m. Por otra parte, en la **Figura 2-8** se presenta una sectorización del acuífero estudiado en base a sus características geométricas, obtenidas a través de la gravimetría, y a los SHAC definidos en la cuenca por parte de la DGA; se totalizan 13 sectores acuíferos.



Fuente: Elaboración propia en base a modelación

**Figura 2-7 Profundidad de basamento**



Fuente: Elaboración propia en base a modelación

**Figura 2-8 Sectorización de acuíferos**

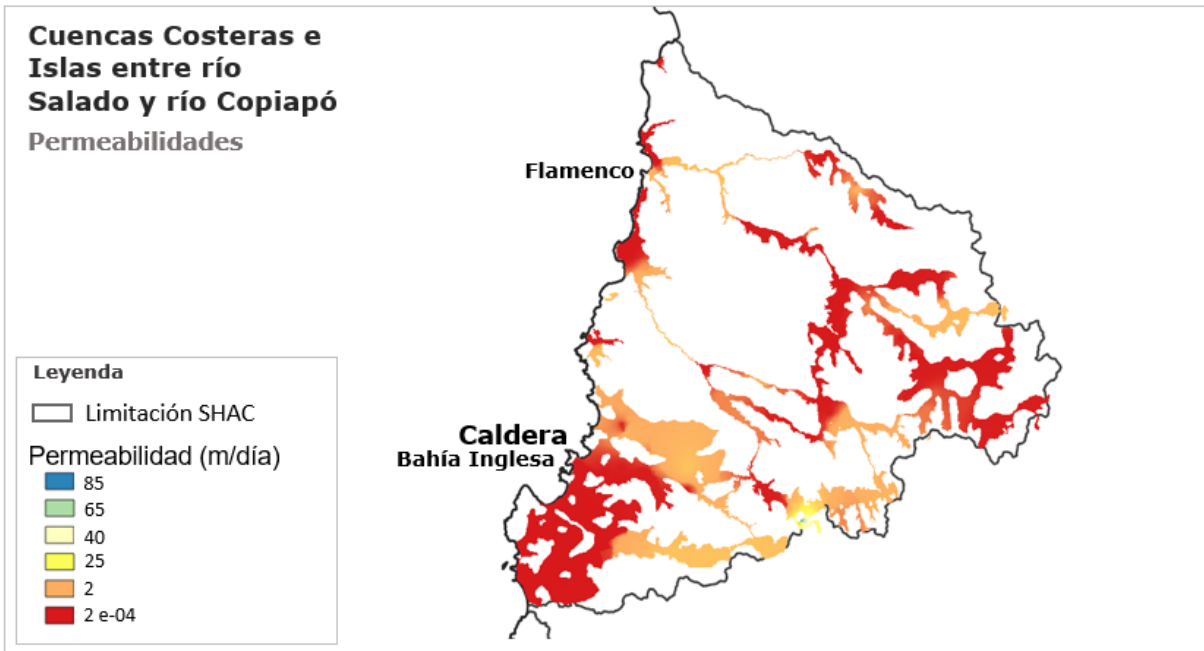
En esta línea, en la **Figura 2-9** se presenta un mapa de colores con valores de permeabilidad del acuífero estudiado donde destaca la zona sur con permeabilidades interesantes; estos valores de permeabilidad han sido obtenidos a través de la interpretación de las resistividades medidas a través de la prospección TEM. Por otra parte, en la **Figura 2-10** se presenta un mapa con las elevaciones de los niveles estáticos de las aguas subterráneas de la cuenca; esta información también es obtenida a través de la interpretación de los resultados de resistividad obtenidos en prospección TEM.

A partir de los resultados de profundidad de basamento, nivel estático de las aguas subterráneas y coeficientes de almacenamiento estimados en base a las permeabilidades del acuífero (toda esta información resultante de las campañas geofísicas), se calculan la capacidad de almacenar agua de cada sector acuífero, junto con el volumen de agua que almacena cada uno. Los montos resultantes se presentan en la Tabla 2-3.

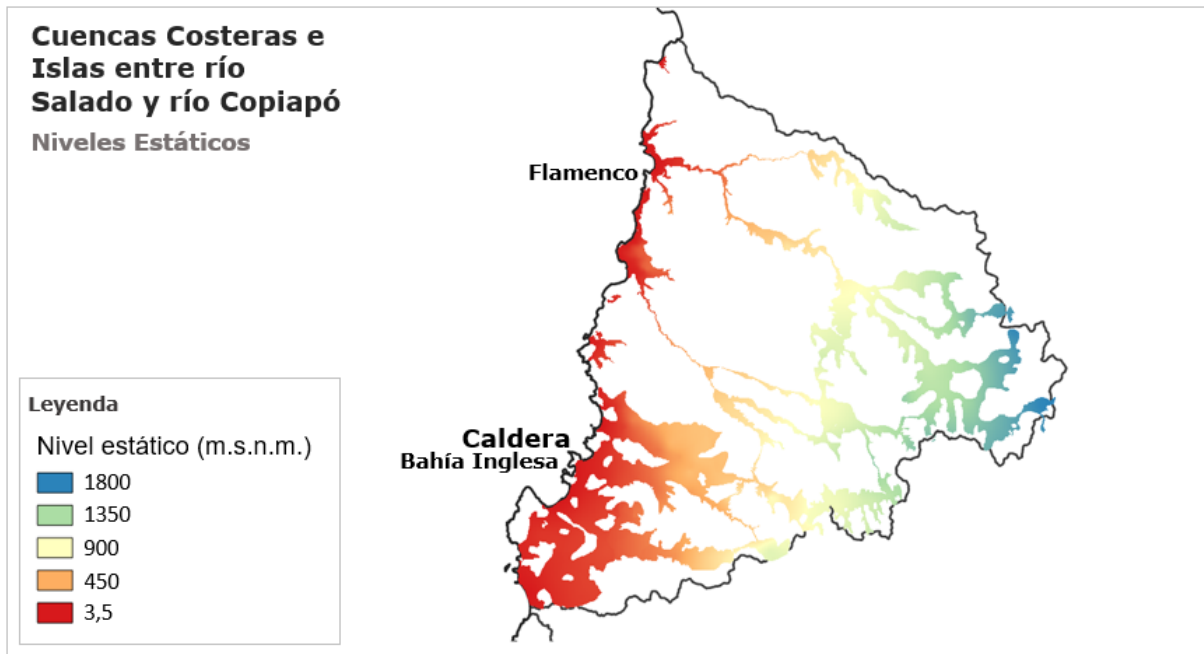
**Tabla 2-3 Volumen de almacenamiento y de stock en acuíferos**

<b>Acuífero</b>	<b>Volumen de almacenamiento (Hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Stock de agua (Hm<sup>3</sup>)</b>
AC_01	789,92	402,59
AC_02	658,00	318,94
AC_03	2,19	0,50
AC_04	144,73	109,20
AC_05	6,49	2,47
AC_06	74,83	46,84
AC_07	1.937,10	957,37
AC_08	7.436,28	5.980,56
AC_09	287,91	192,28
AC_10	299,95	287,91
AC_11	79,24	61,70
AC_12	38,77	30,79
AC_13	113,71	83,08
<b>Total cuenca</b>	<b>11.869,14</b>	<b>8.474,24</b>

Fuente: Elaboración propia en base a modelación



Fuente: Elaboración propia en base a la modelación  
**Figura 2-9 Permeabilidades de la zona acuífera**



Fuente: Elaboración propia en base a la modelación  
**Figura 2-10 Niveles estáticos de la zona acuífera**

---

La interpretación de los resultados de los estudios geofísicos realizados se aborda con detalle en el Anexo K (epígrafe 2.4). De esta manera, los resultados dados por las mediciones geofísicas (gravimetría y prospección TEM) permiten visualizar una aproximación general de cómo es la morfología del basamento, las resistividades que caracterizan los sectores medidos con el método TEM, e inferir las permeabilidades asociadas. Estos resultados son relevantes, ya que se destacan dónde se ubican las zonas más profundas existentes en las cuencas de estudio, dónde podrían estar las mayores permeabilidades que faciliten el paso del flujo subterráneo, cómo evoluciona la profundidad del nivel estático en distintos puntos del territorio, entre otras características. Con esta información es posible generar mapas que con auxilio de la interpolación en Surfer, se caracterice de forma global a las cuencas estudiadas. También, permite el cálculo del caudal que pasa en distintas conexiones acuíferas, permitiendo conocer el volumen del acuífero; datos que son requeridos en el Modelo Numérico Superficial en WEAP (detallado en Anexo H).

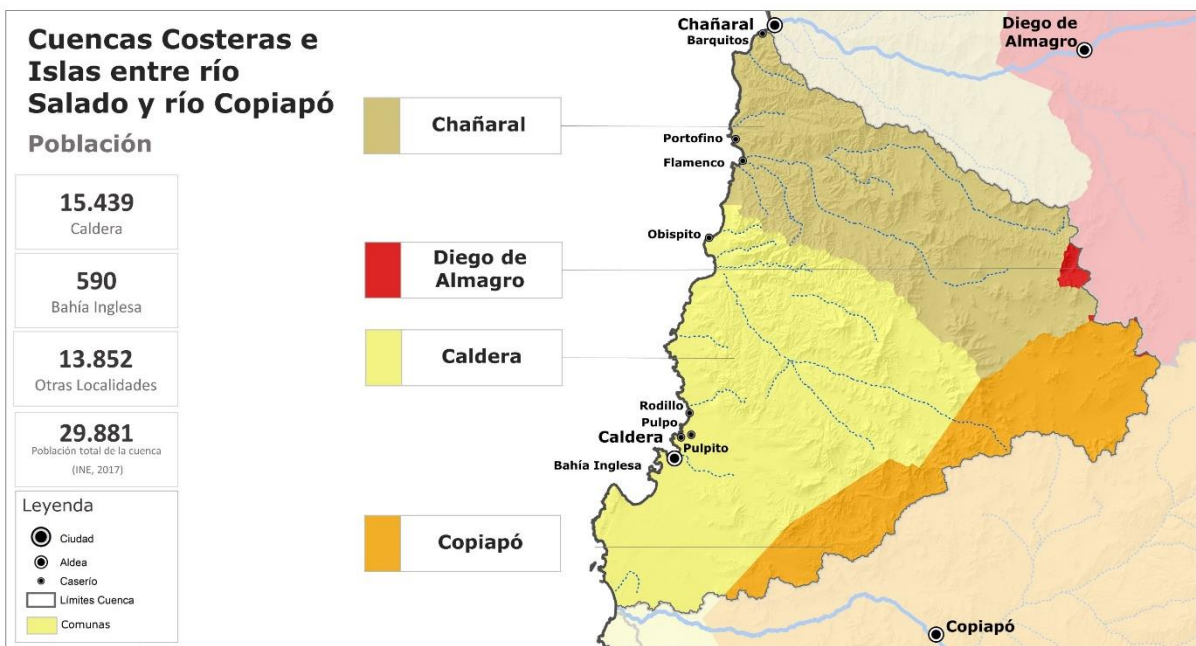
### **2.1.3 Ciudades y Población**

Así como las características físicas en términos geomorfológicos e hidrológicos son importantes, también es necesario integrar coherentemente las dinámicas sociales que se construyen en una cuenca. De esta forma, a continuación, se detalla la división político-administrativa de la cuenca, con el fin de tener una primera aproximación a la gestión del territorio; para luego dar cuenta de las características demográficas, económicas y culturales de la población que habita la cuenca en estudio.

#### **2.1.3.1 División político-administrativa**

A nivel administrativo, la cuenca costeras e islas entre río Salado y río Copiapó comprende, casi en su totalidad, territorios dentro de la **región de Atacama**. Cuenta con una **extensión de 5.799 km<sup>2</sup>**, con presencia territorial en la **Región de Valparaíso (territorio insular de la cuenca) con 25 km<sup>2</sup>**.

Dentro de la región de Atacama, la cuenca tiene superficie administrativa en la zona costera de las **Provincias de Chañaral y Copiapó**. Su territorio insular corresponde a la **provincia de Isla de Pascua**. Tal como se presenta en la **Tabla 2-4**, las principales comunas presentes en la cuenca en estudio corresponden a Caldera, Chañaral, Copiapó y Diego de Almagro, siendo las dos primeras las que representan un mayor porcentaje de su territorio dentro de la cuenca. Adicionalmente la **Figura 2-11** representa la ubicación de estas comunas, junto con sus localidades, entre otras: Caldera, Bahía Inglesa, Pulpo y Pulpito, Rodillo, Obispito en el sector costero de la comuna de Caldera; y Portofino, Flamenco y Barquitos en el límite norte de la cuenca, comuna de Chañaral.



Fuente: Elaboración Propia en base a capas de información DGA

**Figura 2-11 Localidades principales dentro de la cuenca**

**Tabla 2-4 Comunas dentro de la superficie continental de la cuenca**

Comunas	Superficie total de la comuna (km <sup>2</sup> )	Superficie dentro de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Porcentaje dentro de la cuenca
Caldera	3.680	2.730	74,1%
Chañaral	5.759	1.960	34,0%
Copiapó	17.782	1.073	6,0%
Diego de Almagro	18.969	36	0,2%
<b>Total comunal</b>	<b>46.190</b>	<b>5.799</b>	<b>12,6%</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a capas de información DGA



### 2.1.3.2 Demografía

La cuenca alberga una población de **29.881 habitantes**<sup>1</sup>, donde un **89,3% de la población** se concentra en **zonas urbanas**. Esto corresponde a una población de 15.775 personas viviendo en entornos urbanos, siendo la ciudad de Caldera la que congrega mayor cantidad de habitantes (INE, 2017). Además del principal centro urbano de Caldera, la cuenca en estudio contiene la aldea de Bahía Inglesa, con una población de 590 habitantes. Adicionalmente, dentro de la cuenca se encuentran 16 caseríos (INE, 2017), de los cuales las localidades de Pulpo, Flamenco, Pulpito y Rodillo son las que tienen una mayor cantidad de habitantes. La **Tabla 2-5** muestra esta información en algunas de las principales localidades costeras mencionadas.

**Tabla 2-5 Población total según localidades, cuenca en estudio**

Localidad	Tipo	Población total (número de habitantes) <sup>(1)</sup>	Población según actores <sup>(2)</sup>	Población empleada
Caldera	Ciudad	15.439	S/I	15.439
Bahía Inglesa	Aldea	590	S/I	590
Pulpo	Caserío	259	S/I	259
Pulpito	Caserío	103	S/I	103
Rodillo	Caserío	74	S/I	74
Obispito	Caserío	S/I	70	70
Flamenco	Caserío	185	200	200
Portofino	Caserío	S/I	1.000	1.000
Barquitos	Caserío	S/I	500	500
Total urbano ciudad / aldea		16.029	S/I	16.029
Total rural - caseríos		621	1.770	2.206
Total localidades cuenca				18.235
Otros <sup>2</sup>				11.646
<b>Total cuenca</b>				<b>29.881</b>

S/I: Sin información

Fuente: Elaboración propia según datos: (1) INE (2017), (2) Minutas reuniones Anexo L

<sup>1</sup> Población referenciada a los habitantes totales de las comunas con más de un 30 % de su superficie y el centro urbano dentro del mismo límite. Datos: INE 2017

<sup>2</sup> El cálculo de población se realiza según lo establecido en el pie de página n°3. Sin embargo, puede haber población que se esté sobreestimando debido a que puede sobrepasar los límites de la cuenca, quedando fuera de las localidades aquí identificadas.

---

Datos históricos de los censos aplicados desde 1970 hasta la actualidad (INE, 1992; 1993; 2002; 2017), muestran un aumento lineal en la población que habita la cuenca. Los porcentajes de crecimiento poblacional según estas fuentes oficiales reflejan una tendencia hacia el aumento, en promedio, de un 18,4% en el número de habitantes de la cuenca entre 1970 y 2017, pese a que en los últimos años esa tendencia tiende a mantenerse en bajos porcentajes de aumento. En esa línea, proyecciones exponenciales realizadas con estos datos, muestran que esa tendencia de aumento tiende a aplanarse hacia el año 2050, con un promedio anual de crecimiento en la población total de 0,6%<sup>3</sup>.

La **Figura 2-12** muestra que esta tendencia es eminentemente urbana. Si bien la población que reside en asentamientos urbanos de las comunas de la cuenca en estudio creció, desde 1970 hasta el último censo del año 2017, en un 134,9% (2,8% de crecimiento promedio anual), las proyecciones disminuyen considerablemente, con un crecimiento anual urbano de 0,03%.

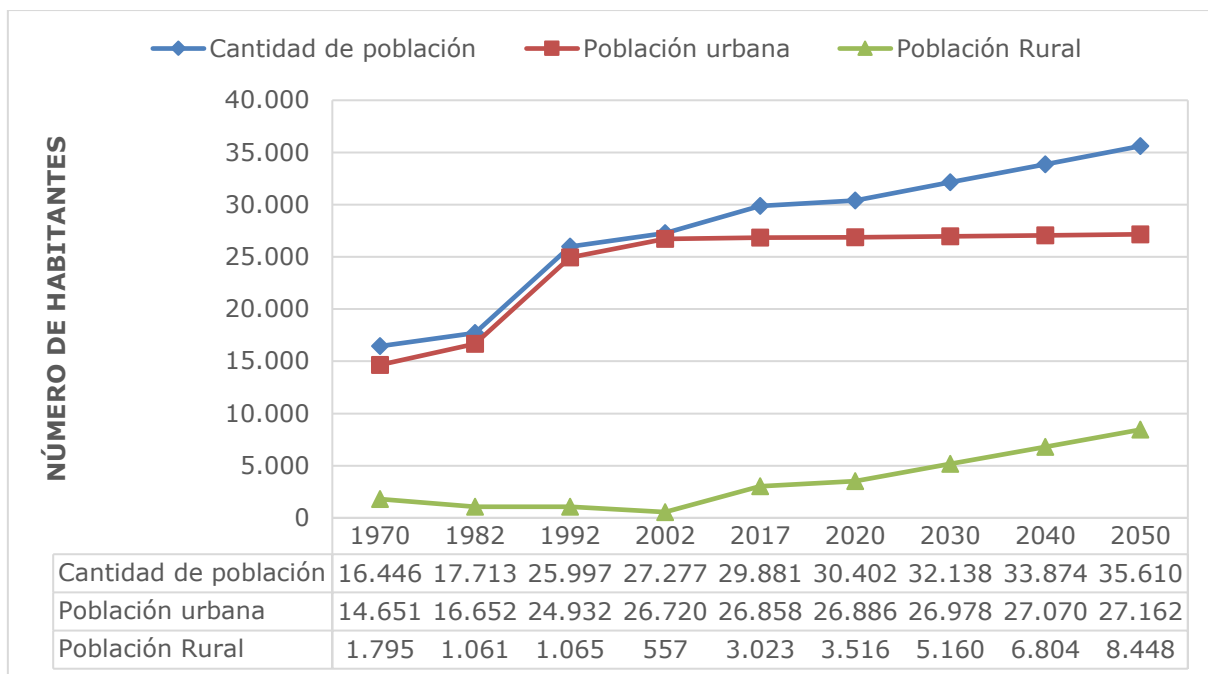
Complementario a esta información, el Plan de Desarrollo para Caldera – Chañaral (Aguas Chañar, 2017), calculó una proyección de población de alrededor del 1% de crecimiento anual para Caldera. Dados estos antecedentes, los siguientes capítulos no considerarán aumento poblacional proyectado para las localidades de la cuenca Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó.

Adicionalmente, datos del Censo 2017 muestra que en la comuna de Caldera un 85,5% de la población accede al agua a través de la red pública, mientras que un 14,1% 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 los primeros, casi un 95% 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 65,4% en Caldera y un 41% en Chañaral. De esta forma, hay mayores dificultades de acceso al agua en comunidades rurales en comparación a la población que vive en las ciudades.

Por último, datos del Censo 2017 muestran que el 63,6% del total de viviendas en la comuna de Caldera, no presentaron personas viviendo en ellas, lo que da cuenta de una problemática respecto a los asentamientos irregulares o de un fenómeno de segunda vivienda.

---

<sup>3</sup> Proyecciones fueron realizadas a través de funciones de predicción exponencial en software Excel.



\*Datos proyectados estadísticamente

Fuente: Datos históricos INE (1992, 1993, 2002 y 2017)

**Figura 2-12 Proyección de población al año 2050**

En esta línea, según la memoria del Plan Regulador Comunal de Caldera, del año 2019, asentamientos como Pulpo, Rodillo y Nueva Caldera, han proliferado de manera rápida y espontánea, ocupando terrenos fiscales de forma irregular. Estas ocupaciones responderían en muchos casos a la apropiación del territorio con el objetivo de edificar una segunda vivienda de veraneo; en otros casos, responden a radicaciones definitivas de personas que no han podido optar a una solución de vivienda definitiva. La gran preocupación ha sido la falta de acceso a la infraestructura de agua potable y alcantarillado; junto con la situación de vulnerabilidad frente a riesgos socionaturales, ya que la gran mayoría se emplaza en áreas con riesgos de tsunami o quebradas propensas a aluviones (Ilustre Municipalidad de Caldera, 2019).

Adicional a estos antecedentes, el anexo F1 presenta información complementaria para mayor detalle de cada uno de estos puntos.

### 2.1.3.3 Cultura y Pueblos Originarios

La región de Atacama fue habitada por diversas culturas y grupos indígenas, entre los que destacan Diaguitas, Collas y Changos, en diversas fases de poblamiento que se describen en la **Figura 2-13**.

Desde el año 1.400 d.C., la región de Atacama fue sitio para el desarrollo de la cultura Diaguita, en primera instancia, vinculada fuertemente a las actividades mineras y agro alfareras. En el caso de los collas, sus antecedentes son más bien recientes, dado que su reconocimiento como grupo humano diferenciado se configuró recién durante el siglo XX. El pueblo chango, en tanto, es un pueblo pescador del cual se conservan muchas prácticas, como la pesca especializada por tipo de pez o la recolección de mariscos que aún en la actualidad desarrollan las comunidades de pescadores, mariscadores y recolectores marinos que ocupan y trabajan las caletas y playas de la región de Atacama.



Fuente: CODELCO (2018a)

**Figura 2-13 Línea de tiempo desarrollo cultural, región de Atacama**

Actualmente, la región de Atacama cuenta con un 19,7% de población perteneciente a algún pueblo originario, destacando la comuna de Caldera con una alta proporción de personas pertenecientes al pueblo diaguita (40,1% del total de población indígena).

**2.1.3.3.1 Pueblos indígenas y proyectos de desarrollo**

Según lo dispuesto en el art. 6° del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, los proyectos que ingresen al SEIA deberán realizar un proceso de consulta a pueblos indígenas en casos donde se prevean acciones susceptibles de afectarles, buscando llegar a un acuerdo o lograr consentimiento respecto a los impactos del proyecto y sus medidas.

En ese sentido, cobra especial relevancia la relación que pueden tener los pueblos originarios con su territorio. Específicamente, las comunidades de pueblos indígenas del norte de Chile tienen una particular relación con los recursos hídricos. Según Cuadra (2000), la principal causa de pérdida de agua para los pueblos originarios nortinos ha sido la desprotección jurídica, como consecuencia a la subordinación del derecho consuetudinario indígena al derecho positivo estatal, que principalmente se ha concentrado en el uso del agua para actividades industriales y mineras del norte de Chile.

De acuerdo con el sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA, 2022), 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.

La **Tabla 2-6** presenta los proyectos en los que se realizó consulta indígena y algunos de sus elementos. Entre ellos, diez proyectos fueron aprobados y uno se encuentra actualmente en proceso de calificación. De éstos, sólo el proyecto Minero Cerro Casale cuenta con una instalación portuaria en la ciudad de Caldera, dentro de la cuenca en estudio, y el resto tiene instalaciones en otras comunas de la región.

**Tabla 2-6 Proyectos con consulta indígena, región de Atacama**

Nombre proyecto	Estado actual	Localización	C.I. involucradas
Parque Fotovoltaico ValleSolar	Aprobado	Comuna de Vallenar	Diaguita Llanos del Lagarto y Chipasse Ta Caluba
Parque Fotovoltaico Sol de Vallenar	Aprobado	Comuna de Vallenar	Diaguita Llanos del Lagarto y Chipasse Ta Caluba
Planta Solar Fotovoltaica Libertad I y II	Aprobado	Comuna de Freirina	Diaguita Chipasse Ta Caluba
Parque Eólico Cabo Leones III	Aprobado	Comuna de Freirina	Diaguita Tierra y Mar
Proyecto Arqueros	Aprobado	Comuna de Diego de Almagro	Pai Ote, Geoxcultuxial
Optimización Proyecto Minero Cerro Casale	Aprobado	Comunas de Tierra Amarilla, Copiapó y Caldera	Colla de Río Jorquera y sus afluentes
Proyecto El Morro	Aprobado	Comunas de Alto del Carmen, Copiapó, Freirina, Huasco y Vallenar	Diaguita Los Huascoalinos
Proyecto Salares Norte	Aprobado	Comuna de Diego de Almagro	C.I. Colla Diego de Almagro
Rajo Inca	Aprobado	Comuna de Diego de Almagro	CI. Colla Geoxcultuxial
Actualización Arqueros	Aprobado	Comuna de Diego de Almagro	CI. Colla Runa Ruka y CI. Colla Diego de Almagro
Fénix Gold	En Calificación	Comuna de Copiapó	CI. Colla Sinchi Wayra, Colla Runaurka y Paipote

Fuente: Elaboración propia en base a consulta de proyectos dentro de la página web del Servicio de Evaluación Ambiental (2014-2020)

---

#### 2.1.3.4 Actividad económica

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 (Banco Central, 2018). La proporción entre las distintas actividades productivas que componen el PIB se presenta en la **Figura 2-14**.

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) entre el 2013 y el 2019 fueron la pesca, con -67,5%; siguiéndole la construcción (-54,1%); y la industria manufacturera (-27,0%)<sup>4</sup>. 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, por su parte, 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%.

Del total de actividades económicas productivas, la región de Atacama juega un importante rol como exportador de materias primas específicas. Puntualmente, la mayor parte de las exportaciones que salen de esta región obedecen a todos los productos mineros excluyendo el cobre (97% del total de productos exportados en la región), siguiéndole frutas y otros productos.

Según datos de la ODEPA (2021), entre las exportaciones no mineras, el año 2020 la región de Atacama generó 165.460 miles de dólares FOB en el sector agrícola, siendo el sector forestal y el pecuario casi nulos, con 105 mil y 2 mil dólares FOB, respectivamente.

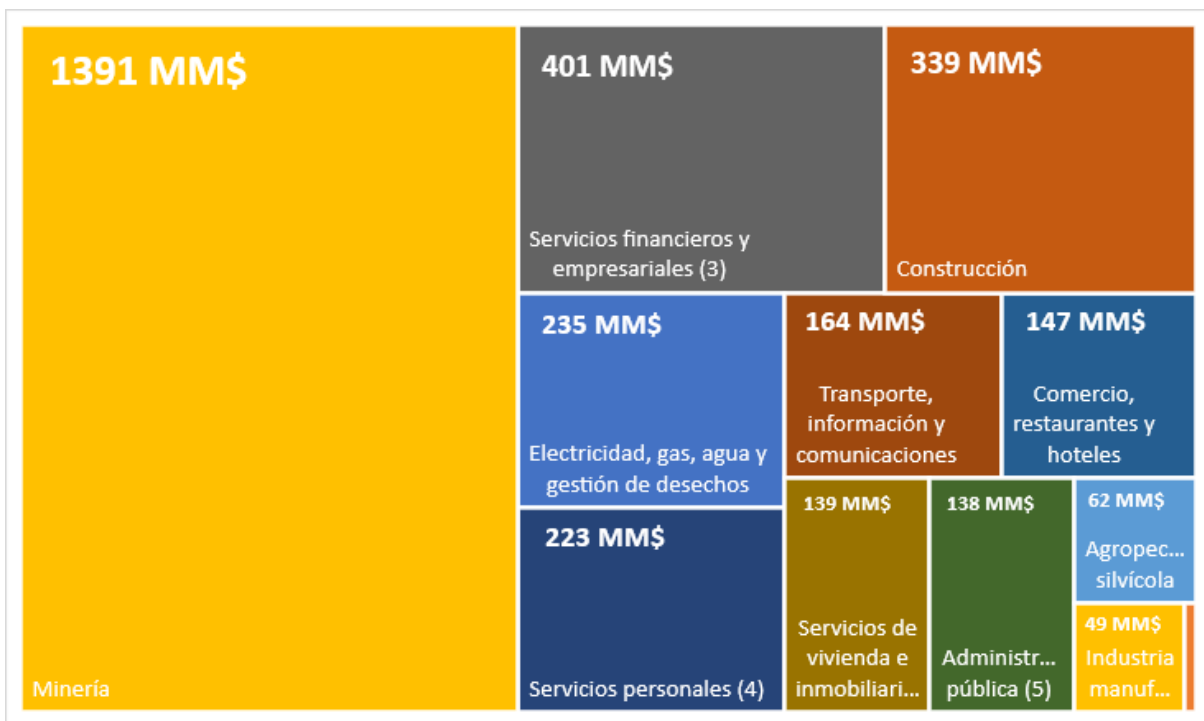
En términos de empleo, la región cuenta con un total de 97 mil empleados formales y casi 30 mil personas trabajando en empleos informales, con una tasa de informalidad para ambos sexos de 23,1% promedio para el año 2020 (INE, 2017). Entre los empleados, según la Encuesta Nacional de Empleo del INE (2020), 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,

---

<sup>4</sup> Para consultas con mayor detalle, ver Anexo D – Figuras – PIB Región de Atacama

proporcionalmente, sólo por debajo de la región de Antofagasta (59% de participación regional), según datos del Consejo Minero (2020).



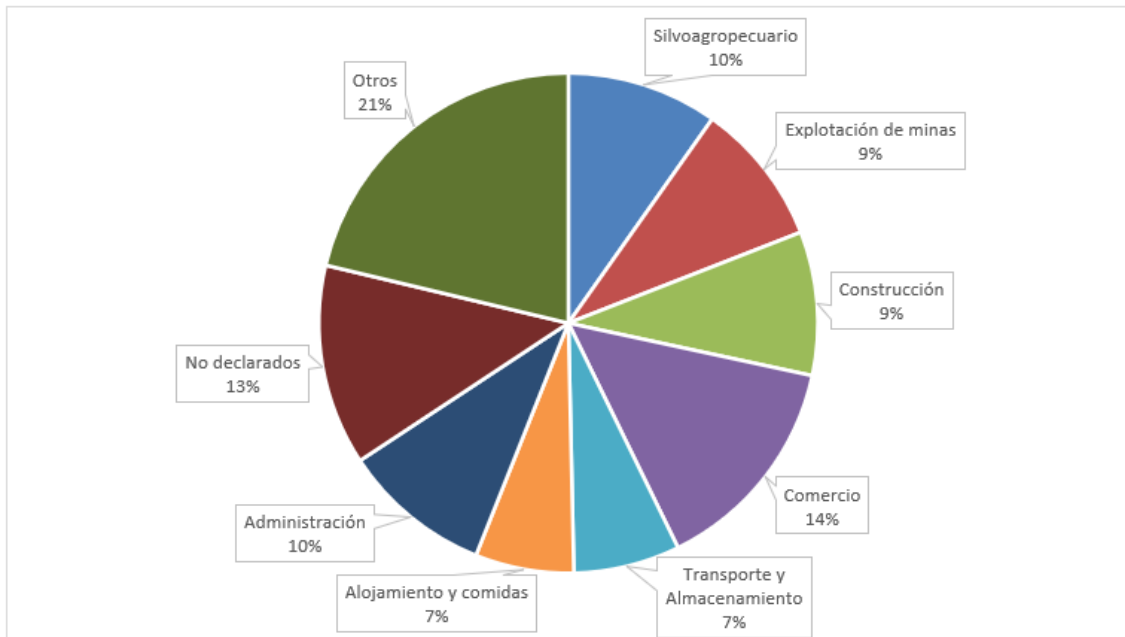
Fuente: Banco Central, 2018

**Figura 2-14 Producto Interno Bruto de la Región de Atacama**

Específicamente, para las comunas de la cuenca, las principales actividades económicas en Chañaral se relacionan con explotaciones mineras y canteras (19,3%), construcción (9,0%) y comercio (14,6%). Mientras que, en el caso de Caldera, las actividades están mayormente relacionadas con agricultura y pesca (11,7%), comercio (14,3%) y construcción (9,4%) (INE, 2017). De esta forma, hacia el norte se mantienen algunas actividades del rubro minero, siendo la actividad que mayores ingresos genera en la región; y hacia el sur por la comuna costera comienza a concentrarse mayor trabajo en actividades pesqueras y de comercio. Agrupando a nivel de cuenca, la **Figura 2-15** muestra las actividades económicas predominantes en relación con el total de población, presentando una predominancia de población que se dedica a comercio, actividades silvoagropecuarias, administración, construcción y minería a nivel de cuenca.

Considerando que las principales localidades se encuentran en el borde costero de la cuenca, las actividades económicas asociadas a la presencia de caletas pesqueras en la cuenca son de especial relevancia, sobre todo en algunas de las principales ciudades-puerto, como Caldera. A nivel regional, Atacama es una de las regiones con mayor desembarque artesanal, con **152.099 toneladas**, destacando sobre todo las diferentes especies de algas, con 114.641 toneladas. En este sentido, el desembarque artesanal de

esta región se ubica en la segunda posición a nivel nacional, siendo sólo superada por la región de Los Lagos, según datos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (2017).



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, 2017

**Figura 2-15 Porcentaje de las actividades económicas según población**

Pese a estos datos, la Asociación Gremial de Pescadores Artesanales y Buzos Mariscadores de Caldera se ha opuesto a la actividad industrial que afecta en la abundancia de recursos pesqueros compartidos. En este contexto, derivado de este tipo de crisis, se ha perdido la herencia de este tipo de actividades a población joven que constata la pobreza asociada a la actividad pesquera, volcando sus intereses hacia otras áreas (Jorquera-Jaramillo & Martínez, 2010). Estos autores, proponen para este territorio mejorar la conectividad entre las caletas y los centros urbanos más grandes, de manera que se evite la emigración masiva y se favorezca la renovación en torno a los recursos pesqueros, aumentando la tecnología y estableciendo criterios de desarrollo claros hacia una mejor planificación costera.

#### **2.1.4 Red Vial**

Complementariamente, es importante mencionar la integración territorial de las localidades antes descritas, de manera que sea posible dar cuenta de las principales infraestructuras de conexión vial que caracteriza a la cuenca en estudio. En este sentido, la principal vía que se observa es la **ruta 5**, emplazada al poniente de la cuenca, que recorre la mayor



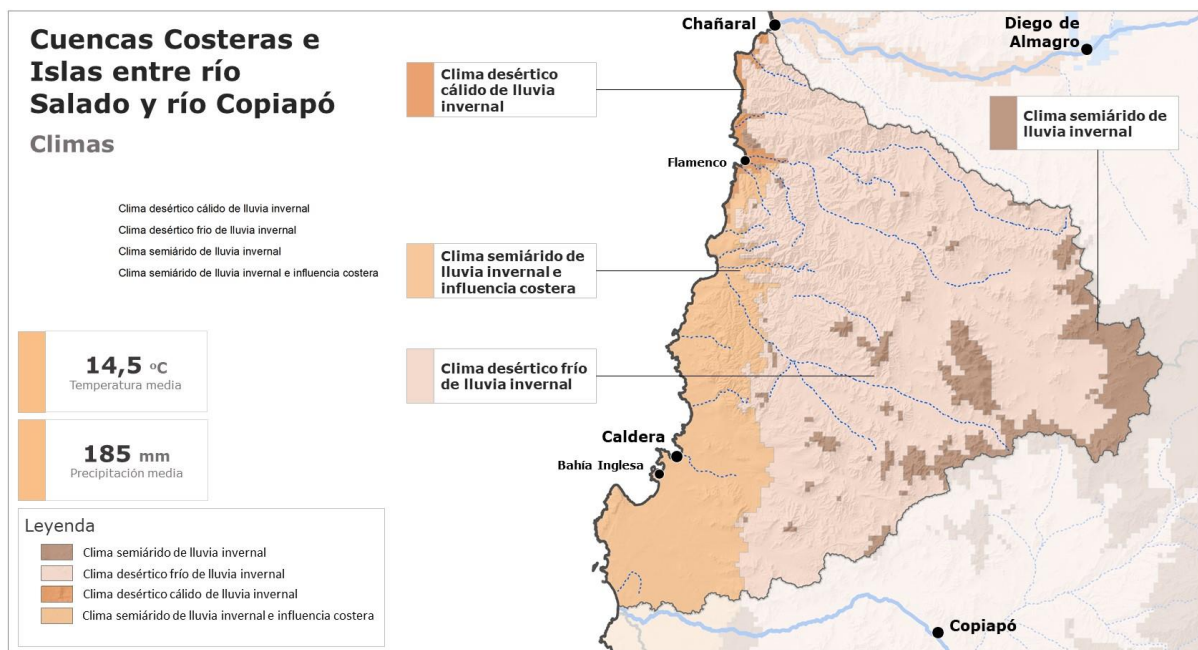
parte del territorio de forma norte-sur. Existen vías que enlazan con esta, de forma perpendicular, como son C-351, C-319, C-261.

## 2.2 Clima

El clima determina, en forma amplia, las características y variaciones del ciclo hidrológico a nivel 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, junto con un análisis de los escenarios de cambio climático para la cuenca.

### 2.2.1 Caracterización Climática

La región de Atacama presenta un clima muy árido, transitando en el sur hacia un clima semiárido debido al aumento paulatino de las precipitaciones invernales. Por su parte, a lo largo de toda la franja costera de la región se presenta abundante nubosidad matinal y aumento de sus precipitaciones hacia el sur, alcanzando los 20 mm anuales. La presencia de nieve en sectores muy altos de la región permite el desarrollo de ríos de régimen pluvionival (Dirección de Obras Hidráulicas, 2020b).



Fuente: Elaboración propia en base a capas de información IDE Chile

**Figura 2-16 Climas (Köppen)**

---

En específico, según la clasificación de Köppen, la cuenca presenta tres climas destacados. A lo largo de la zona litoral, abunda un clima semiárido de lluvia invernal e influencia costera, con un promedio anual de 185 mm de precipitaciones anuales y 14,5°C de temperatura. Hacia el interior, la cuenca presenta un clima desértico frío de lluvia invernal que transita hacia un clima semiárido de lluvia invernal, a medida que se ingresa hacia zonas interiores. En menor medida, la cuenca presenta un clima desértico cálido de lluvia invernal en su límite norte con la cuenca del Río Salado, en la zona litoral. Esto es posible observarlo en la **Figura 2-16**.

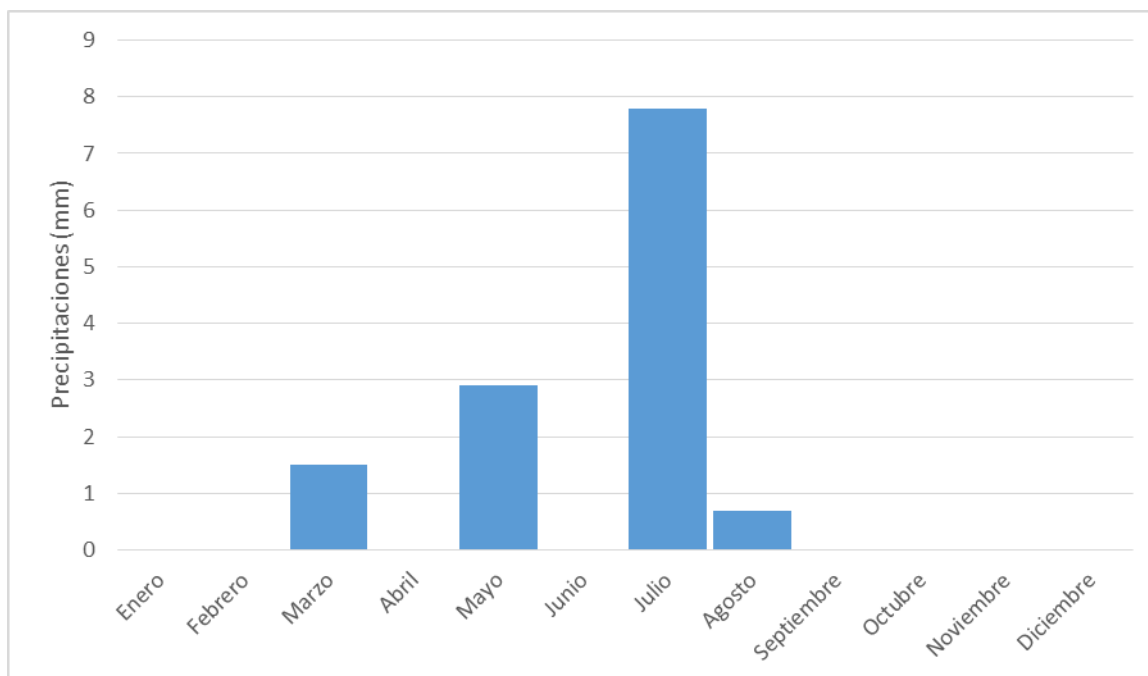
En los últimos años, las Estimaciones Espacialmente Distribuidas de Precipitación (EEDP) son una fuente de datos para estudios hidrológicos en áreas con escasez de mediciones tradicionales de precipitación, tal como sucede en sectores de la Cordillera de Los Andes e incluso en amplios sectores de la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

Estas estimaciones son consideradas en el modelo del presente Plan, donde los modelos climáticos (Mawün, 2021) disponibles son: IMERG, CR2MET, RFMEP, ERA5, CHIRPS, TMPA. Dicha información se compara con los datos observados por las estaciones DGA y DMC, para finalmente definir el modelo climático en el modelo hidrológico. En el presente estudio se consideró el **modelo RFMEP para precipitación y CR2MET para temperatura** (ver Anexo H. 3.3.1.1). En total son dos estaciones meteorológicas vigentes dentro de la cuenca que permite realizar un análisis de temperatura y precipitaciones.

#### **2.2.1.1 Precipitaciones**

Para datos meteorológicos, se consideraron datos de la estación meteorológica “Caldera”, con vigencia desde 1987 y localizada a una altitud de 15 msnm.

Esta estación muestra un promedio de precipitaciones de 1,07 mm durante los últimos 10 años. El año 2015 fue uno de los más lluviosos en este sector, con máximas de 10,5mm y 15mm en los meses de marzo y julio, respectivamente. La Figura 2 17 muestra el comportamiento de las precipitaciones anuales promedio, desde 2011 al 2021.

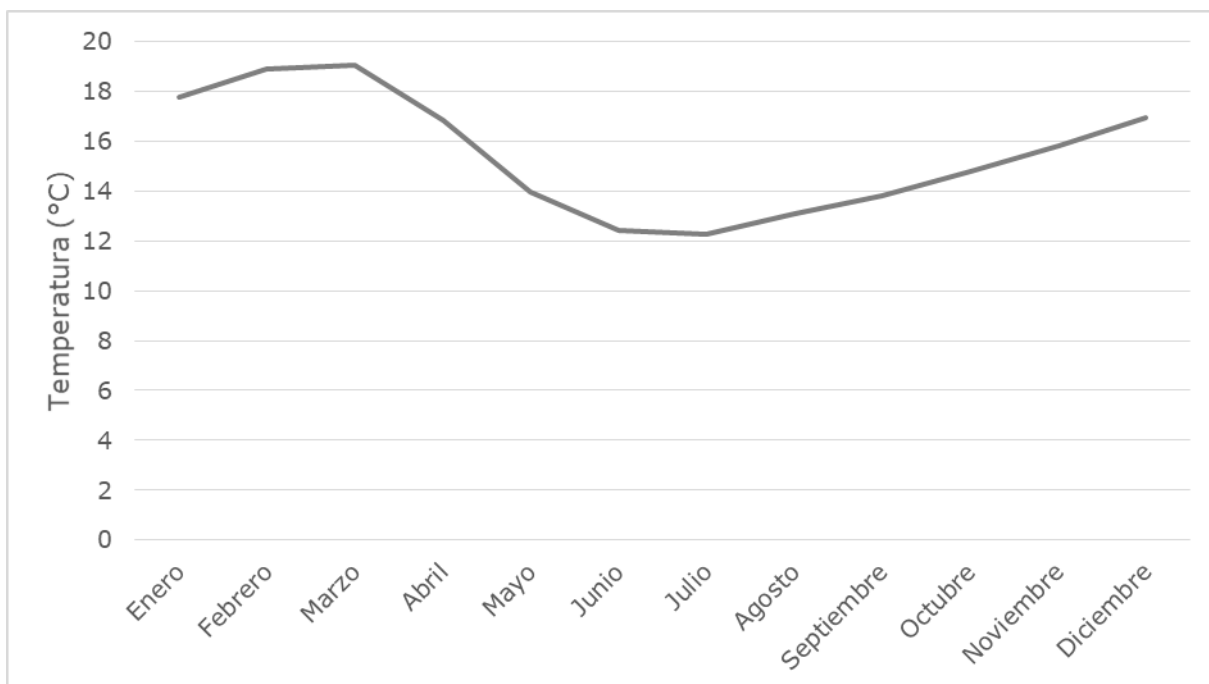


Fuente: Datos estación meteorológica "Caldera", Dirección General de Aguas, 2021

**Figura 2-17 Precipitaciones (mm) estación Caldera en el año 2015**

### 2.2.1.2 Temperatura

La Dirección de Meteorología de Chile tiene bajo su administración la estación "Desierto de Atacama, Caldera Ad.", cuyos promedios mensuales máximos ocurren en el mes de enero con 19,1°C, y los mínimos en el mes de agosto con 11,6°C. En la **Figura 2-18** se presentan las temperaturas observadas en el año 2015.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de estaciones, Dirección Meteorológica de Chile, 2021

**Figura 2-18 Temperatura promedio mensual (°C) en Estación Meteorológica “Desierto de Atacama en Caldera” Dirección Meteorológica de Chile. Año 2015**

### 2.2.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Los eventos extremos alcanzan mayor notoriedad en el planeta 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.

Los fenómenos naturales analizados son las inundaciones, sequías, deslizamientos y aluviones (Ver Anexo C. Glosario).

Para estos eventos extremos, se consideraron datos históricos desde 1985 a 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 fuentes de información como los boletines de eventos extremos realizados por la Dirección Meteorológica de Chile desde 2015 a 2019; Centro del Clima y la Resiliencia (CR2); y reportes de prensa en línea.

A partir de esta información, se identificaron 65 eventos importantes en la región de Atacama, de los cuales destacan los episodios de lluvias extremas en cortos períodos de tiempo, las que logran producir efectos como inundaciones y aluviones. Los eventos se identifican en la **Tabla 2-7**.

**Tabla 2-7 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
Inundaciones	1	1	2	1	0	0	3
Lluvia	3	9	5	3	3	1	5
Sequía	3	8	1	0	0	0	1
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 zona precordillerana se registró el máximo de precipitación caída, con 92,5 mm; mientras que en Chañaral se registraron entre 19,7 y 24,3 mm en total (SERNAGEOMIN, 2015).

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. En la cuenca en estudio se han publicado sólo **dos decretos de escasez hídrica** atinentes a este territorio, el año 2020 y 2021. Específicamente, el decreto MOP N°81 y N°132 declara escasez en toda la provincia de Copiapó, incluida la comuna de Caldera, perteneciente a esta cuenca.

---

### 2.2.3 Escenarios de cambio climático

Para la selección del modelo de circulación general (MCG) utilizado en el presente plan, se toman en consideración los modelos incluidos en el estudio 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/m<sup>2</sup> (RCP 8.5) en el año 2100. Con esta consideración se presentan los criterios tomados por DGA (2018) para la elección de los modelos:

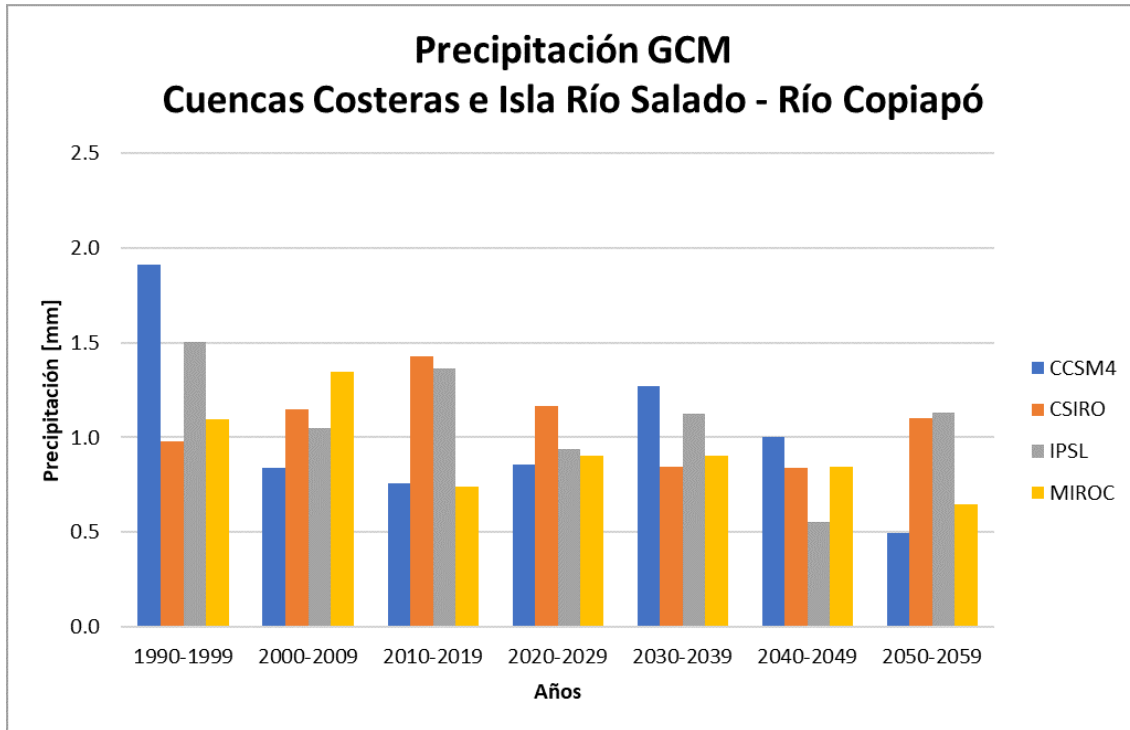
- Respuesta regional a modos globales de variabilidad climática. Influencia del Niño u Oscilación Sur (ENSO) y el Modo Anular del hemisferio sur (SAM) en la precipitación de la cuenca.
- Sensibilidad climática. Respuesta del sistema climático a las forzantes externas, temperatura y concentración de CO<sup>2</sup>.
- 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 2-8 Modelos globales de clima seleccionados para representar las proyecciones de cambio climático**

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: Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a)

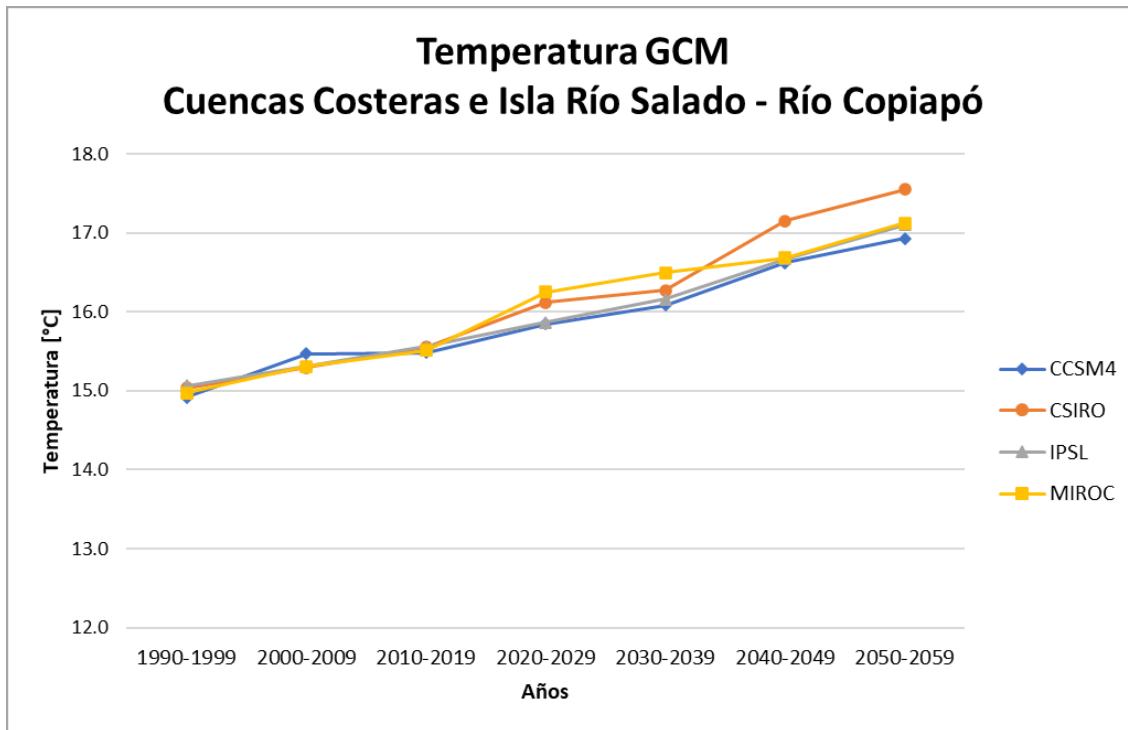
Estos modelos entregan proyecciones de la evolución de precipitación y temperatura hasta el año 2060. En la **Figura 2-19** y **Figura 2-20** se presenta la evolución de la precipitación y temperatura, respectivamente, entregada por cada modelo para la cuenca en estudio. Se puede ver que en general todos los modelos proyectan menores precipitaciones y aumentos en la temperatura.



Fuente: DGA (2018)

**Figura 2-19 Precipitación para los MCG de DGA (2018) en Cuenca Costeras entre Río Salado y Río Copiapó**

Finalmente, el modelo seleccionado para el periodo histórico (Abril de 1985 a Marzo 2020) es CR2met, mientras que para el periodo proyectado se seleccionó el MCG MIROC-ESM. Ver Anexo H, sección 3 para mayor detalle.



Fuente: DGA (2018)

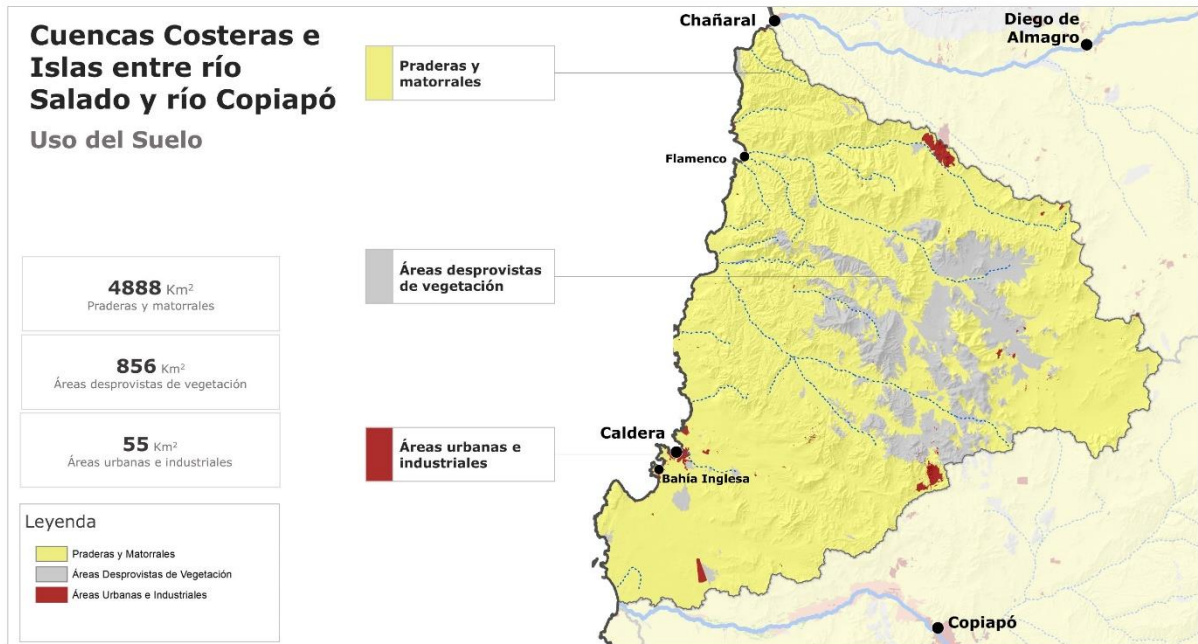
**Figura 2-20 Temperatura para los MCG de DGA (2018) en Cuenca Costeras entre Río Salado y Río Copiapó**

### 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 están asociados en su mayoría a suelos de praderas y matorrales, abarcando cerca del 85% del total de la superficie de la cuenca con 4.888 km<sup>2</sup> (**Figura 2-21**). Le siguen suelos con áreas desprovistas de vegetación, con un 14,8% del total de superficie de la cuenca. En menor medida se encuentran suelos destinados a áreas urbanas e industriales (0,95%); humedales (0,02%); terrenos agrícolas (0,003%); y cuerpos de agua (0,0002%). Estos últimos, no se puede apreciar en la figura, puesto que son áreas extremadamente reducidas.





Fuente: Elaboración propia en base a CONAF (2018)

**Figura 2-21 Uso del suelo**

### 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 en el año 1983 y Lübert y Pliscoff en el año 2004.

A partir de la clasificación elaborada por Gajardo, esta área se encuentra inserta en la Región del Desierto, 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. Por la acción del relieve y el clima característicos de la zona, se distinguen cuatro subregiones: Desierto Absoluto; Desierto Costero; Desierto Andino y Desierto Florido.

El sector en estudio se ubica principalmente dentro de la subregión del **Desierto Costero**. Esta subregión se encuentra presente por la costa entre Arica y la comuna de La Serena, las oscilaciones térmicas son muy bajas, con temperaturas aproximadas de 18°C, veranos cálidos e inviernos suaves, las lluvias son muy escasas con un rango de 1 a 30 mm al año, sin embargo, existe gran influencia de la corriente de Humboldt que provoca las camanchacas en los sectores costeros (Henríquez, 2013).

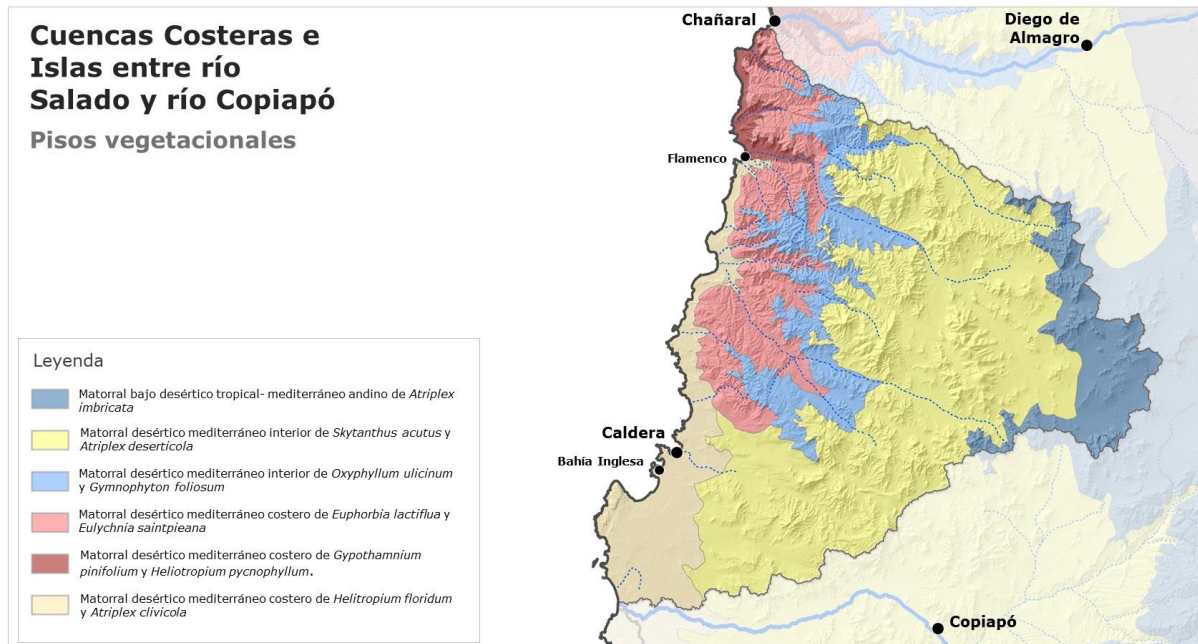
---

Según Lüebert 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:

- ✓ Matorral desértico mediterráneo costero de *Gypothamnium pinifolium* y *Heliotropium pycnophyllum*.
- ✓ Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *Atriplex clivicola*.
- ✓ 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- mediterráneo andino de *Atriplex imbricata*.

Los pisos vegetacionales (**Figura 2-22**) que representan la mayor superficie dentro del área de estudio son 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 200-1.500 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). Este piso de vegetación está sometido al efecto de sombra de lluvias provocado por la cordillera de la costa. En general 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 (Henríquez, 2013).

También presenta superficies considerables el Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *atriplex clivicola*, que se presenta como un matorral abierto donde además de las especies señaladas participan otros arbustos tales como *Frankenia chilensis*, *Fagonia chilensis*, *Polyachyrus poeppigii* y *Encelia canescens*; entre las hierbas destacan *Leucocoryne ixiooides*, *Ozyroe biflora* y *Argylia radiata*, las que suelen ser más abundantes en años lluviosos. El crecimiento de dichas especies se ve directamente influenciado por la cantidad de precipitaciones caídas durante los meses de invierno. En los años con menores proporciones de lluvia, los arbustos presentan la mayor parte de sus tejidos secos y las hierbas permanecen el letargo, situación opuesta a la que se observa en un año lluvioso. La distribución del piso corresponde al litoral de la región de Atacama, entre 0 y 200 m de altitud (Henríquez, 2013).



Fuente: Elaboración propia a partir de Lübert y Plissock, 2004

**Figura 2-22 Pisos vegetacionales**

En cuanto a la **fauna terrestre**, a nivel regional, es escasa, sobre todo determinado 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, algunos mamíferos que es posible encontrar son: zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*) (CAP Minería, 2012).

### 2.3.1.2 Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos en la cuenca Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó, se encuentran representados en mayor medida a partir de dos ambientes asociados a los sitios prioritarios Obispito y a la Isla Grande de Atacama.

---

El Sitio Prioritario (SP) Obispito, que se encuentra en la costa de la comuna de Caldera, posee una superficie de 45,3 km<sup>2</sup>. En este sector hay registradas 52 especies de plantas nativas, de las cuales existen 4 en categoría de amenaza, 2 se encuentran "En Peligro" y 2 en estado "vulnerable" (Squeo *et al.*, 2008). El área marina y costera Isla Grande de Atacama, por su parte, se encuentra protegida por múltiples usos y tiene una superficie terrestre de 96,3 km<sup>2</sup>. Los ambientes más característicos incluyen costas rocosas y acantilados expuestos al oleaje, playas de arenas, islas con costas expuestas y protegidas al oleaje, fondos marinos rocosos y de arena, dunas, quebradas, entre otros.

Estos ambientes albergan una rica biodiversidad de algas, invertebrados, peces, reptiles, aves, mamíferos marinos y terrestres representativos del Sistema de la Corriente de Humboldt; además de variados ecosistemas costeros, intermareales y submareales de gran importancia para la conservación y preservación de la biodiversidad marina y costera (Gaymer *et al.*, 2008).

Estos autores realizan un análisis detallado respecto de las especies que incluyen este tipo de ecosistemas acuáticos asociados a sitios protegidos. En específico, forma parte del hábitat de especies amenazadas como el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el chungungo (*Lontra felina*), el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), y la Golondrina de Mar Peruana (*Oceanodroma tethys kelsalli*). También incluye recursos bentónicos con problemas de sobreexplotación, como el loco (*Concholepas concholepas*), la lapa (*Fisurella spp.*), el erizo rojo (*Loxechinus albus*), y las algas pardas como *Lessonia nigrescens* y *Lessonia trabeculata*.

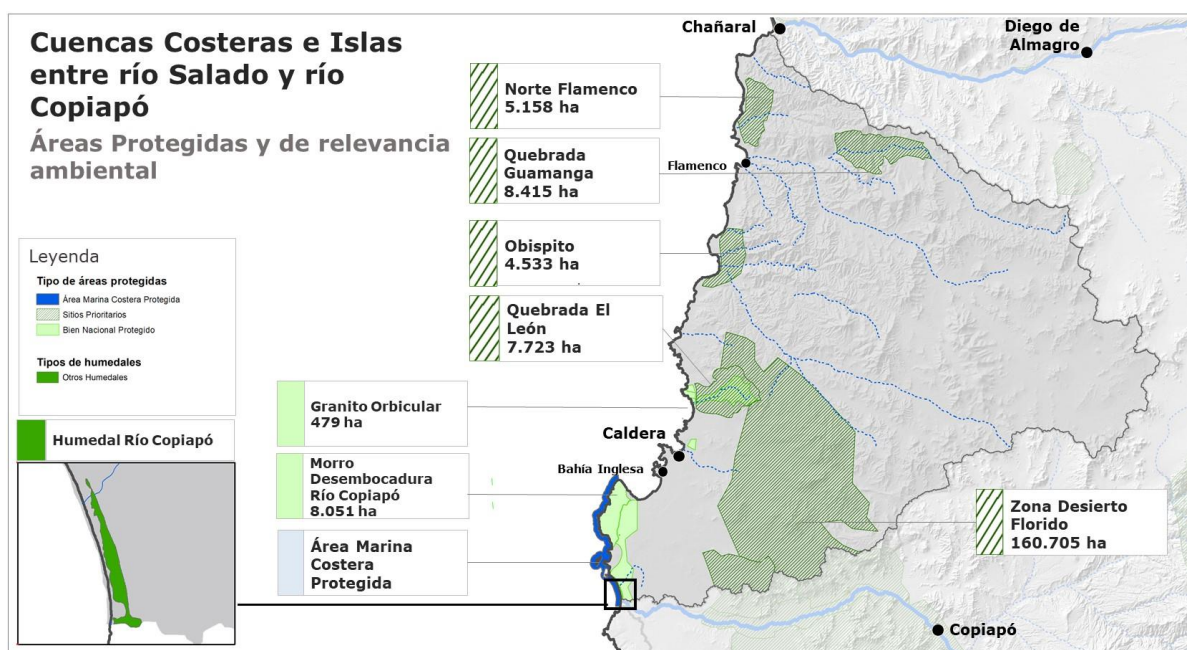
Para el caso de la vegetación asociada a este tipo de ecosistemas, existe una flora vascular registrada de 130 especies de plantas, de 89 géneros y 45 familias diferentes. De este total, 121 especies son nativas y 9 adventicias. En este ecosistema, hay 10 especies de plantas con problemas de conservación: *Prosopis chilensis* en categoría En Peligro; y 9 especies vulnerables (*Adesmia littoralis*, *Cistanthe cephalophora*, *Erechtites leptanthus*, *Eremocharis fruticosa*, *Eriosyce eriosyzoides*, *Geoffroea decorticans*, *Suaeda multiflora*, *Typha angustifolia* y *Valeriana fragilis*) (Gaymer *et al.*, 2008)

Tanto el ecosistema del SP Obispito, como Isla Grande de Atacama, se presentan en la **Figura 2-23**.

### 2.3.2 Áreas silvestres protegidas

En el sector de estudio, que abarca en mayor superficie las comunas de Caldera y Chañaral, existen **Sitios Prioritarios de conservación de la biodiversidad** según el Libro Rojo de la Flora Nativa (Squeo F. *et al.*, 2008), dentro de la comuna de Caldera existen varios sitios prioritarios, que suman más de 520 km<sup>2</sup>, de los cuales se puede mencionar: La Isla Grande de Atacama, Obispito, Cerro Ballena, la desembocadura del río Copiapó, sector del desierto florido, entre otras; todas de importancia por los ecosistemas presentes en ellas (**Figura 2-23**).

Destaca también, el sitio protegido Quebrada Guamanga, ubicada al sur de la ciudad de Chañaral y al este de Flamenco, que posee un área de 84,2 km<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia con datos del Registro Nacional de Áreas Protegidas, Ministerio del Medio Ambiente

**Figura 2-23 Áreas protegidas y de relevancia ambiental**

### 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 forma complementaria, la ausencia de políticas de ordenamiento territorial en el sector rural se cierne como una amenaza sobre el Desierto Florido.

En el caso de la industria minera, está demostrado que históricamente han generado conflictos al verter los desechos tóxicos en cursos fluviales. Si bien no se constatan antecedentes respecto a grandes conflictos asociados a la minería en esta cuenca, sí es importante mencionar que las amenazas dan cuenta de la posibilidad de que se generen impactos en los ecosistemas a partir de este tipo de industrias, además del ya mencionado, como: contaminación acústica y ambiental producto de tronaduras y explosivos asociados a actividades mineras, impactos en caminos producto del transporte industrial, amenazas a la biota en proyectos de exploración y explotación, entre otros.

---

Por otro lado, en general existe un escenario de desarrollo independiente de las soluciones de provisión de agua desalada para proyectos mineros, el cual carece de un contexto general de ordenamiento territorial que permita establecer estándares mínimos comunes de resguardo para el territorio. En la actualidad, el borde costero de la cuenca alberga las PDAM de Mantoverde, Cerro Negro, Candelaria y Econssa, a las que se sumarían la nueva planta de Santo Domingo y la ampliación de la Planta Desalinizadora de Agua de Mar (PDAM) de Candelaria.

A partir de las actividades de Participación Ciudadana, se identificó un conflicto por saturación o superposición de instalaciones industriales y la competencia por el uso de la costa con otras actividades, como la pesca artesanal, la recolección de orilla y el turismo, además de los destinos residenciales. En complemento, cada una de las plantas desaladoras cuenta con sus propias líneas de conducción e impulsión de agua, con la excepción de la interconexión existente entre la PDAM de Cerro Negro y la de ECONSSA, que traspasa 50 l/s por cuenta del acuerdo ambiental alcanzado entre ECONSSA y Minera Caserones (una permuta de agua). De la misma forma, la PDAM de Cerro Negro aporta 100 l/s por cuenta de Caserones al Canal Mal Paso.

En complemento, se señala por parte de la autoridad ambiental que no existe conocimiento, todavía, sobre los efectos acumulativos de la descarga de salmuera en el tiempo, por lo que se requiere recabar la información para evaluar posibles efectos no esperados.

## **2.4 Infraestructura Hídrica**

La infraestructura hídrica da cuenta respecto a cómo las personas han intervenido los sistemas naturales, 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**

La cuenca tiene obras hidráulicas relacionadas con la actividad minera, dentro de las que se cuentan trasvases, tranques de relaves y plantas desaladoras. No se identificaron embalses.

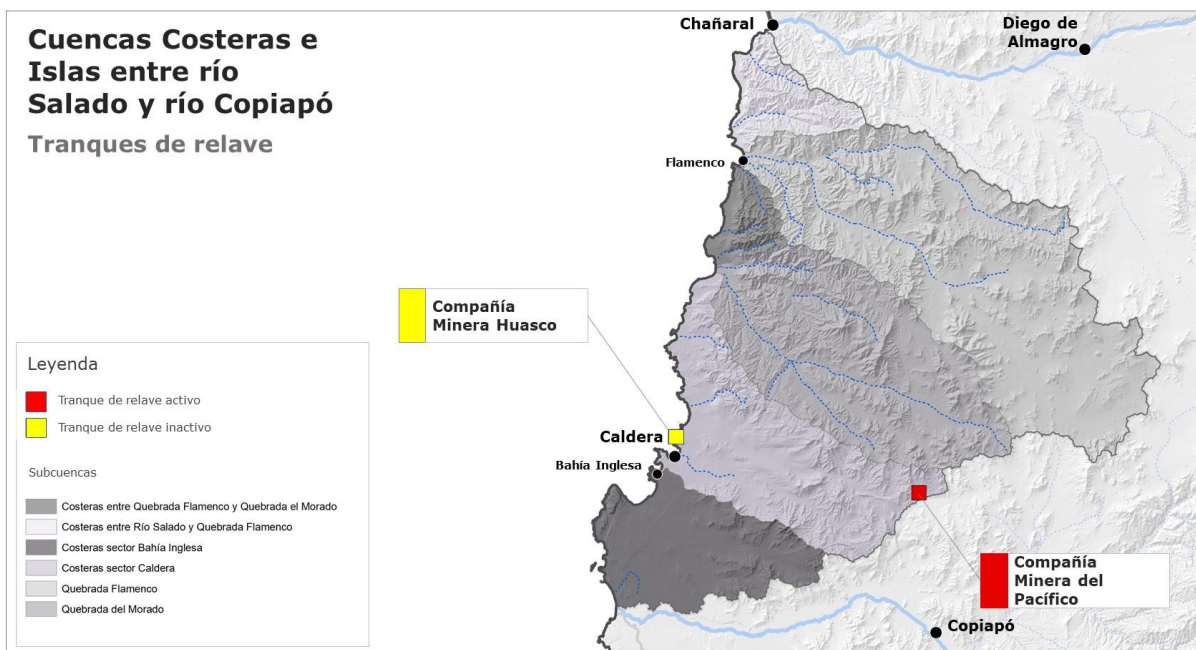
#### **2.4.1.1 Tranques de acumulación y tranques de relaves**

En específico, la cuenca no cuenta con tranques de acumulación de agua para fines de consumo u otros. Sin embargo, existen dos tranques de relaves de las empresas Compañía Minera del Pacífico y Compañía Minera Huasco. El primero de ellos se encuentra localizado hacia el sector sur-poniente de la cuenca, correspondiente a la actividad minera de Cerro

Negro Norte; y el segundo se encuentra localizado en la zona costera de la cuenca, cercano a la ciudad de Caldera (**Figura 2-24**).

El tranque de relaves del proyecto Cerro Negro Norte (de la Compañía Minera del Pacífico) corresponde a un depósito con un muro de cierre de cuenca construido con material estéril granular y cuya cara aguas arriba es impermeabilizada con una geomembrana. Recibe un promedio anual de 5,5 MM/ton, equivalente a un caudal de 128,4 l/s, y está construido con un muro de 88 metros de altura, con una longitud de 2.500 metros, utilizando así una superficie de aproximadamente 250 hectáreas (Compañía Minera del Pacífico, 2009).

Por su parte, el tranque de relave de la Compañía Minera Huasco se encuentra actualmente inactivo y formaba parte de las actividades mineras de la faena Planta Río Huasco. Recibía en su mayor parte minerales de cobre y oro, en una masa total de 653.602 toneladas, contando con un área preliminar de 13,36 hectáreas. El análisis geoquímico del relave arrojó concentraciones de cobre en 739 g/t; 12,81 g/t de molibdeno; 0,023 g/t de oro; 13,8 g/t de plata; 64,67 g/t de cobalto; 19,0 g/t de Níquel y 4.998 g/t de Zinc (Ministerio de Minería, 2019).



Fuente: DGA (2021)

**Figura 2-24 Tranques de relave**

### 2.4.1.2 Traslases y aducciones

Los principales traslases de cuencas externas al área de estudio son construidos con el fin de abastecer de agua potable a ciertas localidades de la 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, se obtiene de aguas subterráneas del valle río Copiapó, sector 6. Estas son extraídas mediante un sondaje en el pozo 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. Adicionalmente, se tiene 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.

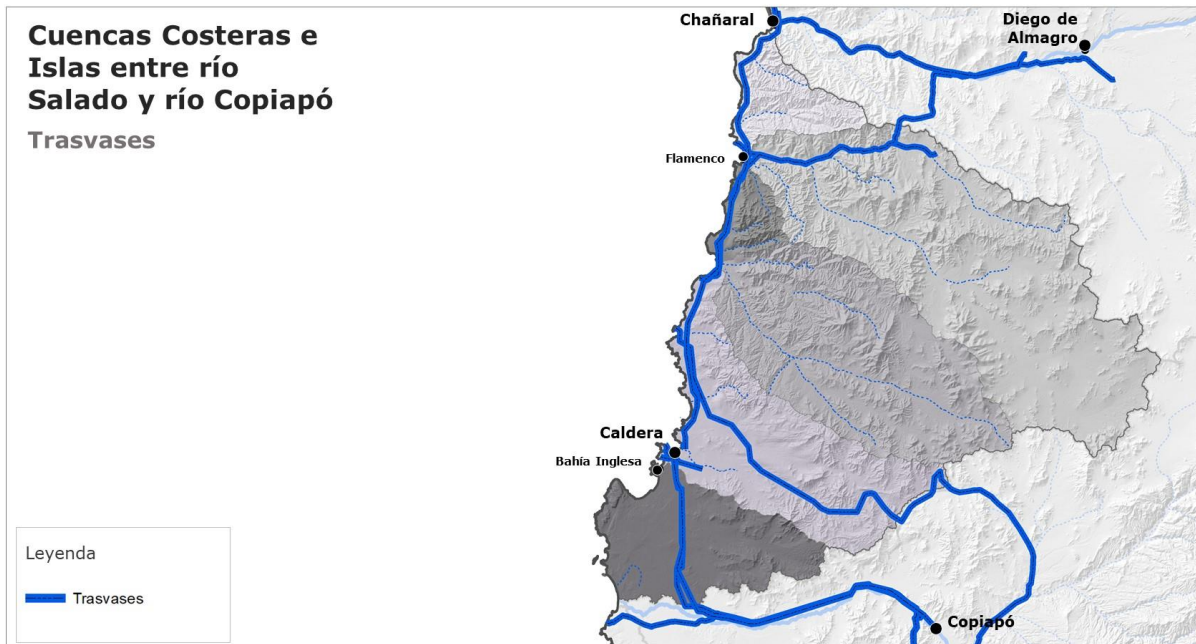
El sistema de agua potable cuenta con dos aducciones en paralelo denominadas Piedra Colgada-Chañaral y Piedra Colgada-Caldera. La **Tabla 2-9** muestra la infraestructura asociada a este sistema para el caso de Caldera y Chañaral, con un total de 233.738 metros de longitud (Aguas Chañar, 2017). Adicionalmente, la **Figura 2-25** muestra la localización y el recorrido de los traslases identificados.

**Tabla 2-9 Conducciones de producción Caldera**

Identificación	Tipo	Diámetro (mm)	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
<b>Total sistema Caldera</b>			<b>83.321 m.</b>
<b>Total sistema Chañaral</b>			<b>150.417 m.</b>

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





Fuente: Elaboración propia en base a capas de información DGA

**Figura 2-25 Trasvases en la cuenca de estudio**

### 2.4.1.3 Plantas Desaladoras de Agua de Mar

Dada la gran extensión costera de esta cuenca, se cuenta con una gran variedad de plantas desaladoras a lo largo de su costa. Las plantas que se encuentran funcionando actualmente, junto con sus principales características, se muestran en la **Tabla 2-10**.

El proyecto de **Agua Desalada Mantoverde** se ubica en el sector Bahía Flamenco, ubicado 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 (yacimiento minero), para los planes actuales y futuros de producción.

**Tabla 2-10 Plantas desaladoras de agua de mar actuales en la cuenca**

Nombre	Ubicación	Destino	Cap. Producción (Hm <sup>3</sup> /año)	Caudal (l/s)
Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde	Sector Norte Bahía Flamenco	Minera Mantoverde	11,8	374,2
Planta Desaladora Bahía Totoralillo Planta Desaladora Cerro Negro de CAP	25 km al Norte de Caldera	Todas las faenas CMP del valle de Copiapó, comunidad de Caldera y Canal Mal Paso (agrícola)	10,9	345,6
Planta desalinizadora Minera Candelaria	Caldera	Minera Candelaria (Lunding Mining)	15,6	494,7
Planta Desalinizadora de Agua de Mar Econssa Chile S.A. (Etapa 1)	Sector Punta Zorro, Caldera	Agua potable comunas de Chañaral, Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla	14,2	450,3
<b>Total actual</b>			<b>52,5</b>	

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

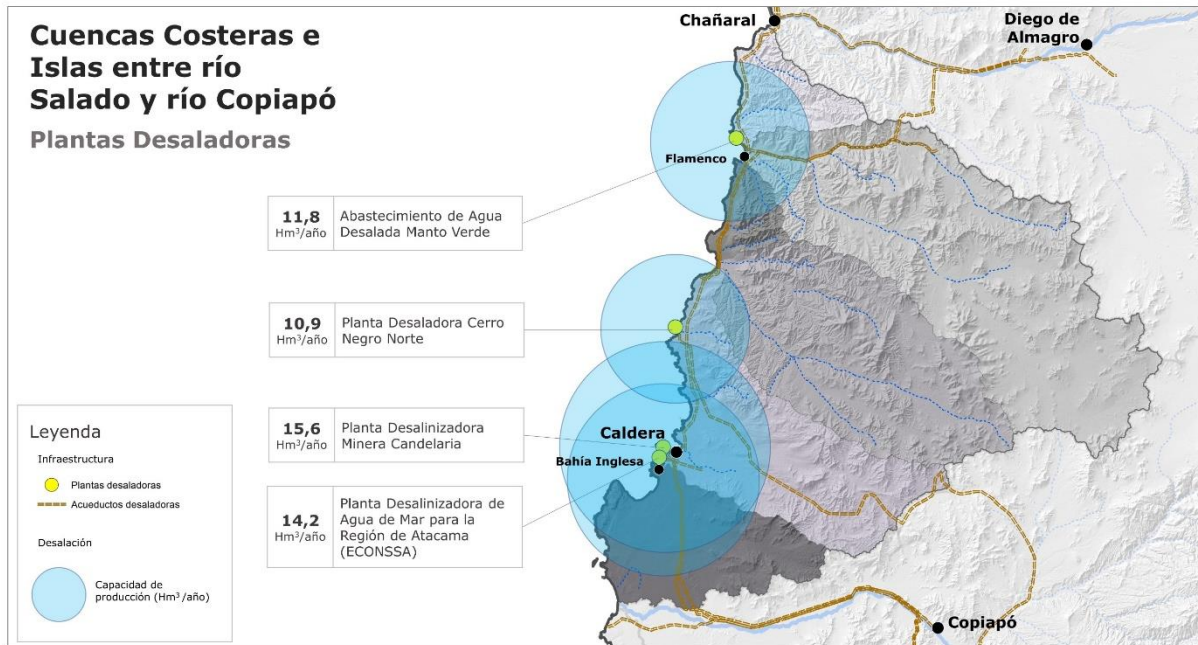
La **Planta Desaladora Cerro Negro** de CAP, está ubicada a 25 km al norte de Caldera y tiene como actividad principal producir y conducir agua desalinizada en la región de Atacama. La capacidad de producción total de la planta al año 2020 fue de 10,9 Hm<sup>3</sup>/año, y posee dos acueductos con una longitud total de 220 km, el primer acueducto es de 80 km hasta la mina Cerro Negro Norte de Compañía Minera del Pacífico (CMP) y el segundo acueducto tiene un largo de 140 km hasta la Planta de procesamiento de magnetita de CMP (Compañía de Aceros del Pacífico, 2022).

La **Planta desalinizadora Minera Candelaria** se encuentra ubicada al interior de las instalaciones del puerto Punta Padrones en Caldera, a más de 100 kilómetros de las operaciones; tiene capacidad para producir 15,6 Hm<sup>3</sup>/año de agua desalinizada y utiliza tecnología de última generación para convertir agua de mar en agua de calidad industrial a través del proceso de osmosis inversa, para abastecer las operaciones del distrito minero en Tierra Amarilla.

La **PDAM de Econssa Chile S.A** esta 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 2021<sup>5</sup>. Actualmente para esta primera fase del proyecto se generará 14,2 Hm<sup>3</sup>/año.

Las plantas desaladoras, ubicadas dentro de la cuenca se pueden observar en la **Figura 2-26**.



Fuente: Elaboración propia con datos del Plan Nacional de Embalses 2019 y otros documentos.

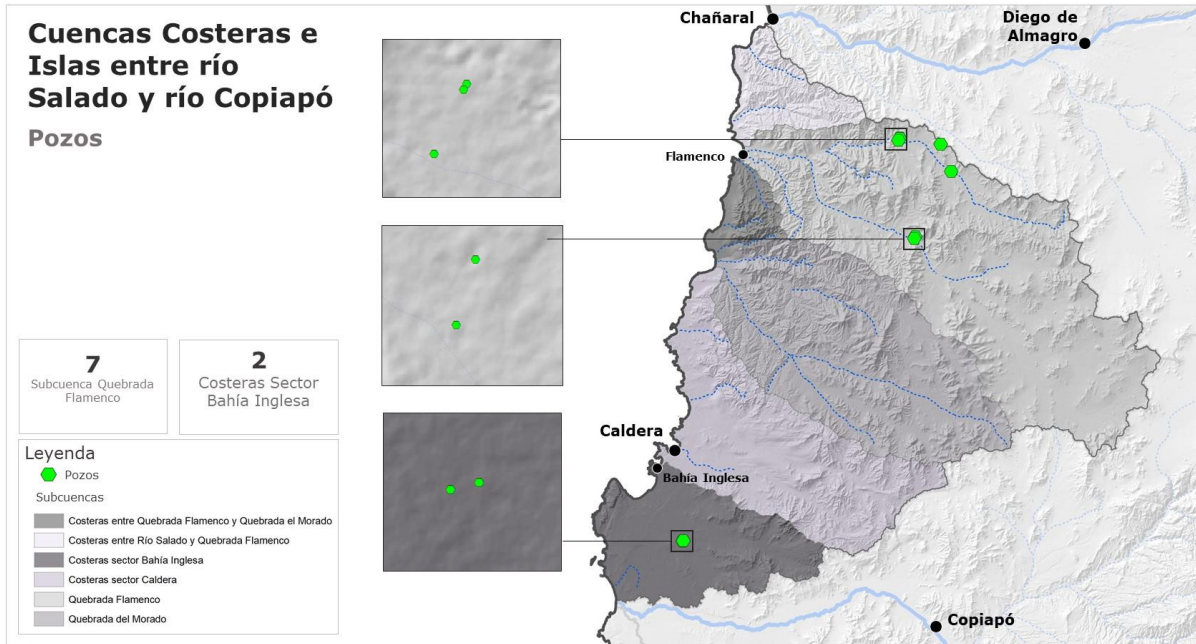
**Figura 2-26 Plantas Desaladoras de Agua de Mar**

#### 2.4.2 Pozos de extracción

En la cuenca se encuentran un total de 9 pozos de extracción, de los cuales 5 se utilizan para uso minero, teniendo como propietarios a Minera Mantos Blancos (10,8 l/s) y Minera Mantoverde (28 l/s). Otros 2 pozos tienen como propietario a Walter Hochschild Kaufmann, sumando un caudal de 8 l/s. El resto tiene como propietario a CORFO y se trata de ante pozos o pozos derrumbados sin uso.

El total de caudal extraído a partir de ellos da un total de **46,8 l/s**. La localización de cada uno de estos pozos de extracción se muestra en la **Figura 2-27**.

<sup>5</sup> Referencia Minuta 18/06/2021. Econssa Chile S.A.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por DGA

**Figura 2-27 Localización pozos de extracción**

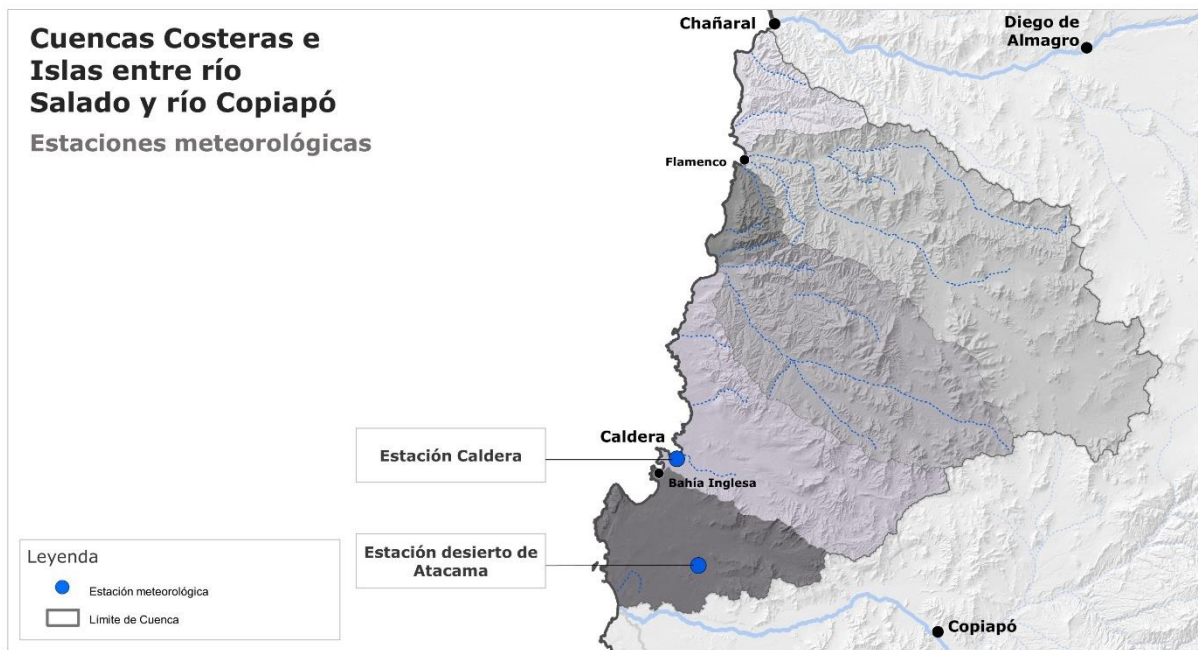
### 2.4.3 Red Hidrométrica

La Dirección General de Aguas (DGA) dispone de una red hidrométrica vigente con **1 estación** sin sistema múltiple de medición, correspondiente a una estación meteorológica para medición específica de precipitaciones, la estación de “**Caldera**” en la comuna homónima, vigente desde el año 1987. **No se dispone de estaciones de reportes pluviométricos ni de pozos y sedimentos**, sin embargo, la DCM dispone de una estación meteorológica adicional dentro de la cuenca, la **Tabla 2-11** y **Figura 2-28** muestran el detalle y ubicación de estas.

**Tabla 2-11 Estaciones meteorológicas**

Tipo de estación	Nombre	Código	Administrador	Estado
Meteorológica (Pluviometría)	Caldera	03340001-2	DGA	Vigente
Meteorológica (medición múltiple)	Desierto de Atacama, Caldera Ad.	270008	DCM	Vigente

Fuente: Elaboración propia en base a datos estaciones, Dirección General de Aguas y Dirección Meteorológica de Chile



Fuente: Elaboración propia en base a información de DOH

**Figura 2-28 Estaciones Meteorológicas**

#### 2.4.4 Red de Calidad de Aguas

Respecto a la calidad de aguas, la Dirección General de Aguas no reporta puntos de estaciones que permitan medir este parámetro en la cuenca en estudio. La inexistencia de pozos para consumo humano ya sea urbano o rural, deja a la cuenca sin datos periódicos de muestreos de calidad de aguas subterráneas. Sin embargo, existen empresas mineras que han generado información dentro de sus Estudio de Impacto Ambiental Uno de ellos corresponde al Estudio de Impacto Ambiental "Proyecto Desarrollo Mantoverde" de las empresas Minera Mantos Cooper y Angloamerican (SEA, 2018). En el apartado 4.2.3, se presenta dicha información.

#### 2.4.5 Zonas de riego

La cuenca no cuenta con desarrollo agrícola a escala de grandes productores. Sin embargo, según el Censo Agropecuario del año 2007, en la cuenca existen 530,98 hectáreas de riego y 593,85 hectáreas de secano, en base a datos estimados al 2015 (DGA, 2017b en base a INE, 2007). En comparación, la actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a) determina 74,8 hectáreas irrigadas consideradas para la estimación de la demanda evapotranspirativa.

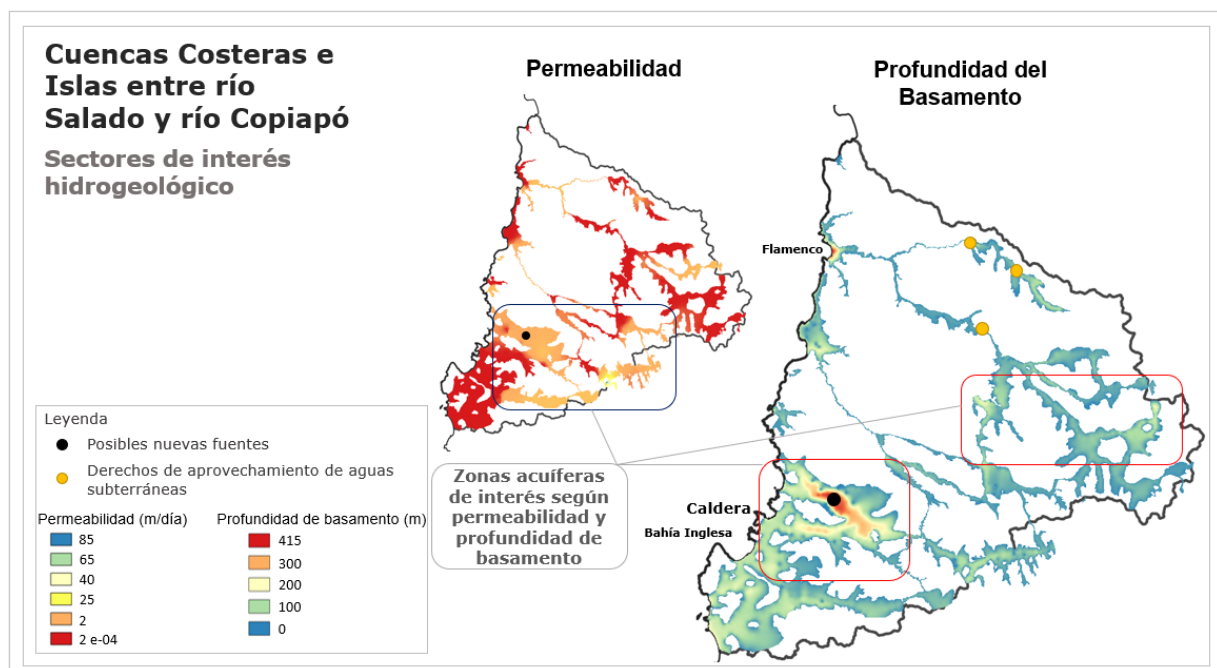
Por su parte, según las actividades de participación cuidada, la actividad agrícola se centra en un aprovechamiento propio del producto (cultivo de subsistencia). De esta forma, **a nivel de modelación, la actividad agrícola no será considerada.**

## 2.5 Nuevas fuentes de agua

El uso creciente de los recursos hídricos producto de una mayor demanda poblacional y 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, la desalinización, reutilización de aguas y neblinas costeras.

### 2.5.1 Acuíferos

Las posibles nuevas fuentes de aguas subterráneas se indican en la **Figura 2-29**.



Fuente: Elaboración propia en base a modelación

**Figura 2-29 Sectores de alto interés hidrogeológico**

Éstas han sido identificadas como zonas de relativo buen potencial hidrogeológico a partir de las grandes profundidades identificadas en aquellas zonas en base a la campaña de

---

gravimetría realizada en este estudio, y a los valores de permeabilidad que también han sido estimados en este estudio a partir de los resultados obtenidos en la campaña de prospección TEM.

Se presentan los derechos de agua otorgados en la cuenca, los que se encuentran concentrados en la zona centro-norte, dejando una gran extensión de ésta sin derechos constituidos. El sector sur-oeste podría ser considerado como una posible nueva fuente de agua, con profundidades de basamento que rondan los 400 (m) y permeabilidades estimadas en cerca de 8 (m/día). Por otra parte, el sector este de la cuenca, a pesar de que presenta permeabilidades menores a las identificadas en la zona sur-oeste, también tiene profundidades importantes que llegan incluso a valores cercanos a 100 (m), por lo que también es considerado un sector con potencial para la localización de nuevas fuentes de aguas subterráneas.

### **2.5.2 Recarga de acuíferos**

La recarga de acuíferos no se identificó como una fuente potencial de agua, dada la ausencia de fuentes de agua natural y de tipo superficial que pudieran abastecer a esta recarga.

### **2.5.3 Plantas desaladoras**

La cuenca presenta 3 plantas desaladoras proyectadas a lo largo de su borde costero, que serán destinadas principalmente al uso en la minería del cobre y agua potable, además de la planta que entro en ejecución el año 2021 para agua potable, PDAM Econssa. El detalle de las plantas desaladoras actuales se encuentra especificado en el numeral 2.4.1. Sin embargo, en este apartado se especifican aquellas que aún no se encuentran operando y que, por lo tanto, se conforman como nuevas fuentes de agua proyectadas (**Tabla 2-12**).

La desalación -a distintas escalas- ha sido seleccionada como la principal fuente alternativa de recursos hídricos. De hecho, la construcción de la planta de desaladora de Caldera podría proporcionar (cuando entre en operación la Etapa 3) un 100% de respaldo a las fuentes de aguas subterráneas, es decir se priorizará la oferta de la planta para reducir el consumo de agua subterránea.

La **Planta Desaladora Santo Domingo** contemplará las obras anexas a estas instalaciones. El Proyecto Santo Domingo utilizará 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 emplazará en el sector de Punta Roca Blanca en la comuna de Caldera, fuera del área urbana de la comuna de Caldera.

La **Planta Desaladora Bahía Caldera** se emplazará al interior de las instalaciones de la Pesquera Bahía Caldera, aproximadamente 2 km al norte de la ciudad de Caldera. El

objetivo de la planta será producir agua desalada con un caudal de 92,6 l/s para la empresa Pesquera Bahía Caldera S.A.

El proyecto de la desaladora **Candelaria 2030**, por último, consiste en la extensión de la vida útil de la actual operación en 13 años y la optimización del proceso productivo (Revista Nueva Minería y Energía, 2018).

Adicionalmente, la **PDAM de Econssa Chile S.A** estará 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. Dicha planta entro en ejecución, en su primera fase, en el año 2021.

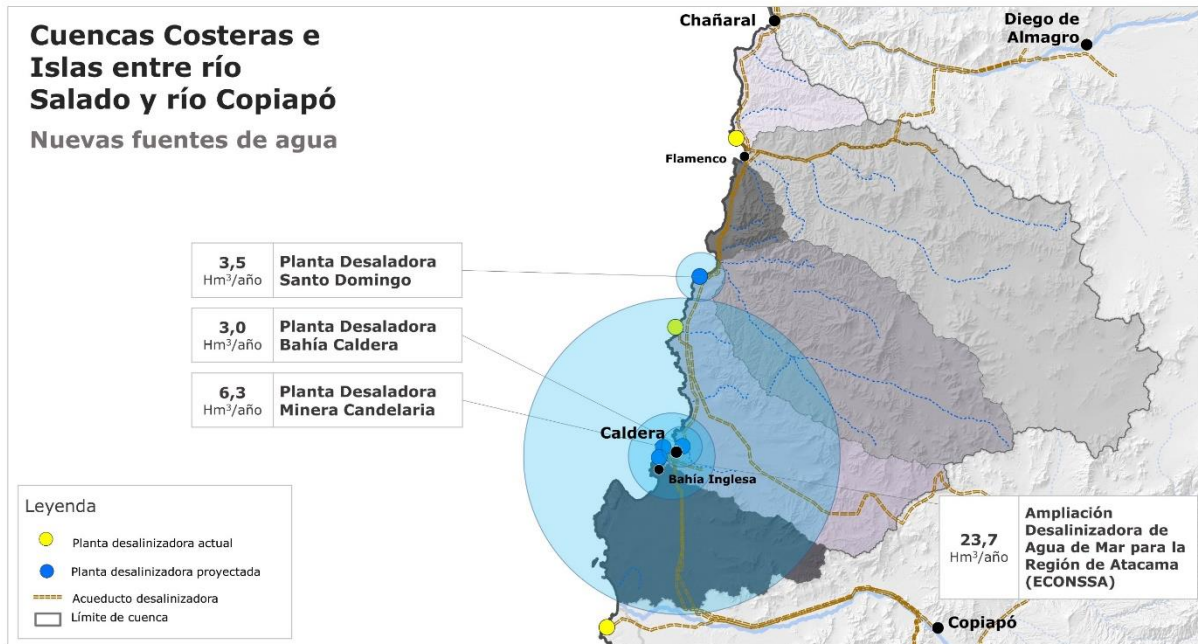
**Tabla 2-12 Plantas desaladoras de agua de mar proyectadas en la cuenca**

Nombre	Ubicación	Destino	Cap. Producción (Hm <sup>3</sup> /año)	Caudal (l/s)	Estado
Planta Desaladora Santo Domingo	Sector Punta Roca Blanca, Caldera	Capstone, fracción a comunidad Diego de Almagro	3,5	111,0	EIA Aprobado (2015)
Planta Desaladora Bahía Caldera	Pesquera Bahía Caldera, norte de la localidad	Población de Tocopilla	3,0	95,1	DIA Aprobada (2013)
Planta desalinizadora Minera Candelaria 2030	Caldera	Minera Candelaria (Lunding Mining)	6,3	199,8	EIA Aprobado (2015)
Planta Desalinizadora de Agua de Mar Econssa Chile S.A. Etapas 2 y 3	Sector Punta Zorro, Caldera	Agua potable comunas de Chañaral, Caldera, Copiapó y Tierra Amarilla	23,7	751,5	En ejecución (2021)
<b>Total, proyectado</b>			<b>36,5</b>		

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

La localización de las plantas desaladoras proyectadas en la cuenca se muestra, a continuación, en la **Figura 2-30**.





Fuente: Elaboración propia en base a información IDE Chile

**Figura 2-30 Plantas Desaladoras de Agua de Mar proyectadas**

#### 2.5.4 Reutilización

En otro aspecto, existe el potencial uso de aguas grises y aguas servidas. En la cuenca se tratan un total de 1,80 hm<sup>3</sup>/año de aguas servidas (SISS, 2021), los cuales pueden ser usados para otros usos como riego de zonas verdes urbanas o como agua industrial en operación minera. Como ejemplo, en la cuenca del río Copiapó, la empresa sanitaria Nueva Atacama vende sus aguas servidas tratadas a la Minera Candelaria, equivalente a 175 l/s, las cuales se mezclan con agua fresca.

Por lo tanto, la fuente de reutilización corresponde a las plantas de tratamiento de aguas servidas en las localidades de Caldera, que permitirían utilizar dicha agua para el riego de zonas verdes urbanas o campos de plantaciones, correspondiendo aproximadamente a un 60% del agua distribuida, es decir un 20% se consume y un 20% se desecha en el tratamiento previo a la reutilización. Actualmente existe un acuerdo entre la empresa sanitaria que constituye en sí mismo una reutilización de las aguas tratadas bajo acuerdo y venta para el sector denominado “El Bosque Chañar” y zonas verdes con un destino asociado a los servicios ecosistémicos dentro de la cuenca.

---

### 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 2-13** y reflejan la capacidad promedio anual de captación de agua desde una superficie vertical de atrapanieblas, ya sea 1 m<sup>2</sup> o 40 m<sup>2</sup>. De esta forma, un atrapaniebla de 40 m<sup>2</sup>, ubicado en la región de Atacama, capturaría en promedio un total de 57,20 litros/día de agua.

**Tabla 2-13 Captación Promedio de Agua de Niebla Identificada en la Zona Norte de Chile**

Región	Sector	Promedio de Captación litros/m <sup>2</sup> /día	Promedio de Captación litros/día por Atrapaniebla de 40 m <sup>2</sup>
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).

Tal como señala la **Tabla 2-13**, las captaciones promedio diaria en la región de Atacama corresponden a las menores registradas en el país. A nivel local, los actores de la cuenca confirmar que la baja producción debido a la naturaleza de las nieblas en la zona.

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 éstos (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. No se identificaron sitios de interés para el establecimiento de iniciativas de este tipo dentro de la cuenca.

## 2.6 Gobernanza del agua a nivel de Cuenca

Según Figueroa y Chía (2016), la principal hipótesis para que emerja un proceso de gobernanza en un territorio debe pasar desde una proximidad geográfica a una organizacional, lo que significará que los actores elaboren proyectos con intereses comunes, para lo cual se necesitan crear instancias de confianza, lenguaje común y aprendizajes organizacionales (Vitry y Chía, 2016). Para la creación de estos proyectos, los

---

actores van a apoyarse sobre instrumentos (herramientas) y dispositivos, conocidos por el rol que juegan en la gestión de las organizaciones y en la implementación de políticas públicas, condicionando el comportamiento de los actores.

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 entre países y dentro de éstos.

Se debe tener en cuenta que la gobernanza es altamente contextual, que las políticas del agua deben adaptarse a los diferentes recursos hídricos y especificidades territoriales, y que las respuestas de la gobernanza deben adaptarse a las circunstancias cambiantes.

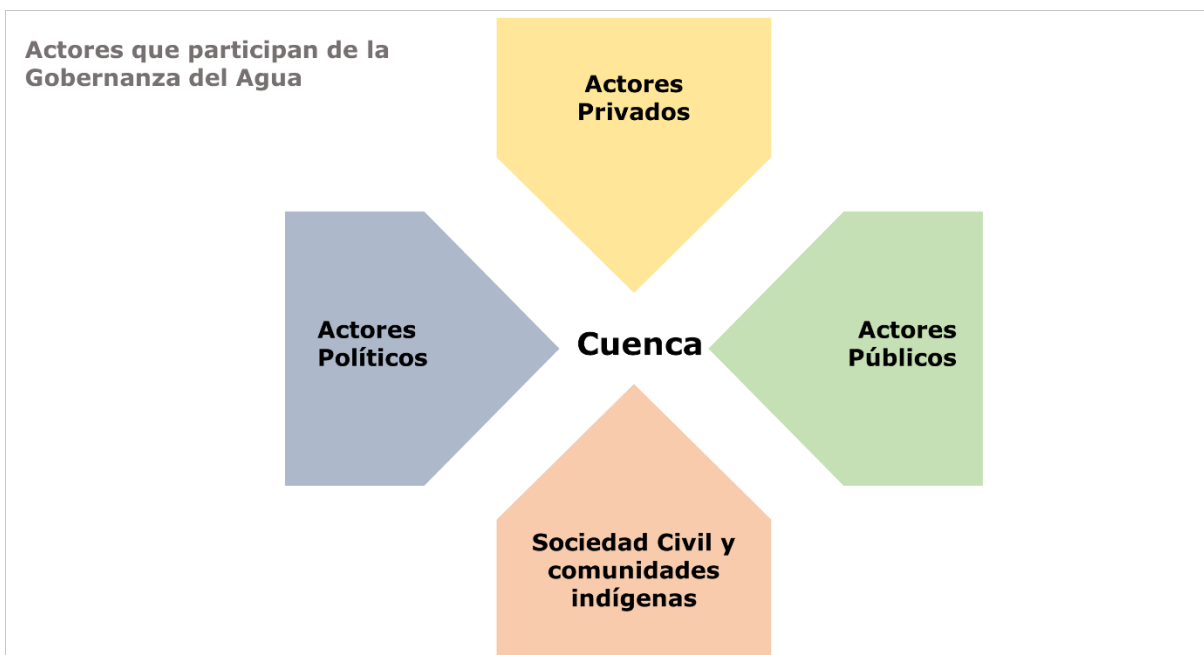
Los principios de buena gobernanza más generales consideran la gobernanza del agua como un medio para un fin y no un fin en sí mismo, es decir, a partir del abanico de reglas, prácticas y procesos (formales e informales) políticos, institucionales y administrativos a través de los cuales se toman e implementan decisiones; los actores pueden articular sus intereses y que sus inquietudes sean tomadas en consideración, y los tomadores de decisiones rinden cuentas por su gestión del agua.

Los Principios tienen por objeto mejorar los sistemas de gobernanza del agua que ayudan a gestionar el recurso hídrico de manera sostenible, integral e incluyente, a un precio aceptable y en un espacio de tiempo razonable. Consideran que la gobernanza es buena si ayuda a resolver los desafíos claves del agua utilizando una combinación de procesos a partir de la creación de relaciones constructivas y armónicas entre el Estado y la sociedad en general, cuyo objetivo final es suministrar agua en cantidad suficiente y de buena calidad manteniendo o mejorando, al mismo tiempo, la integridad ecológica del recurso.

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*.

Así, 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.

Principalmente, 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 los usuarios relacionados con actividades mineras y que utilizan el agua para consumo humano.



Fuente: Elaboración propia.

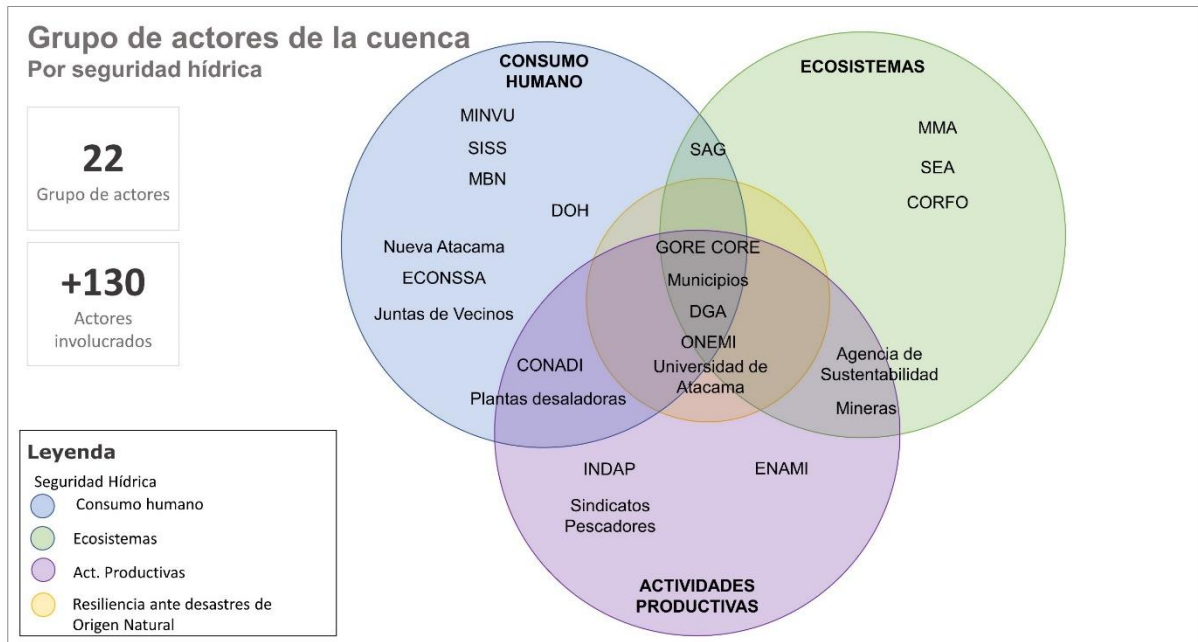
**Figura 2-31 Interacción de actores claves**

Por último, cabe mencionar que, dada la contingencia sanitaria por la que atraviesa el país, el trabajo directo con la comunidad en terreno no se pudo llevar a cabo, limitando los recursos de recolección de información y contacto con los actores *in situ*, siendo éste un factor determinante para la acción de la gobernanza territorial. Sin embargo, por medio de los instrumentos que brinda la tecnología, como cuestionarios y reuniones online, sumado al trabajo de gabinete, se determinaron los principales problemas a los que se encuentran expuestos en la cuenca.

### 2.6.1 Mapa de Actores

A través de las actividades de participación ciudadana (Anexo I) se validó el mapa de actores de la cuenca en relación con los recursos hídricos de ésta. Se registraron 127 participaciones de más de 20 instituciones diferentes, repartidas en dichas actividades (Anexo I, sección 2). Los actores fueron caracterizados por eje de seguridad hídrica (**Fuente:** Elaboración propia

Figura 2-32), la que se entiende 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 desastres socio naturales (Anexo J3, Sección 2).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-32 Grupos de actores de la cuenca por eje de seguridad hídrica**

Los **actores públicos** se encuentran en coordinación permanente con los actores privados, canalizando intervenciones a nivel de formación y apoyo productivo (CNR, INDAP) 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 alrededor de la Cuenca. A continuación, se identifican los principales actores que integran el Gobierno. Su distribución en la cuenca se encuentra representada en el anexo I.PAC, sección 2.3.

- **Gobierno central**

- Ministerio de Obras Públicas
  - Dirección General de Aguas, DGA
  - Dirección de Obras Hidráulicas, DOH
  - Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS
  - Instituto Nacional de Hidráulica, INH
- Ministerio de Agricultura
  - Comisión Nacional de Riego, CNR
  - Instituto de Desarrollo agropecuario, INDAP
  - Servicio Agrícola y Ganadero, SAG
  - Corporación Nacional Forestal, CONAF
- Ministerio de Energía
  - Coordinador Eléctrico Nacional
- Ministerio de Medio Ambiente

- 
- Seremi de Medio Ambiente
  - Servicio de Evaluación Ambiental
  - Ministerio de Minería
    - Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN
  - Servicio Nacional de Pesca
  - Ministerio del Interior
    - ONEMI
  - Ministerio de Desarrollo Social y Familia
    - CONADI
  - Ministerio de Economía
    - Corporación de Fomento de la Producción, CORFO
      1. Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, ASCC
      2. Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios, ECONSSA
  - Ministerio de Vivienda y Urbanismo
    - Servicio de Vivienda y Urbanismo, SERVIU
  - Ministerio de Bienes Nacionales
  - Gobernación Marítima Chañaral
- 
- **Gobierno local**
    - Gobierno Regional de Atacama (GORE)
    - Consejo Regional de Atacama (CORE)
    - Municipios de Caldera y Copiapó

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.

Los **actores Privados** que están fuertemente presente en la cuenca están en el mundo de la minería, donde se sitúan **Anglo American Norte S.A. (Mantos Copper S.A.)** y **Compañía Minera del Pacífico**.

Respecto a los actores relacionados con el agua potable, en la cuenca existe una empresa sanitaria, **Nueva Atacama**. El área de concesión está situada en la localidad de Caldera. Al año 2020 el conjunto de localidades suma un total de 100.902 clientes.

Otro actor relevante dentro de la cuenca es el que representan las distintas **comunidades indígenas**, y su injerencia es 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 de estrategia hídrica. Las Comunidades indígenas presentes en la cuenca adscriben a los pueblos **Diaguitas, Changos en la Costa y Collas en el interior**.

---

---

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 las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y El Caribe, CAZALAC.** Centro UNESCO Categoría II.
- **Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA.** Proyecto conjunto de la Universidad de La Serena (ULS), la Universidad Católica del Norte (UCN) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Intihuasi); junto con el financiamiento de CONICYT y el Gobierno Regional de Coquimbo (GORE Coquimbo).

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 que es relevante desde el punto de vista organizacional en el territorio, son las **Juntas de Vecinos**, pues vienen a ser unidades territoriales concisas que permiten la alimentación de información hacia los vecinos de las comunas que se encuentran colindantes a la cuenca.

Entre las principales Juntas de vecinos se encuentran.

- **Junta de Vecinos Playa Flamenco**
- **Junta de Vecinos Obispito**
- **Unión Comunal de Juntas de Vecinos de Caldera**

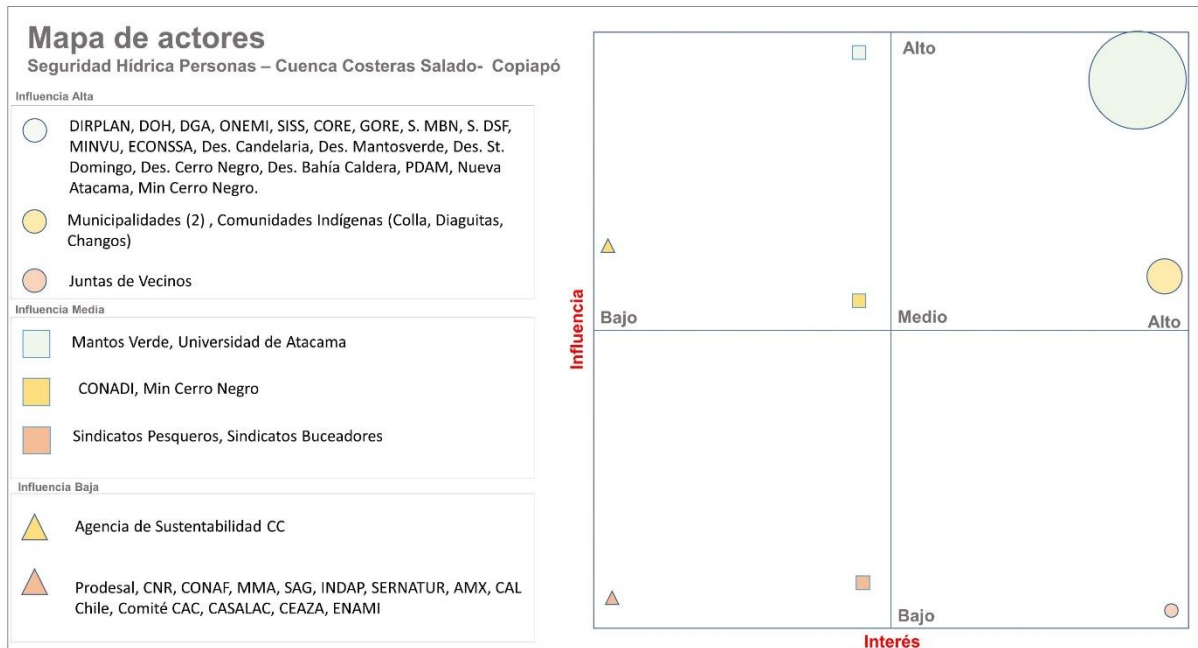
Otro actor muy importante dentro de la orgánica de la cuenca está en la sociedad civil que pertenece al mundo pesquero, principalmente en la comuna de Caldera. Dentro de las organizaciones se encuentra.

- **Sindicato Buzos Mariscadores Pescadores de Flamenco**
- **STI Pescadores Artesanales de Flamenco**
- **STI del Mar Caleta Obispito**
- **Sindicato N°1 Buzos mariscadores y recolectores de orilla de Obispito**

Finalmente se generaron mapas de actores por seguridad hídrica, según la metodología presentada en el anexo I PAC. La **Figura 2-33** presenta un ejemplo de mapa de actores por seguridad hídrica (ver Anexo PAC, sección 3.1). En ella es posible observar que un gran grupo de actores con alto interés y un gran grado de influencia en el desarrollo de la cuenca, principalmente actores pertenecientes al sector público, o bien, que tienen un rol fundamental en la gestión hídrica, como las desaladoras.

Por otro lado, se encuentran las municipalidades y comunidades indígenas, quienes a pesar de tener un alto grado de interés en las decisiones que se tomen en la cuenca, no tienen

la suficiente influencia en comparación con otros actores públicos. También es relevante identificar Juntas de Vecinos, quienes tienen un alto interés, pero que cuentan con muy poca influencia. Finalmente, se identifican algunos actores sin mayor influencia ni interés en las decisiones que atañen directamente a la gestión hídrica, como CONAF, INDAP, entre otros.



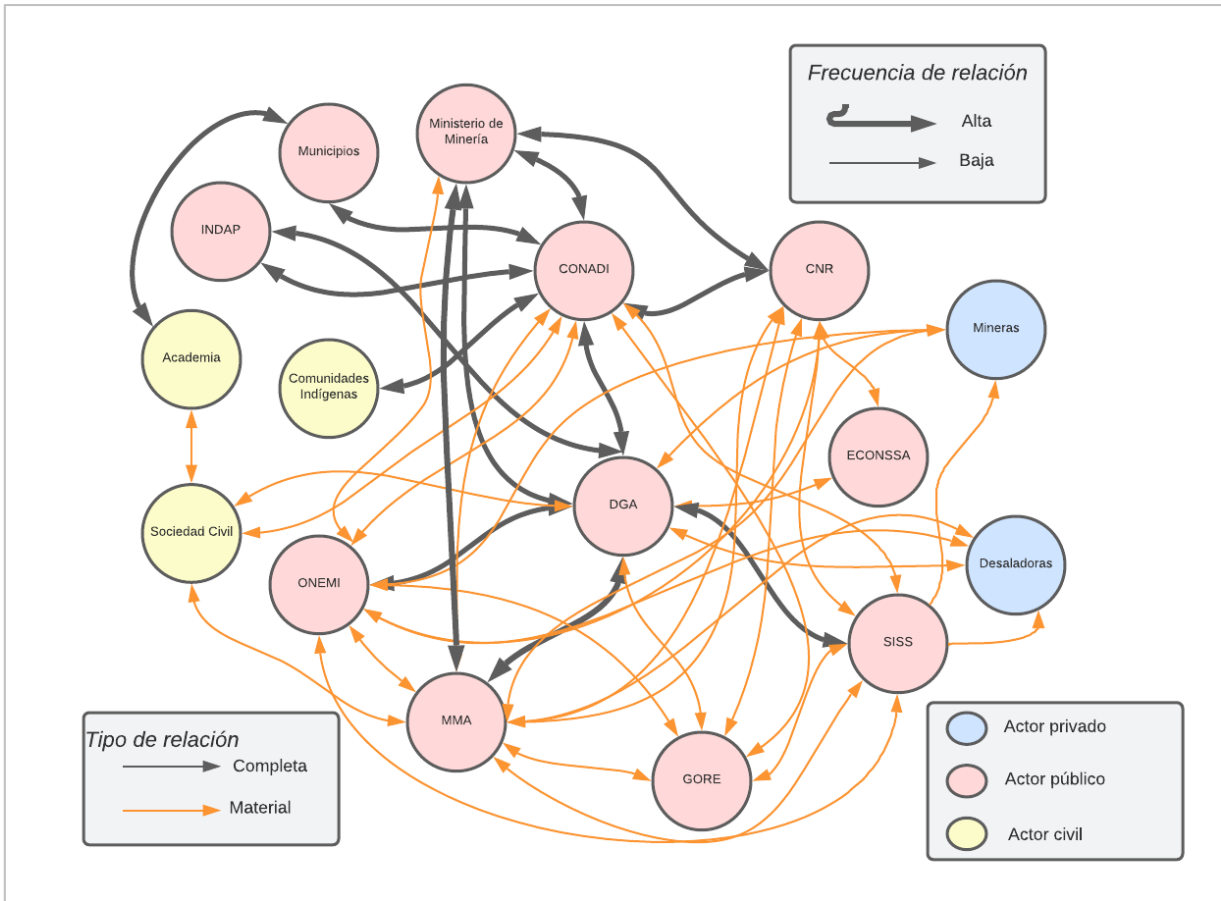
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2-33 Mapa de actores según seguridad hídrica para el consumo humano. Interés – Influencia según mismo concepto**

Por último, la **Figura 2-34** muestra el grafo de los principales actores interactuantes dentro de la gestión de la cuenca Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó. Las líneas gruesas demuestran que existe una alta frecuencia en términos de las relaciones entre los actores, mientras que el color negro da cuenta de un tipo de relación que trasciende las dimensiones materiales, financieras y de gestión que pueden existir entre instituciones o actores. De esta forma, la línea naranja refleja sólo relaciones de tipo materiales, como proyectos asociados.

En el grafo es posible observar que gran parte de los actores se relaciona entre ellos, pese a que actores relativos a la sociedad civil, pueden tener menores redes que instituciones públicas como la Dirección General de Aguas, el Ministerio de Minería o la CONADI.





Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-34 Grafo de actores según relaciones y tipo**

### 2.6.2 Brechas de coordinación

Actualmente existe, a nivel regional, una Mesa Hídrica compuesta por actores públicos y privados. 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 más orientados a las labores realizadas en las provincias de Huasco y Copiapó, sin mayores avances en lo que respecta a la provincia de Chañaral.

Dentro de los actores privados, destacan las empresas mineras, como el caso de Angloamerican y su faena de MantoVerde, y CAP y Cerro Negro. Las actividades de este tipo generan pasivos ambientales, que históricamente han provocado conflictos por el uso de aguas.

Se identificó la existencia de acuerdos de permuta de volúmenes de agua dentro de la cuenca. La empresa minera Caserones, por acuerdo ambiental en su RCA, entrega a través

---

de la Desaladora CMP un total de 150 l/s, los cuales corresponden a 50 l/s destinados a los estanques de provisión de agua potable de la localidad de Caldera, y 100 l/s al Canal Mal Paso, en la cuenca del río Copiapó.

No obstante, este acuerdo es puntual y en términos generales se identificó una descoordinación en el desarrollo de proyectos de desalación en la cuenca y a nivel regional. Actualmente la proyección de plantas desaladoras se desarrolla en forma independiente por cada empresa ejecutora, teniendo como resultado una eventual saturación del borde costero de la región. En este sentido, no existen espacios de coordinación entre los actores interesados en desarrollo de agua desalada para la generación de proyectos en conjunto.

### **2.6.3 Brechas de información**

Respecto a los aspectos hidrológicos, hidrogeológicos y meteorológicos de la cuenca, se disponen de escasos antecedentes para la toma de decisiones en la cuenca.

En complemento, se identificó que las empresas privadas presentan información relevante en recursos hídricos, que parcialmente es compartida 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, sin embargo, esta información podría ser remplazada por otra estadística (meteorología).

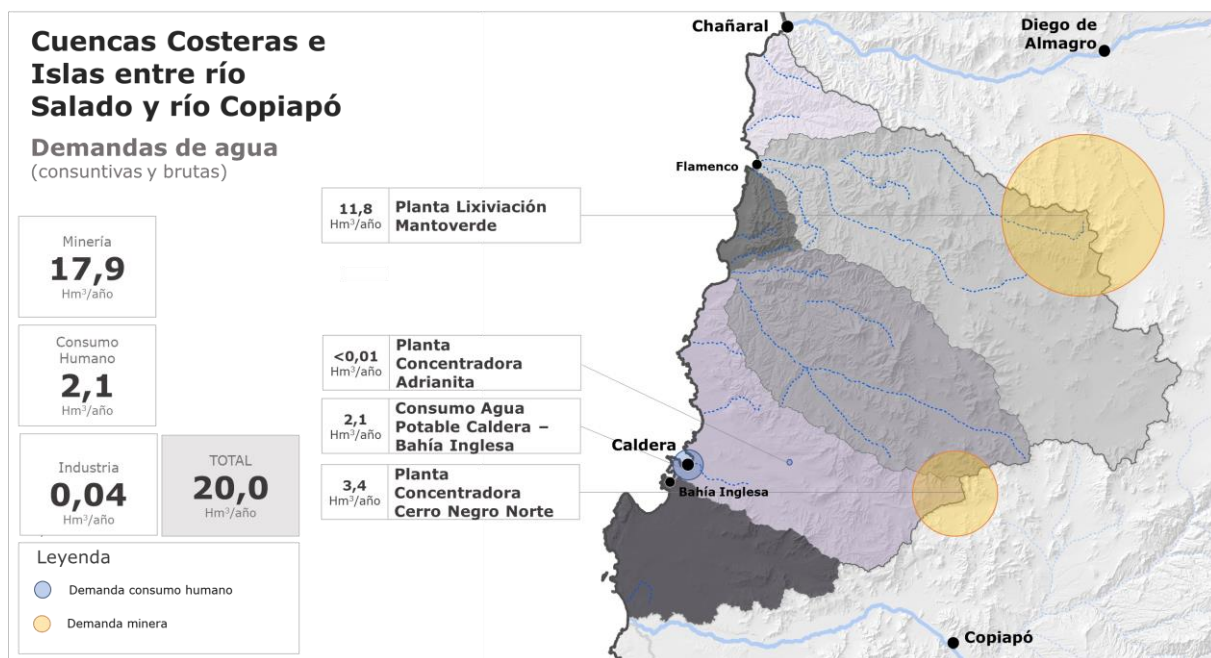
Por otro lado, el desarrollo de plantas desaladoras en el borde costero genera incertidumbre respecto de los potenciales efectos acumulativos en el espacio y en el tiempo. En este sentido, existe una brecha de información respecto del estado del borde costero y de los ecosistemas marinos.

Finalmente, y si bien los proyectos de desarrollo para desalación y faenas mineras son públicos, existen brechas de intercambio de información entre estos, que están relacionadas a la cultura minera. En concreto, mejores flujos de información permitirían la coordinación de proyectos entre sí, favoreciendo el uso de infraestructura compartida.

### 3. DEMANDA FÍSICA Y LEGAL

La cuenca se caracteriza por contar con una demanda de agua superior a su oferta natural. En consecuencia, la satisfacción de la demanda de la cuenca es casi exclusivamente externa, mediante transvases como la aducción de Piedra Colgada – Caldera, o el uso de Plantas Desaladoras de Agua de Mar (PDAM).

En total la cuenca tiene una demanda bruta de **20,0 Hm<sup>3</sup>/año**, donde la demanda minera predomina con un 90% sobre el total, sin embargo, el 98% de ésta es abastecida por origen externo a la cuenca. El detalle respecto a los valores específicos que contiene esta cifra se presenta en la **Figura 3-1**.



Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por DGA

**Figura 3-1 Demandas de agua en la cuenca (hm<sup>3</sup>/año)**

Respecto a la demanda legal, la Dirección General de Aguas (DGA), según Artículo 122 del Código de Aguas, debe llevar un Catastro Público de Aguas. Según los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DDA) registrados en la DGA, la cuenca tiene 4 derechos otorgados, equivalentes a 32,8 l/s de naturaleza subterránea. En el Anexo J2, sección 1.1 se presenta el detalle de los DDA otorgados.

### 3.1 Demanda para uso humano

En la cuenca existe una empresa sanitaria concesionaria de provisión de servicios sanitarios a nivel regional, Nueva Atacama. El área de concesión está situada en la localidad de Caldera, incluido Bahía Inglesa. Al año 2020, la localidad de Caldera suma un total de 8.428 clientes, lo que equivale a 20.420 habitantes, con un **consumo de 1,34 hm<sup>3</sup>/año** (volumen facturado), tal como se presenta en la **Tabla 3-1**.

Respecto a la fuente de captación, Nueva Atacama tiene un sistema conectado (Copiapó-Tierra Amarilla, Caldera y Chañaral), el cual es suministrado desde los pozos de Copiapó y Piedra Colgada, según se indica en el apartado 2.4.1.2.

**Tabla 3-1 Suministro de agua potable urbana según su fuente**

Localidad	Fuente	Número de Clientes				Población abastecida		
		Regula dos	52 Bis	Otros	Total	Regula dos	52 Bis y otros	Total
Caldera	Sistema Copiapó – Piedra Colgada	8.421	2	5	8.428	19.216	1.204	20.420

Fuente: Elaboración propia en base datos SISS (2021)

Dentro de la cuenca **no existen sistemas de agua potable rural** (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 por este cuerpo de ley, que suministra un 0,2 % del volumen facturado. La **Tabla 3-2** presenta el consumo y la producción de agua potable según datos ofrecidos por SISS (2021).

**Tabla 3-2 Consumo y producción de agua potable en las localidades urbanas de la cuenca, Caldera.**

Localidad	Consumo				Producción			
	Vol hm <sup>3</sup> /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s	Vol hm <sup>3</sup> /año	Q mm l/s	Q Md l/s	Q MH l/s
Caldera	1,34	42,34	67,45	101,18	<b>1,81</b>	57,30	91,27	136,91

Vol = Volumen Anual en hm<sup>3</sup>/año

Q mm = Caudal medio mensual en l/s

Q Md= Caudal máximo diario en l/s

Q MH= Caudal máximo horario l/s

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 “Caldera-Chañaral-Copiapó-Tierra Amarilla”, 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 unas pérdidas de 26,1%, por debajo de la media nacional (33%).

En otro aspecto de la demanda de agua para consumo humano, la cuenca dispone de asentamientos a lo largo del borde costero, según se indica en el punto 2.1.3.2 Demografía. Esta demanda no satisfecha por sistemas urbanos o alternativas de suministro individuales equivale a 1.706 personas, que se abastecen principalmente mediante camiones aljibe. Si se toma un consumo base de 20 L/p/d<sup>6</sup>, la demanda mínima anual es de 12.454 m<sup>3</sup>/año, equivalente a 1.254 camiones, y un monto pagado de \$149,4 millones de pesos al año.

La **Tabla 3-3** muestra la demanda para consumo humano de los diferentes asentamientos en la cuenca, según una demanda de 20 L/p/d dotada por camiones aljibes.

**Tabla 3-3 Estimación de la población no satisfecha por sistemas urbanos, según localidad y demanda de consumo humano**

Localidad	Original	
	Población estimada	Demanda m <sup>3</sup> /año
Portofino	1.000	7.300
Flamenco	200	1.460
Obispito	70	511
Rodillo	74	540
Pulpo	259	1891
Pulpito	103	752
<b>Total</b>	<b>1.706</b>	<b>12.454</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos oficiales (INE, 2017) y factor multiplicador de población flotante

A continuación, se muestra la proyección del consumo hídrico actual y proyectada para las diferentes localidades, incluyendo la ciudad de Caldera. Para la población en asentamientos, en base a las entrevistas realizadas en terreno, se asume que el crecimiento poblacional se comporta de manera uniforme desde la actualidad hasta los próximos 10 años (2030), y

<sup>6</sup> Dotación levantada en entrevistas a los usuarios de distintos asentamientos del borde costero (anexo I. Minutas)

que luego se mantiene constante. Asimismo, se asumieron como supuestos, pérdidas de un 30% en la distribución del agua y se consideró una proyección de consumo de 140 L/p/d, debido al cambio de suministro de agua, es decir agua corriente. A continuación, la estimación de la demanda en dichos asentamientos al 2050 se presenta en la **Tabla 3-4**.

Para la proyección futura, se debe asumir que para el año 2050, todas estas localidades contarán con conexión a una red de agua potable, con un suministro mínimo de 140 l/p/d (a lo que hay que agregar las pérdidas).

Respecto a la demanda legal, la empresa sanitaria Nueva Atacama presenta en los Planes de desarrollo vigentes, un caudal de derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) equivalente a 203 l/s (6,4 Hm<sup>3</sup>/año) incluyendo el aporte de Minera Caserones por 50 l/s. Todos los DAA comentados están otorgados fuera de la cuenca de estudio. La proyección al 2031, en dicho Plan de Desarrollo es de disponer de 303 l/s incluyendo el aporte de la Planta Desaladora (PDAM) y la Minera Caserones.

**Tabla 3-4 Estimación de la población y demanda de consumo humano en asentamientos del borde costero y ciudad de Caldera**

Localidad	Población			Demanda hm <sup>3</sup> /año		
	2021	2031	2050	2021	2031	2050
Portofino	1.000	1.500	1.500	0,010	0,110	0,110
Flamenco	200	500	500	0,002	0,037	0,037
Obispito	70	250	250	0,001	0,018	0,018
Rodillo	74	250	250	0,001	0,018	0,018
Pulpo	259	750	750	0,003	0,055	0,055
Pulpito	103	300	300	0,001	0,022	0,022
Nueva Caldera	-	-	-	-	-	-
Caldera*	15.439**	23.291	32.235	1,810	2,156	2,941
<b>Total Asentamientos</b>	<b>1.706</b>	<b>3.550</b>	<b>3.550</b>	<b>0,018</b>	<b>0,259</b>	<b>0,259</b>
<b>Total + Caldera</b>	<b>17.145</b>	<b>26.841</b>	<b>35.785</b>	<b>1,828</b>	<b>2,420</b>	<b>3,200</b>

\*Información incluye localidad de Bahía Inglesa

\*\*Incluye información estimada por 52-bis

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, la cuenca necesita una producción de agua equivalente a 1,81 Hm<sup>3</sup>/año en zonas urbanas y 0,018 Hm<sup>3</sup>/año en zonas fuera del área urbana, **dando un total de 1,83 hm<sup>3</sup>/año**, las cuales son en un **100% trasvases de otras cuencas**. Según los Planes de Desarrollo de Nueva Atacama (Nueva Atacama, 2017a, 2017b y 2017c) se consume un 20%, por lo tanto un 80% llega a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).

---

Finalmente, se puede reutilizar aproximadamente un 80% del caudal que llega a la PTAS ubicada en la localidad de Caldera, lo que equivaldría a 1,1 hm<sup>3</sup>/año. Dicho volumen tratado es utilizado principalmente para riego del parque forestal ubicado en Caldera.

Las proyecciones al 2031 del consumo humano son decrecientes según el Plan de desarrollo de la sanitaria, sin embargo, se considera que la población en asentamientos del borde costero aumentaría, con posibilidad de acceso a agua corriente (sistema rural o urbano).

### **3.2 Necesidades mínimas ambientales**

No se identificaron ecosistemas dependientes directamente de fuentes de aguas superficiales o subterráneas dentro de la cuenca, no obstante, sí se identificaron sitios relevantes desde el punto de vista vegetacional, los que están asociados a precipitaciones invernales, estivales o bien neblinas costeras. En consecuencia, no se identificó una demanda mínima ambiental a ser gestionada dentro del Plan.

### **3.3 Demanda agrícola**

En la cuenca no existen grandes plantaciones en comparación con cuencas limítrofes como la cuenca del río Copiapó, sin embargo, existen cultivos de subsistencia que demandan agua. Según el informe DGA (2017b), en la cuenca existe un total de 530,8 ha, pero analizando la información y validándola con imágenes satelitales, se considera que dicha superficie pertenece a distritos censales que comparten áreas con la zona agrícola de la cuenca del río Copiapó (Anexo F, Apéndice F2 AGR). Finalmente, a nivel del presente estudio se considera que **la cuenca no presenta demanda agrícola.**

### **3.4 Demanda minera**

En la cuenca en estudio se identificaron 213 faenas mineras. El principal mineral que es extraído de estas minas es el cobre, con 154 proyectos. Le siguen 18 proyectos de hierro, 2 de molibdeno, 8 extracciones de oro, 2 proyectos de extracción de rocas fosfóricas; y 9 de carbonatos de calcio. Sin embargo, es importante dar cuenta de las principales actividades mineras que se encuentran permanentemente en producción y, por lo tanto, que constantemente se encuentra consumiendo agua, ya sea para uso industrial como para uso de agua potable. La **Tabla 3-5** muestra las tres principales actividades mineras relativas a las compañías con mayor presencia, según los datos consultados sobre demanda hídrica anual a Dirección General de Aguas, presentando una demanda hídrica total de **17,9 Hm<sup>3</sup>/año.**

La primera, corresponde a la planta de lixiviación **Manto Verde** de la empresa Anglo American Norte S.A., ubicada en la subcuenca Quebrada Flamenco. Luego, se presenta la planta concentradora **Cerro Negro Norte** de la Compañía Minera del Pacífico; y, por último, la planta concentradora "**Adrianita**" de la compañía Minera Santa Fe.

**Tabla 3-5 Demanda hídrica de actividades mineras**

<b>Empresa</b>	<b>Nombre</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Demanda Actual (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Demanda 2050 (hm<sup>3</sup>/año)<sup>(1)</sup></b>	<b>Fuente de la oferta</b>
Anglo American Norte S.A. (Mantos Copper S.A.)	Planta lixiviación <b>Mantoverde</b>	Quebrada Flamenco	11,8	11,8	Agua de Mar
Compañía Minera del Pacífico	Planta concentradora <b>Cerro Negro Norte</b>	Costeras entre quebrada del Morado y Río Copiapó	6,1 <sup>(2)</sup>	6,1 <sup>(2)</sup>	1,7 -Trasvase A. subterránea 1,7 reutilización + agua desalada 2,7 recirculación
Compañía Minera Santa Fe	Planta Concentradora <b>Adrianita</b>	Costeras sector Caldera	0,0	0,0	-
<b>Total</b>			<b>17,9</b>	<b>17,9</b>	-

(1) Minera Santa Fe no genera demanda de agua para uso industrial

Fuente: Elaboración propia en base a RCA N°16 (2018), Compañía Minera Cerro Negro (2016) y Minera Santa Fe (2009)

Mantos Copper S.A. es una de las compañías con mayor presencia en la cuenca, con su proyecto Desarrollo Mantoverde, ubicado en la comuna de Chañaral, a 90 kilómetros al norte de la ciudad de Copiapó, a una altura promedio de 900 msnm. Este proyecto comparte superficie con la cuenca del río Salado. Según Resolución de Calificación Ambiental N°16 (2018), las obras del proyecto se concentran en dos áreas:

- Área Mina-Planta y Tranques de Relaves, ubicada a 40 km al este de caleta Flamenco, correspondiente a la actual Operación Mantoverde, más el área de emplazamiento del futuro Tranque de Relaves.
- Área línea de Transmisión Eléctrica (LTE), que se desarrolla desde la actual operación Mantoverde, hasta la localidad de Diego de Almagro.

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, con un caudal total de **11,8 Hm<sup>3</sup>/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 Hm<sup>3</sup>/año para procesos de óxidos, 7,3 Hm<sup>3</sup>/año para procesos de sulfuros, y 1,4 Hm<sup>3</sup>/año para otros usos.



---

Por su parte, la Compañía Minera del Pacífico, cuenta con una faena en el sector sur de la cuenca (mina rajo abierto "**Cerro Negro Norte**", talleres de maestranza y plantas de molienda) y en la parte litoral (destacando plantas desaladoras, puerto de embarque "Punta Totoralillo" y un acueducto).

El proyecto Cerro Negro Norte tiene una producción anual de 240 ton/mes de cátodos y 800 ton/mes de concentrados, producto del beneficio de 25.000 ton/mes de minerales oxidados -incluidas 11.000 ton/mes de mineral ENAMI- y 20.000 ton/mes de minerales sulfurados. La lixiviación secundaria de rípios genera una producción adicional de 120 ton/mes de sulfato de cobre pentahidratado (Compañía Minera Cerro Negro S.A., 2016).

El suministro de agua fresca del proyecto Cerro Negro provendrá de pozos ubicados en el sector de Toledo en Copiapó y será transportada mediante un acueducto de 27,8 kilómetros de longitud hacia el sector de la mina. Los pozos se encuentran en el segundo distrito de aguas subterráneas de la cuenca del río Copiapó y suman un caudal de 150 l/s. La operación normal del proyecto considera un **consumo total de 6,1 Hm<sup>3</sup>/año**, de los cuales 3,4 Hm<sup>3</sup>/año corresponde a la demanda hídrica efectiva en términos de extracción de agua. De esta forma, del total demandado: 1,7 Hm<sup>3</sup>/año se abastece desde los pozos localizados en el sector Toledo de la parcelación Piedra Colgada, comuna de Copiapó (fuera de la cuenca en estudio); y 1,7 Hm<sup>3</sup>/año de fuentes alternativas (aguas servidas tratadas de Caldera y/o agua desalada). A ello, se le suman 2,7 Hm<sup>3</sup>/año de agua recirculada desde Puerto en Punta Totoralillo (equivalentes a la recirculación del agua de filtrado recuperada en el puerto correspondiente al Concentraducto Fase I y Fase II), alcanzando el total antes mencionado (Compañía Minera del Pacífico, 2009).

Por último, se encuentra la Planta concentradora **Adrianita** de la Compañía Minera Santa Fe. Dentro de los proyectos, se encuentra el procesamiento de desmontes de hierro de la mina Adrianita, consistente en obtener concentrado de hierro mediante el procesamiento de antiguos desmontes de mineral ubicados en la Mina, con reservas aproximadas de 3.500.000 toneladas. El proceso productivo es magnético en seco y no requiere uso de agua para procesos industriales, por lo que no es considerada dentro de la demanda minera. Por su parte, el agua potable es adquirida desde Copiapó y transportada por camiones aljibes, equivalentes a 0,007 hm<sup>3</sup>/año (Minera Santa Fe, 2009).

Como se ha comentado, la demanda minera satisface su requerimiento con agua externa a la cuenca, por lo tanto, los DDA para uso minero no representan la demanda legal dentro de la cuenca. Dentro de la cuenca solo se registran 25,3 l/s de uso minero en la Quebrada Flamenco (Anexo J2, sección 1.1).

Según la tendencia del PIB sector minero en la región, éste desciende respecto a los últimos años, sin embargo, en la **Tabla 3-5**, la demanda minera quedará fija en el tiempo, generando una hipótesis conservadora sobre la brecha hídrica de la cuenca, justificada con datos de aumento de producción de cobre a nivel regional.

---

### 3.5 Demanda industrial

La demanda industrial, definida en este punto, 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 de estudio no se han levantado industrias manufactureras que no estén conectadas a la red urbana, por lo tanto, la demanda es considerada en dicho valor (Ver 3.1). En detalle, las industrias conectadas a la red urbana en las localidades presentan una demanda total de 44.594 m<sup>3</sup>/año (0,04 hm<sup>3</sup>/año), el desglose se presenta en la **Tabla 3-6**.

**Tabla 3-6 Demanda neta industrial manufacturera en la cuenca Costera e Isla Río Salado Río Copiapó (m<sup>3</sup>/año)**

Sector	Número de Clientes	Volumen Anual (Hm <sup>3</sup> /año)	Volumen 2030 (Hm <sup>3</sup> /año)	Volumen 2040 (Hm <sup>3</sup> /año)	Volumen 2050 (Hm <sup>3</sup> /año)
Caldera	20	0,04	0,04	0,03	0,02
<b>Cuenca Costera Salado-Copiapó</b>	<b>20</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>

Fuente: Elaboración propia en base datos SISS (2021)

Con esta base, datos proyectados presentan una demanda industrial del orden de los 0,04 Hm<sup>3</sup>/año para el 2030, 0,03 Hm<sup>3</sup>/año para el 2040, y 0,02 Hm<sup>3</sup>/año para el 2050. Esta información está respaldada y detallada en el anexo "F2.Demandas/MIN". No se registran DDA en la Dirección General de Aguas para uso industrial.

### 3.6 Síntesis demandas

A continuación, la **Tabla 3-7** permite resumir la demanda actual y la demanda proyectada al año 2050, presentadas anteriormente en los capítulos correspondientes.

**Tabla 3-7 Síntesis demandas según tipo, actual y proyectada**

Tipo	Demanda actual (Hm <sup>3</sup> /año)	Demanda proyectada 2050 (Hm <sup>3</sup> /año)
Uso Humano	1,83	3,20
Necesidades mínimas ambientales	N/I	N/I
Agrícola	N/A	N/A
Minera	17,91	17,91
Industrial	0,04	0,02
<b>Total</b>	<b>19,78</b>	<b>21,13</b>

N/I = no identificada; N/A = No aplica o no existe

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la **Tabla 3-8** muestra que el origen del agua en la cuenca es predominantemente externo, tanto continental (17,8%) como a partir de la desalación de agua de mar o recirculación (81,9%). Por lo tanto, la demanda actual supone un estrés hídrico 20% de agua continental.

**Tabla 3-8 Origen de la captación de agua según la demanda**

	Actual 2014-2015					Proyectado 2021-2050				
	APU	Min.	Ind.	Total	%	APU	Min.	Ind.	Total	%
Continental interna	0,00	0,00	0,04	0,04	<b>0,2</b>	0,00	0,00	0,02	0,02	<b>0,1</b>
Continental externa	1,83	1,7	0,00	3,53	<b>17,9</b>	3,20	6,11	0,00	9,31	<b>44,1</b>
Desalada o A. mar	0,00	11,80	0,00	11,8	<b>59,7</b>	0,00	11,80	0,00	11,8	<b>55,9</b>
Recirculación + Reutilización	0,00	4,4	0,00	4,4	<b>22,2</b>	0,00	4,4	0,00	0	<b>0,0</b>
<b>Total</b>	<b>1,83</b>	<b>17,91</b>	<b>0,04</b>	<b>19,78</b>		<b>3,20</b>	<b>17,91</b>	<b>0,02</b>	<b>21,11</b>	

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

Fuente: Elaboración propia en base a información SISS

---

## 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 de gestión superficial (nodos) y los sectores acuíferos, para los años hidrológicos respectivos.

En el Anexo F, sección 3 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"..

### 4.1 Agua Superficial

#### 4.1.1 Fuentes

Como se ha descrito en el apartado 2.1.2.1 Cursos de agua , en la cuenca no existe una fuente principal de agua superficial, sino que se trata de un conjunto de quebradas que desembocan en el litoral (ver **Tabla 2-2** y **Figura 2-5** de dicho apartado).

Entre las principales se cuentan: Quebrada La Leona, Quebrada Salitroso, Quebrada del Chivato, Quebrada Cuevitas, Quebrada del Potrero, Quebrada del Morado, Quebrada Pajonales, Quebrada del Chango, Quebrada del Corralillo.

Asimismo, debido a la escasa precipitación de la cuenca, esta se considera un área de extrema aridez, lo que produce que estas quebradas tengan escurrimiento esporádico asociados a eventos de precipitación extrema (alto periodo de retorno), es decir los cauces generalmente se activan dependiendo de las lluvias.

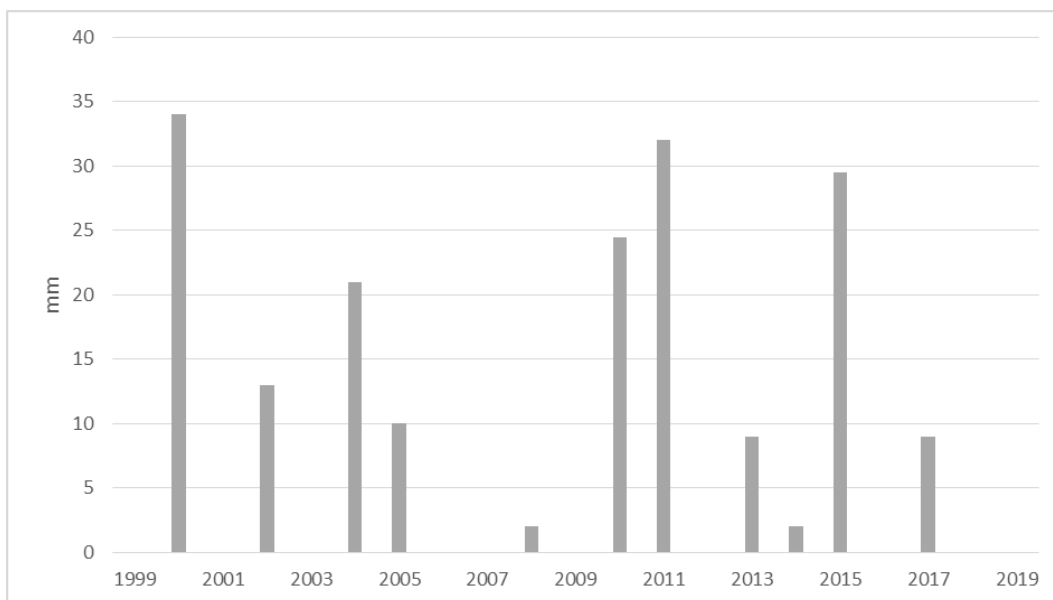
**Tabla 4-1 Unidades de Gestión superficial. Nodos de control para la presentación de la oferta de agua**

Subcuenca DARH	N.º Nodo	Nombre Nodo	Unidades Hidrológicas WEAP
0330 Costera Salado Q Flamenco	1	Costera Salado Q Flamenco	AN_01, AN_02, CL_01, CL_02, CU_01, CU_02, CU_03
0331 Q. Flamenco	2	Q. Flamenco	AN_03, AN_04, AN_05, AN_13, AN_14, CL_03, CL_04, CL_05, CL_06, CL_07, CL_08, CU_04
0332 Costera Q. Flamenco Q Morado	3	Costera Q. Flamenco Q Morado	AN_15, AN_16, CU_05, CU_06
0333 Q Morado	4	Q Morado	AN_06, AN_08, AN_17, AN_21, CL_09, CL_10, CL_11, CL_12, CL_13, CL_14
0334 Costera Q Morado Rio Copiapó	5	Costera Q Morado Rio Copiapó - Norte	AN_07, AN_09, AN_18, AN_19, CL_15, CL_16, CL_17, CU_07, CU_08, CU_09, CU_10
	6	Costera Q Morado Rio Copiapó - Sur	AN_10, AN_11, AN_12, AN_20, CU_11, CU_12, CU_13, CU_14

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se hace difícil generar una caracterización respecto a la escasez identificada, puesto que, y como se ha mencionado previamente, una de las brechas de la cuenca es la **falta de información estadística de caudales**, debido a la inexistencia de estaciones fluviométricas. De esta manera, se identificarán características según la estación disponible más cercana (Caldera).

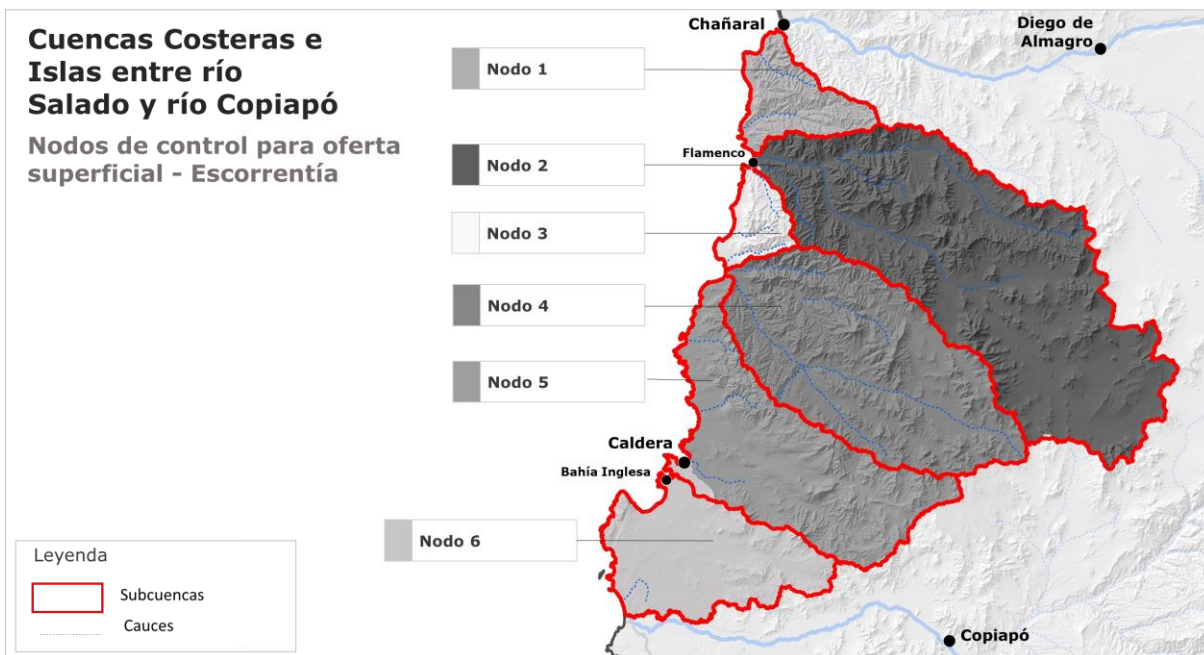
Dado estos antecedentes, las precipitaciones anuales en la localidad de Caldera son escasas. El año con mayor precipitación acumulada fue el 2000, con 34 mm. Estos datos se observan en la **Figura 4-1**.



Fuente: (DGA, 2021c)

**Figura 4-1 Precipitación anual acumulada en la estación Caldera (mm)**

En cuanto a resultados de oferta, estos se presentan según la clasificación señalada en la **Tabla 4-1**, donde, se observan las unidades de gestión superficial, denominadas nodos de control, desarrolladas en el modelo WEAP y representadas gráficamente en la **Figura 4-2**. Se debe recordar que los resultados son indicativos, y según la naturaleza de la cuenca generalmente no se encuentran disponible, ya que los cauces se activan principalmente por lluvias por no disponer de flujo base que alimente esta escorrentía.



Fuente: Elaboración propia en base a modelación

**Figura 4-2 Unidades de Gestión superficial. Nodos de control para la presentación de la oferta de agua**

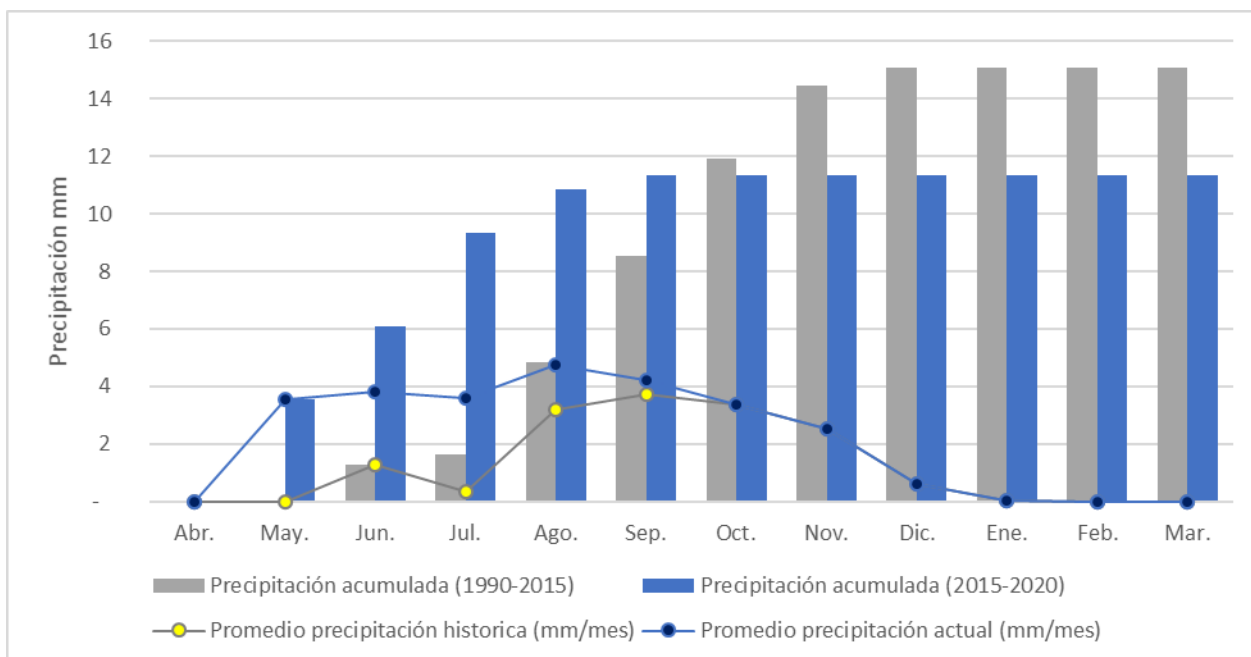
#### 4.1.2 Oferta en la fuente

Según los datos del modelo de precipitaciones seleccionado (sección 2.2.3) las precipitaciones, desde Abril de 1985 a Marzo de 2020, son determinadas como el período histórico y actual (CR2MET). Luego, el periodo que inicia en Abril del 2020 y termina en Marzo del año 2060, es determinado como período de cambio climático (MIROC).

En los siguientes apartados se presenta la oferta superficial de la cuenca río Salado, considerando datos indicativos que nos permiten conocer la naturaleza de la cuenca de forma aproximada.

##### 4.1.2.1 Oferta historia y actual

Para el **periodo histórico**, 1990-2014, la cuenca registra un promedio de precipitaciones de **15,08 mm/año**, y un **promedio actual de 11,35 mm/año** (2015-2020). La distribución anual del periodo mencionado se presenta en la **Figura 4-3**.



**Figura 4-3 Distribución anual de la precipitación a nivel de cuenca (mm/mes). Periodo Histórico 1990-2015 y actual 2015-2020.**

Se destaca que los máximos registrados son de 66 mm/año en los años hidrológicos de 1987 y 2014 (año natural 2015, mismo del frente climático que provocó el aluvión en Chañaral).

En la Tabla 4-2 se presenta la oferta natural en los nodos de control (ver **Figura 4-2**) para el periodo histórico y actual. La oferta natural coincide con la oferta intervenida, ya que las Cuencas Costeras e Islas entre el Río Salado y el Río Copiapó no presentan extracción superficial que altere la oferta natural.

**Tabla 4-2 Oferta natural superficial por nodos de control. Periodo histórico y actual (hm<sup>3</sup> promedio/periodo)**

Periodo	Cuenca	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6
1990-2014	9,86	0,01	2,58	0,08	1,84	4,07	1,28
2015-2020	8,49	0,01	3,24	0,06	1,53	2,86	0,79

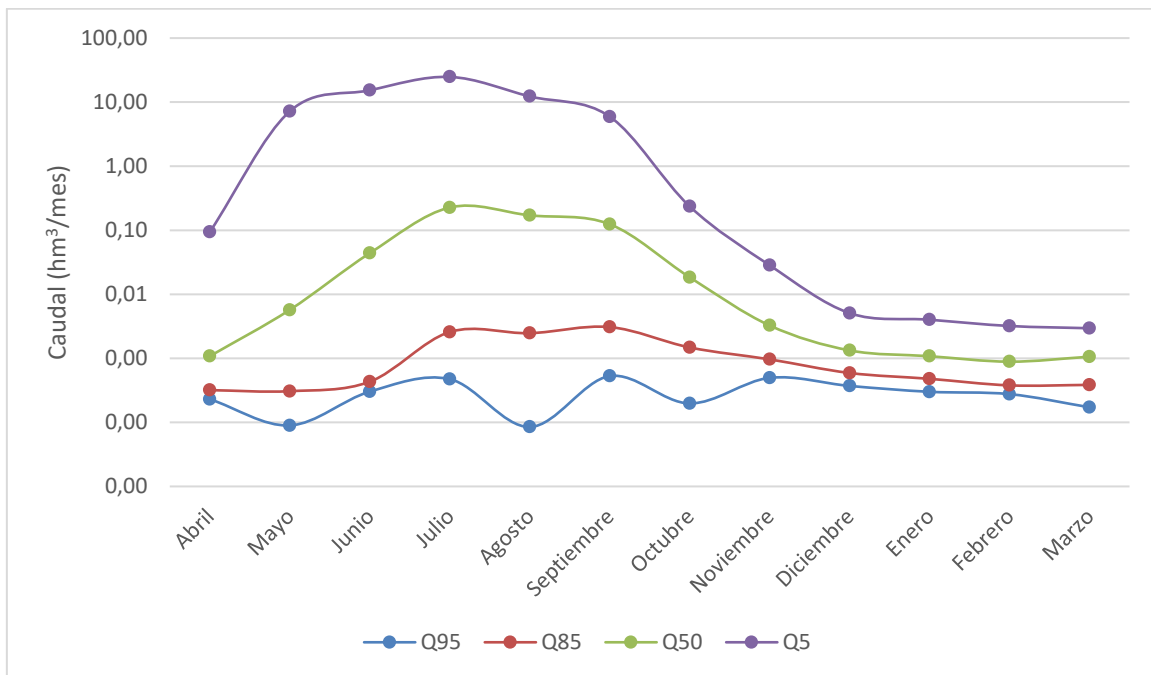
Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP. Ubicación de los nodos **Figura 4-2**

Se refleja un descenso de caudales en el periodo actual 2015-2020, debido a la disminución de las precipitaciones. En el Anexo F1 se presentan los resultados totales del análisis de la oferta. La ubicación y extensión de nodos se pueden visualizar en **Figura 4-2**, mientras que los datos utilizados se pueden consultar en Anexo F4.1 - Oferta balance.



Adicionalmente, la **Figura 4-4** 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 2).

En esta figura es posible observar los fuertes cambios de caudal en algunos meses. La distribución de los datos de caudales, presentan un aumento considerable en los meses invernales y la consiguiente disminución durante meses estivales como enero, febrero y marzo. A diferencia de caudales asociados a eventos extremos (con diferencias abruptas entre un mes y otro), la distribución en este caso tiende a ser más constante.

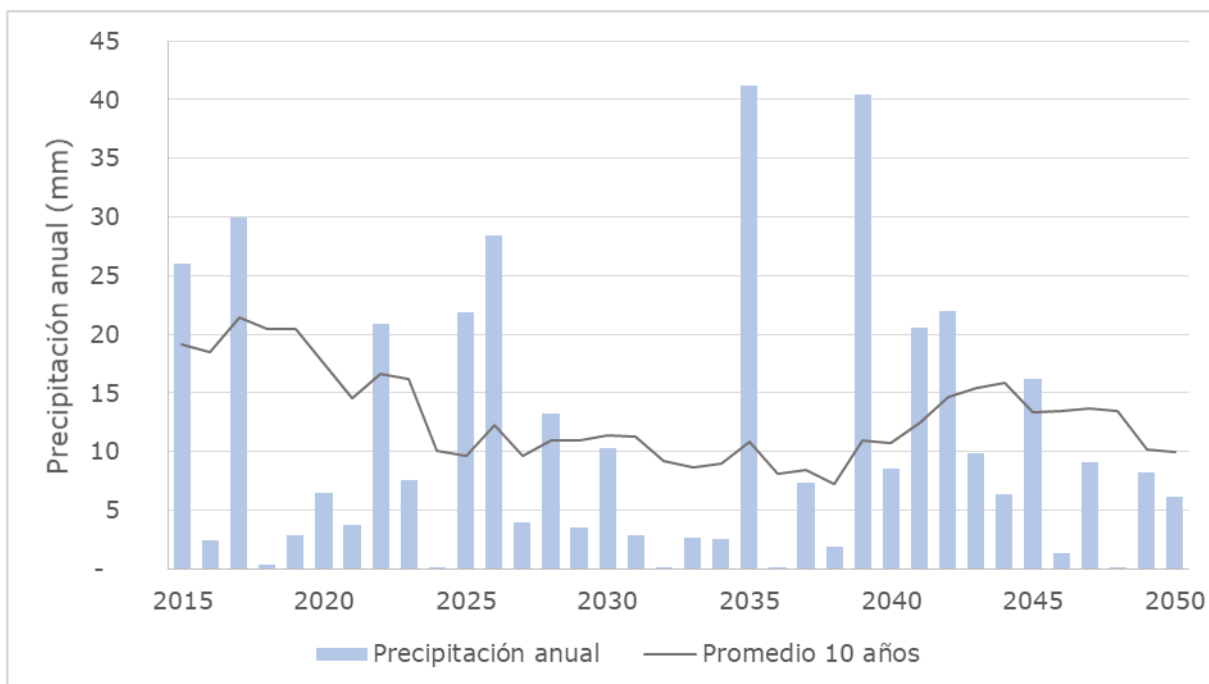


Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-4 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período histórico (1990-2014)**

#### 4.1.2.2 Oferta proyectada

Según el escenario de cambio climático elegido, MIROC (ver Anexo H, sección 3.3.2), la cuenca presenta un promedio de precipitación de **10,70 mm/año** para el periodo 2020-2050. La **Figura 4-5** da cuenta de estos resultados.



**Figura 4-5 Proyección de la precipitación (mm) en el periodo 2015-2050. Promedio móvil 10 años de la precipitación (mm)**

La tendencia de las precipitaciones marca una variación negativa de un **-32%** en las precipitaciones del periodo proyectado respecto al histórico. En la **Tabla 4-3** se presenta la información por periodos.

**Tabla 4-3 Promedio precipitación en el periodo histórico (1990-2015) periodo actual (2015-2020) y periodos proyectados (2020-2050)**

Periodo	Promedio precipitación (mm)
1990-2015	21
2015-2020	23
2020-2030	15
2030-2040	14
2040-2050	13

Fuente: Elaboración propia en base modelo CR2MET y MIROC

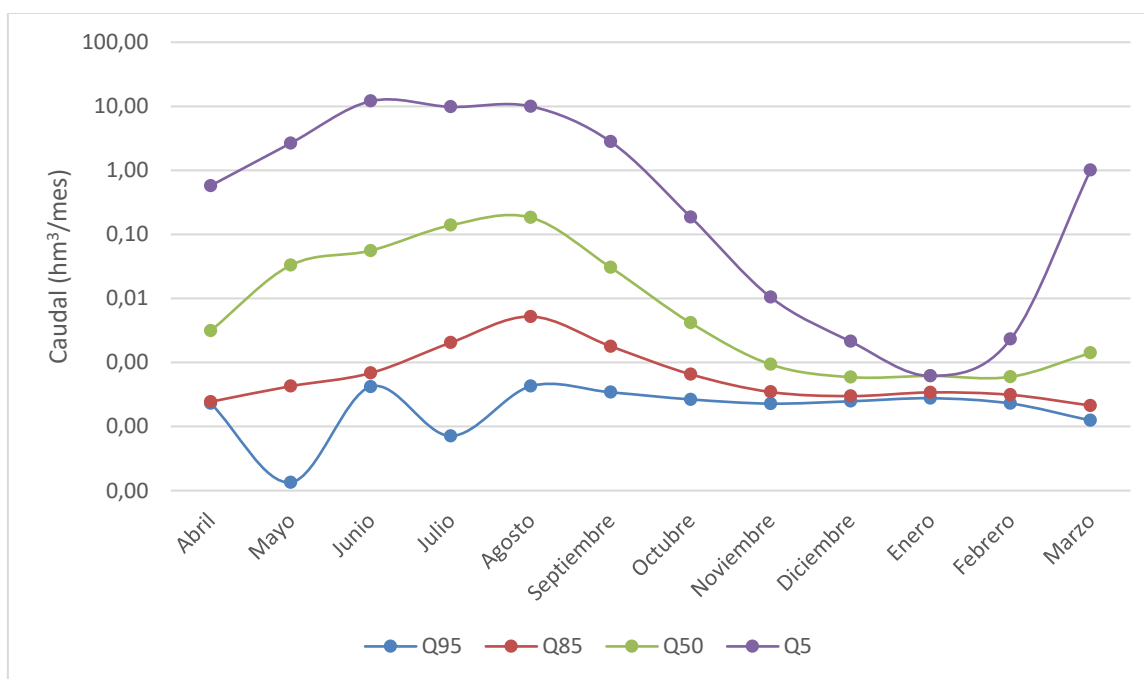
Como sumatorio de escorrentía superficial de todas las Cuencas Costeras e Islas entre el Río Salado y el Río Copiapó, se observa un descenso del **-59%** entre el periodo histórico y el proyectado (2020-2050). La **Tabla 4-4** presenta los datos por nodo de control

**superficial** (Figura 4-2). El caudal pasante que disminuyó en mayor medida fue el nodo 4 (67%) y el nodo 5 (65%).

**Tabla 4-4 Oferta de agua superficial por nodos de control. Periodo proyectado**

Periodo	Cuenca	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6
2021-2050	5,82	0,00	1,49	0,02	1,23	2,64	0,44
A 1990-14 /2021-50	59%	0%	58%	25%	67%	65%	34%
A 1990-14 /2041-50	69%	0%	46%	33%	80%	92%	56%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP. Ubicación de los nodos Figura 4-2



Fuente: Elaboración propia en base a datos modelo WEAP

**Figura 4-6 Caudal total, según probabilidad de excedencia Q5, Q50, Q85 y Q95, período proyectado (2021-2050)**

Por último, la **Fuente:** Elaboración propia en base a datos modelo WEAP

Figura 4-6 muestra la distribución del caudal proyectado para la cuenca. Tal como se observó en la **Figura 4-4** de la sección anterior, el comportamiento de los caudales tiende a ser constante, con aumentos considerables en los meses invernales y una constante disminución en meses estivales.

---

#### 4.1.3 Calidad del agua

No existen cursos de agua permanentes en la cuenca, y de la misma forma, no se identificaron mediciones de calidad de agua asociadas.

#### 4.1.4 Fuentes de contaminación

No existen cursos de agua permanentes en la cuenca, y de la misma forma, no se identificaron fuentes de contaminación.

#### 4.1.5 Derechos de aprovechamiento de aguas concedidos

Los derechos de aprovechamiento de aguas 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.

A continuación, la **Tabla 4-5** muestra el número de registros de DAA concedidos según CBR, para derechos consuntivos. Esto es, según art. 13 del DFL 1122, aquellos que facultan a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad.

**Tabla 4-5 Número de registros según CBR y categoría DAA, consuntivos, para aguas superficiales**

CBR	Derechos consuntivos	
	Ejercicio permanente	Ejercicio eventual
Caldera	3	-
Chañaral	-	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas

Así, los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales concedidos en la cuenca Costeras e islas entre río Salado y río Copiapó, sólo se encuentran en el CBR de Caldera, totalizando 3 DAA.

Para el caso de los derechos no consuntivos, esto es, según art. 14 del DFL 1122, que permiten emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho; no existen DAA asociados.

---

## 4.2 Agua subterránea

### 4.2.1 Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común

La cuenca en estudio contiene cinco sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC), que se indican en la **Tabla 4-6**. Ninguno de los 5 SHAC está dentro de las restricciones del Art 62 del Código de Aguas, es decir, actualmente no existen limitaciones para el otorgamiento de DAA. En Anexo J2, sección 2, se profundiza respecto a restricciones de usos activas en la cuenca.

**Tabla 4-6 Sectores Hidrogeológicos de aprovechamiento común**

Código SHAC	Nombre SHAC	Tipo Limitación	Superficie (km <sup>2</sup> )	AC - Modelo
SHAC-03-25-59	Caldera	Abierto	1.583,99	AC: 2,5,6,8
SHAC-03-26-60	Cerro del Obispo	Abierto	116,14	AC:12,13
SHAC-03-28-62	Quebrada Animas Viejas	Abierto	281,94	AC:3,11
SHAC-03-29-63	Quebrada del Morado	Abierto	1.435,68	AC:1,10
SHAC-03-30-64	Quebrada Flamenco	Abierto	2.185,88	AC:4,7,9

Nota: AC Modelo, Limitación de sectores acuíferos en el modelo hidrogeológico conceptual del presente estudio

Fuente: Mapoteca DGA (2021)

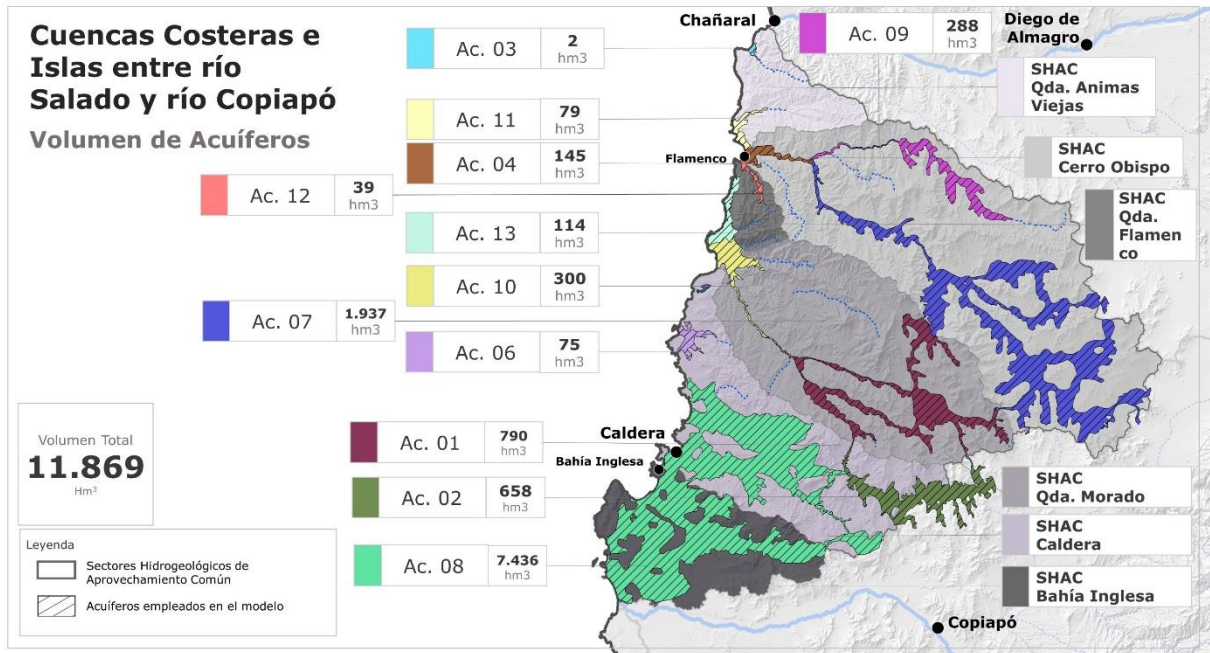
Con la información levantada en terreno, se realizó una caracterización hidrogeológica (anexo K), delimitando el territorio en 13 acuíferos según sus características hidrogeológicas. Por lo tanto, la información presentada en el este capítulo será según esta limitación. En la **Tabla 4-7** y **Figura 4-7** se presenta el volumen de los acuíferos como capacidad.

---

**Tabla 4-7 Volumen de acuíferos cuencas costeras río Salado río Copiapó**

<b>Acuífero</b>	<b>Volumen acuífero (Hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porcentaje respecto al total de la cuenca (%)</b>
AC_01	789,92	5%
AC_02	658,00	4%
AC_03	2,19	0%
AC_04	144,73	1%
AC_05	6,49	0%
AC_06	74,83	1%
AC_07	1.937,10	11%
AC_08	7.436,28	71%
AC_09	287,91	2%
AC_10	299,95	3%
AC_11	79,24	1%
AC_12	38,77	0%
AC_13	113,71	1%
<b>Total cuenca</b>	<b>11.869,14</b>	<b>100%</b>

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



**Figura 4-7 Volumen de acuíferos en la cuenca (Hm³)**

#### 4.2.2 Oferta en la fuente

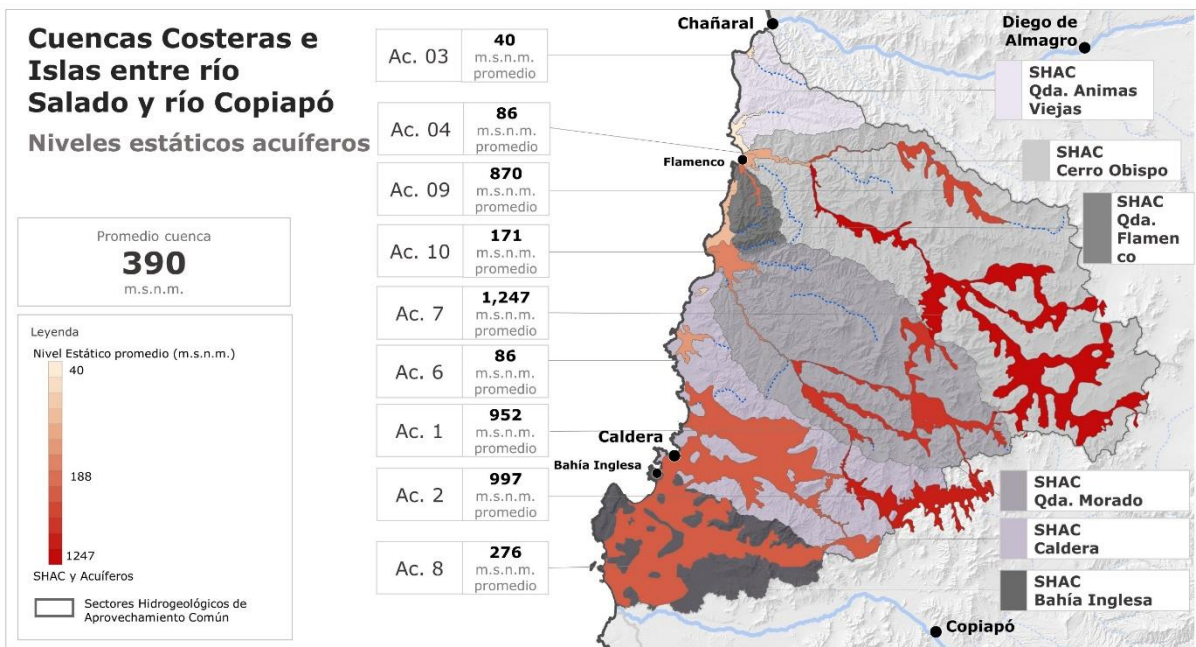
##### 4.2.2.1 Oferta actual

Se realizó un análisis de la información levantada en terreno, la cual está disponible en el Anexo K, y se calculó el volumen de agua que hay en cada uno de los acuíferos. El procedimiento para determinar la cifra es calculando la diferencia entre el nivel estático y el basamento, para luego multiplicarlo por el almacenamiento promedio del acuífero. Como resultado se obtuvo que la cuenca tiene un **Stock** igual a **8.474 Hm³**. Estos datos se visualizan en **Tabla 4-8** y en la **Figura 4-8**.

**Tabla 4-8 Stock de agua en los acuíferos**

Acuífero	Volumen de almacenamiento (Hm <sup>3</sup> /año)	Stock de agua (Hm <sup>3</sup> )	Porcentaje de Stock respecto del total de la cuenca (%)	Nivel estático m.n.s.n.
AC_01	789,92	402,59	5%	952,20
AC_02	658,00	318,94	4%	996,78
AC_03	2,19	0,50	0%	40,20
AC_04	144,73	109,20	1%	85,60
AC_05	6,49	2,47	0%	58,74
AC_06	74,83	46,84	1%	85,81
AC_07	1.937,10	957,37	11%	1.246,50
AC_08	7.436,28	5.980,56	71%	276,25
AC_09	287,91	192,28	2%	870,00
AC_10	299,95	287,91	3%	170,69
AC_11	79,24	61,70	1%	39,56
AC_12	38,77	30,79	0%	187,97
AC_13	113,71	83,08	1%	59,06
<b>Total cuenca</b>	<b>11.869,14</b>	<b>8.474,24</b>	<b>100%</b>	<b>389,95</b>

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



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

**Figura 4-8 Nivel estático de los acuíferos**



La disponibilidad se concentra principalmente en el acuífero AC08, este se ubica al sur de la cuenca, en el sector Caldera. Se presentan más detalles sobre la caracterización de los acuíferos en el Anexo K. Las características hidrogeológicas del AC07 y AC08 reflejan una recarga mayor respecto a los otros acuíferos, entre estos dos sectores se acumula el 85% de la recarga del SHAC. La recarga del SHAC de la cuenca es igual a 5.151 m<sup>3</sup>/día (1,88 hm<sup>3</sup>/año) para el periodo histórico y 3.510 m<sup>3</sup>/día (1,28 hm<sup>3</sup>/año) periodo actual (ver **Tabla 4-9**).

**Tabla 4-9 Recarga acuíferos periodo 1990-2014 /2015-2021 Hm<sup>3</sup>/año**

	AC01	AC02	AC04	AC06	AC07	AC08	AC09	AC10	AC11	AC12	AC13	Total
1990-2014	0,05	0,06	0,06	0,07	0,11	1,49	0,05	0,10	0,00	0,02	0,01	1,88
2015-2020	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	0,94	0,04	0,07	0,00	0,01	0,01	1,28

Nota: Datos resultados de las campañas TEM y gravimetría durante el año 2021. Mantienen una incertidumbre por métodos y equipos utilizados. Se consideran datos preliminares para el modelo conceptual hidrogeológico

Fuente: Elaboración propia en base a modelo hidrológico WEAP

Se destaca que estos valores corresponden a una primera aproximación considerados para el modelo conceptual hidrogeológico elaborado en el presente estudio. Dichos datos son resultados de las campañas de geofísica y que están sujetos a incertidumbres propias de los métodos y equipos utilizados. Si bien en cuanto a órdenes de magnitud estos valores son adecuados, en futuros estudios podrían variar si se contrasta estos datos con nuevas fuentes de información, como pozos de observación en los que se pueda conocer niveles estáticos, estratigrafía, y conocer valores más precisos de propiedades hidrogeológicas como el coeficiente de almacenamiento y la permeabilidad.

#### 4.2.2.2 Oferta proyectada

Los resultados proyectados para la oferta subterránea, entendiendo ésta como el stock de agua en los acuíferos, siendo influenciada su recarga por la reducción de las precipitaciones. A continuación, la **Tabla 4-10** presenta una variación de la recarga en el SHAC de -40% con respecto al periodo histórico.

**Tabla 4-10 Recarga acuíferos periodo proyectado 2021-2050 Hm<sup>3</sup>/año**

	AC01	AC02	AC04	AC06	AC07	AC08	AC09	AC10	AC11	AC12	AC13	
2021-2050	0,03	0,06	0,02	0,02	0,06	0,55	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,76
Variación (%)	76%	99%	38%	22%	57%	37%	46%	28%	23%	25%	49%	40%

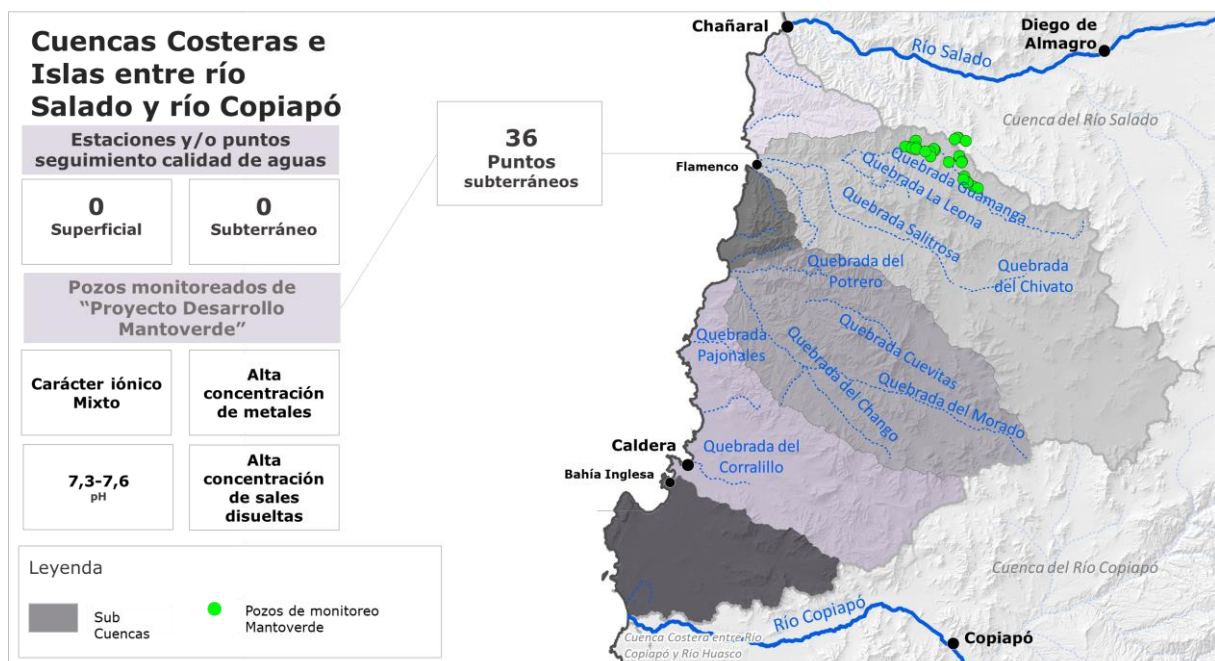
Fuente: Elaboración propia en base a modelo WEAP

### 4.2.3 Calidad del agua

Los estudios de calidad de aguas subterráneas dentro de la cuenca están asociados principalmente a las explotaciones mineras que allí se desarrollan. Uno de ellos corresponde al Estudio de Impacto Ambiental "Proyecto Desarrollo Mantoverde" de las empresas Minera Mantos Cooper y Angloamerican (SEA, 2018). Este proyecto se localiza dentro de la cuenca en estudio, en la quebrada de Guamanga, realizando campañas entre el 2013 y 2015.

Los resultados muestran que, en términos medios, las aguas de la gran mayoría de los pozos tienen un carácter iónico mixto, siendo sulfatado-clorurado sódico y clorurado-sulfatado sódico los elementos más comunes en algunas de estas campañas. Dentro de los otros parámetros, el pH torna en promedio entre los 7,3 a 7,6, siendo aguas levemente alcalinas, sin embargo, la tendencia en las mediciones de estos pozos es a la acidificación. Existe alta concentración de metales, sobre todo de hierro. También se observan altas concentraciones de sales disueltas.

Adicionalmente, se revisó el informe denominado: "Análisis y evaluación de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos costeros ubicados entre los ríos Salado y Huasco, III región de Atacama" (Dirección General de Aguas, 2010). En este documento, se realizaron mediciones en el año 2009.



Fuente: Elaboración propia en base a SEA (2018)

**Figura 4-9 Pozos monitoreados de "Proyecto Desarrollo Mantoverde"**

Las principales características muestreadas corresponden a un análisis físico, químico y bacteriológico. No existen muestras dentro de la cuenca, sin embargo, la quebrada más cercana que fue muestreada en el estudio corresponde al APR Totoral (que se encuentra fuera de la cuenca), el que dio resultados altos en Cloruros (559 mg/L Cl), Conductividad (2.662  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), Hierro (0,501 mg/L Fe), Sólidos disueltos totales (1.645 mg/L) y Sulfatos (396 mg/L SO<sub>4</sub>). En Cloruros y Sólidos disueltos, éstos exceden los parámetros, tanto en las normas que establecen el consumo de agua potable como el de riego.

#### 4.2.4 Fuentes de contaminación

Como se ha descrito previamente, existen 3 faenas mineras dentro de la cuenca: Mantoverde, Cerro Negro Norte y Planta Concentradora Adrianita. Su funcionamiento pudiese afectar o ser fuente directa de contaminación de las aguas subterráneas de la cuenca. Se pueden revisar las características de las plantas en la **Tabla 3-5** y su ubicación en la **Figura 3-1**.

Las plantas desaladoras presentes en la cuenca y caracterizadas en 2.5.3, también son posibles fuentes de contaminación directa 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 Derechos de aprovechamiento de aguas concedidos

Los derechos de aprovechamiento de aguas 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.

**Tabla 4-11 Número de registros según CBR y categoría DAA, consuntivos, para aguas subterráneas.**

CBR	Derechos consuntivos
	Ejercicio permanente
Caldera	8
Chañaral	1
<b>Total</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas

La **Tabla 4-11** muestra el número de registros de DAA concedidos según CBR, para derechos consuntivos. Esto es, según art. 13 del DFL 1122, aquellos que facultan a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad. En este caso, las aguas subterráneas sólo dan cuenta de derechos de aprovechamiento de este tipo, para ejercicios de tipo permanente.

Dicha tabla muestra que para la cuenca en estudio, existen un total de 9 derechos de aprovechamiento de agua concedidos para aguas subterráneas, según los registros de CBR para esta cuenca. La mayor parte de ellos se encuentran concentrados en Caldera.

### 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 (Tabla 4-12).

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

Etapa	Tipo	Fuente Natural	Volumen anual hm <sup>3</sup> /año	Destino	Uso	Fuente información*
Actual	Trasvase agua continental	Piedra Colgada	1,81	Caldera	Agua potable	Plan de Desarrollo Caldera
Actual	Camiones Aljibes	Piedra Colgada	0,02	Asentamientos	Agua potable	Sección 3.1
Actual	Desalación	Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde	11,8	Mantoverde	minería	RCA N°16 (2018)
Actual	Desalación + Recirculación	Planta Desaladora Cerro Negro de CAP	2,7	Cerro Negro	minería	Compañía Minera Cerro Negro (2016)
Actual	Trasvase agua continental	Piedra Colgada	1,7	Cerro Negro	minería	Compañía Minera Cerro Negro (2016)
Actual	Reutilización	PTAS Caldera	1,7	Cerro Negro	minería	Compañía Minera Cerro Negro (2016)
Total, histórica			19,73			
2021	Desalación	Agua de Mar Econssa Chile S.A.	1,50	Caldera	Agua potable	Plan de Desarrollo Caldera
Total, 2021			21,03			

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 incorporación de Agua de Mar Econssa Chile S.A al suministro de agua potable de la localidad de Caldera reduciría la producción necesaria desde los Pozos de Piedra Colgada, sin embargo, no existe aún información oficial que determine el caudal a reducir desde Piedra Colgada.

En conclusión, la oferta de **origen exterior a la cuenca** (trasvase de agua continental, desalación, reutilización o reutilización) es igual a 21,03 hm<sup>3</sup>/año, **equivalente al 98%** de la demanda consuntiva. Este porcentaje refleja lo indicado en la sección 4.1.2, se requiere de fuentes externas a la cuenca debido a su hidrología e hidrogeología. Los cauces se activan generalmente con las precipitaciones, por lo tanto, una demanda continua requiere una fuente continua de abastecimiento lo que requiere la búsqueda de fuentes de abastecimiento fuera de la cuenca. Sin embargo, a nivel hidrogeológico, existe una brecha de información actual que debe ser trabajada en estudios futuros (5.2.5.1).

#### 4.4 Síntesis oferta

A continuación, se presenta la síntesis de la oferta de agua natural de la cuenca (superficial y subterránea) y la oferta trasvasada a la cuenca de fuentes externas. La **Tabla 4-13** incluye la oferta natural, sin embargo, como se ha comentado anteriormente, las demandas resuelven su satisfacción con agua externa a la cuenca. Por lo tanto, no se puede considerar el total como agua disponible.

**Tabla 4-13 Síntesis oferta según tipo, actual y proyectada (Hm<sup>3</sup>/año)**

Tipo Oferta Hm <sup>3</sup> /año	Oferta Histórica (1990-2014)	Oferta actual (2015-2020)	Oferta proyectada (2021-2050)
<b>Oferta Interna</b>			
Oferta superficial	9,86	8,49	5,82
Oferta subterránea	1,88	1,28	0,76
<b>Subtotal Interna</b>	<b>11,74</b>	<b>9,77</b>	<b>6,58</b>
<b>Oferta Externa</b>			
Trasvases	3,53	3,53	3,53
Agua del mar*	14,5	14,5	16,0
Reutilización	1,7	1,7	1,7
<b>Subtotal Externa</b>	<b>17,73</b>	<b>17,73</b>	<b>21,23</b>
<b>Total</b>	<b>29,47</b>	<b>27,5</b>	<b>27,81</b>

\*Incluye recirculación

Fuente: Elaboración propia

## 5. BALANCE DE AGUA

La Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018) determinó una Precipitación anual, escorrentía media anual, evapotranspiración natural, evapotranspiración de riego, derretimiento de glaciares, generando un balance hídrico a nivel de cuenca, los resultados para la cuenca se presentan en la **Tabla 5-1**.

**Tabla 5-1 Comparación Balance Hídrico Nacional (mm/año)**

Balance	Precipitaciones	Q Total	ET Total	Recarga
PEGH 2020-2050	10,70	1,00	9,57	0,13
PEGH 2015-2020	11,35	1,43	13,00	0,23
PEGH 1985-2015	15,93	7,07	17,01	0,74
BHN 1985-2015	12,80	5,10	8,10	0,08
BHN 1951-1980	16,70	0,00	16,70	-
$\Delta$ PEGH-BHN mm	3,13	1,97	8,91	0,66
% PEGH con respecto a BHN	24,45%	38,63%	110,00%	825,00%

Fuente: Anexo H (DGA, 2018)

La actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2018) y la información del presente estudio (PEGH) tienen una diferencia respecto a las precipitaciones de 2,28 mm/año para, en el periodo 1985-2015. Se debe considerar la calidad de ajuste de los modelos escogidos (Anexo H, sección 3.3.2.).

La principal complejidad de esta cuenca radica en que los aportes de recursos hídricos para uso general provienen exclusivamente de trasvases, tanto para agua industrial como para agua potable. Por un lado, para suplir el consumo humano de la cuenca, el sistema Piedra Colgada - Caldera - Chañaral recibe los aportes por DDA equivalentes a: pozos de Mamoros (93 l/s) y Recinto Peaje (73 l/s); y por el otro recibe 50 l/s de aporte de Caserones por una permuta de agua (que se entrega desde la PDAM de CMP).

Complementariamente, está la producción de la PDAM de CAP, que abastece a la faena de Cerro Negro y entrega otros 100 l/s de compromiso ambiental de Caserones con el canal Malpaso; la PDAM de Mantoverde, que abastece exclusivamente a la faena del mismo nombre; la PDAM de Candelaria, con una capacidad de 300 l/s; y otra planta menor de propiedad de una empresa pesquera.

Al año 2050 se tiene considerado un aumento gradual de la demanda de agua para consumo humano, el que sería abastecido desde las fuentes externas que han funcionado hasta el momento. Sin embargo, existe una proporción no menor de la población de la cuenca que se abastece de agua mediante camiones aljibe, debido a que no son propietarios de los

---

terrenos en los que se emplazan sus viviendas. La estimación del aumento de la demanda de agua asociada a estos asentamientos tiene tres complejidades principales: en primer lugar, se trata sobre todo de segundas viviendas, con un alto grado de variabilidad en la ocupación por parte de sus propietarios; en segundo término, el consumo promedio diario de estas personas oscila entre 10 a 20 litros por día, pero si se contara con suministro permanente de agua, el consumo escalaría hasta equipararse con los estándares de ciudades cercanas, como Caldera o Chañaral; y finalmente, la disponibilidad de agua es, hoy en día, el principal factor limitante que desincentiva la residencia permanente de las personas en estos asentamientos, de manera tal que de concretarse un acceso permanente al agua, se produciría un aumento repentino de la población residente.

Desde el punto de vista de la minería, no se tiene registro de nuevas faenas al interior de la cuenca. No obstante, sí se consideran nuevas PDAM o bien el aumento de capacidad de las instalaciones existentes.

Se identificó a la provisión de agua a las localidades costeras y asentamientos irregulares de la cuenca como el aspecto principal a evaluar dentro de la cuenca. Se debe aclarar, sin embargo, que la provisión de agua ya sea en sectores urbanos o rurales, está sujeta a que se regularice en primera instancia la propiedad de la tierra, para lo cual existen mesas de trabajo y una hoja de ruta que se inició con tres localidades: Rodillo y Flamenco, dentro de esta cuenca, y Barranquilla, en la cuenca costera entre río Copiapó y Quebrada Totoral. Las alternativas evaluadas hasta el año 2050 son las siguientes:

- (A) Mantener el abastecimiento mediante camiones aljibe
- (B) Conectar las localidades a la red de abastecimiento central, lo que implica aumentar la capacidad de conducción del ducto que va de Caldera a Chañaral
- (C) Construir plantas desaladoras individuales para cada asentamiento, las que cuentan además con un estanque de almacenamiento y una red de distribución domiciliaria.
- (D) Conectar las localidades a la red de abastecimiento central, e inyectar agua desde una PDAM intermedia.

La **Tabla 5-2** presenta un balance hídrico incluyendo los trasvases y aportes de desaladoras actuales y proyectadas. La oferta total de la cuenca es el volumen anual que se encuentra disponible para la cuenca en el sentido de oferta superficial (Escorrentía) y oferta subterránea (recarga). Por otro lado, la cuenca recibe un caudal de trasvases proveniente principalmente de Piedra Colgada (Agua potable) y el Salar de Pedernales (Minería). A esta oferta en el periodo proyectado se le debe incluir la oferta de la PDAM que se le ha atribuido. Se incluye el concepto de Estrés Hídrico definido como extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles en la cuenca. Es decir:

$$\begin{aligned} \text{Estrés Hídrico} &= \frac{(\text{Demanda continental})}{\text{Oferta cotiental}} \\ &= \frac{(\text{Demanda Bruta} - \text{Agua desalada} - \text{Agua reutilizada} - \text{Agua recirculada})}{\text{Oferta de la cuenca}} \end{aligned}$$

Actualmente la cuenta tiene un estrés hídrico propio de la cuenca es 0,4% debido a que la cuenca dispone de una oferta teórica menor a su demanda (restando el AM + Trasvases). Sin embargo, si consideramos como estrés hídrico toda la oferta de origen continental, el estrés hídrico que presenta la demanda de la cuenca es de 30,5%. La proyección de este indicador se reduce a la aportación de AM.

**Tabla 5-2 Resumen de la brecha por balance hídrico (Hm<sup>3</sup>/año)**

Hm <sup>3</sup> /año	Periodo Histórico 1990-2014	Periodo Proyectado 2021-2050
<b>Demanda Consuntiva</b>	<b>19,77</b>	<b>21,13</b>
Oferta Superficial	9,86	5,82
Oferta Subterránea	1,88	0,76
<b>Oferta Total Cuenca</b>	<b>11,74</b>	<b>6,58</b>
Trasvases	29,97	27,1
Oferta continental [con Trasvases]	41,71	33,68
Agua del Mar (AM)	0	15,1
<b>Oferta Total [con Trasvases y AM]</b>	<b>41,71</b>	<b>48,78</b>
<b>Brecha [Cuenca]</b>	<b>-8,03</b>	<b>-14,55</b>
<b>Brecha [Agua Continental]</b>	<b>21,94</b>	<b>12,55</b>
<b>Brecha [Total]</b>	<b>21,94</b>	<b>27,65</b>
<b>Brecha [Actores]</b>	<b>0,20</b>	<b>1,37</b>
<b>Estrés Hídrico [Continental]</b>	<b>47%</b>	<b>12%</b>

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, la brecha hídrica se presenta en el consumo de agua potable para los asentamientos del borde costero, actualmente por el sistema de suministro (camiones aljibe) tanto en cantidad como en calidad. Si se considera el escenario de conexión de estas localidades a un sistema de agua corriente, se estima un crecimiento de la población (**Tabla 3-4**) reflejando una brecha al 2050 de 1,37 Hm<sup>3</sup>/año, que podría ser reducida con las siguientes etapas de la PDAM. La **Tabla 5-2** presenta un resumen de la brecha actual y proyectado para las cuencas costeras e isla río Salado río Copiapó.

## 5.1 Modelo de simulación

La modelación de las cuencas costeras entre Salado y Copiapó 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. Una descripción más detallada del modelo elaborado puede encontrarse en el Anexo H del presente informe.



---

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.

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". Por otra parte, dado que a lo largo de la línea litoral de la zona de estudio (en las zonas inmediatamente vecinas al mar) existe una serie de pequeñas quebradas cuyas cuencas asociadas poseen tamaños poco relevantes para los objetivos de este estudio, éstas han sido agrupadas como cauces llamados "Quebrada Imaginaria"; esto debido a que estas quebradas imaginarias no existen en la realidad, pero han sido creadas para representar unificadamente a todas aquellas pequeñas quebradas que en la realidad sí existen, pero que no se justifica su modelación individual. Los cauces incluidos corresponden a:

- Quebrada Ánimas Viejas
- Quebrada Áspera
- Quebrada Cuevitas
- Quebrada de La Brea
- Quebrada de La Higuera
- Quebrada del Chango
- Quebrada del Chivato
- Quebrada del Corralillo
- Quebrada del Morado
- Quebrada del Potrero
- Quebrada Flamenco
- Quebrada Guamanga
- Quebrada La Leona
- Quebrada La Salada
- Quebrada Leones
- Quebrada Los Infieles
- Quebrada Pajonales
- Quebrada Salitrosa
- Quebrada Sin Nombre 01
- Quebrada Sin Nombre 02
- Quebrada Sin Nombre 03
- Quebrada Sin Nombre 04
- Quebrada Sin Nombre 05
- Quebrada Sin Nombre 06
- Quebrada Imaginaria 01
- Quebrada Imaginaria 02
- Quebrada Imaginaria 03
- Quebrada Imaginaria 04
- Quebrada Imaginaria 05
- Quebrada Imaginaria 06
- Quebrada Imaginaria 07
- Quebrada Imaginaria 08
- Quebrada Imaginaria 09
- Quebrada Imaginaria 10
- Quebrada Imaginaria 11
- Quebrada Imaginaria 12
- Quebrada Imaginaria 13
- Quebrada Imaginaria 14

Adicionalmente, para la modelación de la cuenca, ésta ha sido subdividida en 52 subcuencas representadas en WEAP a través de elementos llamados **Unidad Hidrológica**, los que a su vez han sido subdivididos 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. A partir de estas forzantes meteorológicas y tomando en cuenta las características de estas 52 subcuencas superficiales representadas en elementos **Unidad Hidrológica** (como área, usos de suelo y bandas de elevación), WEAP simula los procesos hidrológicos ocurridos en la zona de estudio considerando flujos de entrada por precipitación, flujos de evapotranspiración, percolación profunda, escorrentía superficial, flujo subsuperficial y, aunque en el caso de la zona de estudio no hay participación nival, WEAP también es capaz de simular los procesos de acumulación y derretimiento de nieve y glaciares. De esta forma, WEAP modela los procesos que son propios de la hidrología natural superficial de la cuenca y también los flujos de recarga hacia los acuíferos profundos en la cuenca.

Por otra parte, desde el punto de vista de hidrogeológico de la cuenca, gracias a las campañas de gravimetría y prospecciones TEM realizadas en la cuenca de estudio, 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**, estimaciones de sus **permeabilidades y coeficientes de almacenamiento**, **niveles estáticos de la napa**, dividir el acuífero en **sectores acuíferos** y obtener estimaciones de **coeficientes de permeabilidad** que dan pie para 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 llamados elementos **Aguas Subterráneas**. En estos elementos, conforme a la modelación de los flujos superficiales realizada también en WEAP, se les ingresa el agua afluente a los sectores acuíferos 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 su dirección, que posibilitan la representación en WEAP de los flujos entre elementos **Aguas Subterráneas**, es decir, los flujos entre los recipientes que considera WEAP para cada **sector acuífero**.

Desde el punto de vista de la actividad antrópica presente en la cuenca, se consideraron en la modelación las demandas de las principales localidades, las que corresponden a: Portofino, Flamenco, Obispito, Rodillo, Pulpo, Pulpito y Caldera. En esta misma línea de modelación de la actividad antrópica, se incluye la actividad minera en la cuenca contemplando las mineras: Manto Verde y Cerro Negro Norte; respecto a ellas, se consideran las aguas utilizadas propiamente para la actividad minera, como también las utilizadas para el consumo humano de agua potable en sus instalaciones. Todas estas demandas de agua son incluidas en WEAP a través de elementos **Sitio de Demanda**, en los que se especifica la cantidad de agua demandada, la fracción de agua consumida que no vuelve al sistema hidrológico, la fuente de abastecimiento y el punto de devolución de las aguas no consumidas (en el caso de que el porcentaje de consumo sea menor a 100%).

---

Dentro de otros aspectos relevantes para la modelación hidrológica, la actividad agrícola presente en la zona de estudio es de un tamaño poco relevante como para su consideración en la modelación hidrológica de la cuenca, 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.

En la zona de estudio no hay embalses, por lo que éstos tampoco han sido necesarios de representar en la modelación.

La desalación realizada en la cuenca también es considerada y se incluyen las desaladoras de abastecimiento a la minera Manto Verde, la desaladora Bahía Totoralillo y la Planta Desalinizadora de Agua de Mar (PDAM) de Econssa Chile S.A. Estas plantas desaladoras son consideradas en WEAP a través de elementos **Otro Suministro**, en los que se especifica el caudal de agua que son capaces de suministrar (en el caso de las desaladoras sería la capacidad de producción de agua desalada) y desde los cuales los elementos **Sitio de Demanda** (como localidades o mineras) pueden extraer aguas.

Todo lo recientemente mencionado constituye los principales aspectos a considerar en el modelo hidrológico considerando los objetivos del estudio.

Por último, 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 para la calibración de éste. Los parámetros del modelo se modifican hasta lograr que la recarga en los sectores acuíferos corresponda a entre un 6% y un 9% de la precipitación en las cuencas que percolan hacia algún sector acuífero. A su vez, se cuida que la evapotranspiración real en la cuenca se comporte acorde a la evapotranspiración calculada por la DGA (2017) y que los volúmenes en los sectores acuíferos evolucionen de manera razonable, es decir, disminuyendo o manteniendo su volumen en el tiempo.

### 5.1.1 Balance de agua actual

Para el análisis de la actualización del balance hídrico de la cuenca se definieron periodos de análisis, como se presenta a continuación:

- 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 en año hidrológico (abril marzo) y la presentación de resultados según nodo de control hidrológico "nodo" (Figura 4-2), 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 con origen fuera de la cuenca.

A continuación, la **Tabla 5-3** y **Tabla 5-4** presentan los resultados del balance histórico y actual, por nodos de control.

**Tabla 5-3 Balance de Agua superficial periodo histórico (Hm<sup>3</sup>/año)**

	<b>Cuenca</b>	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Nodo 5</b>	<b>Nodo 6</b>
<b>Entradas</b>	89,65	2,98	32,47	1,79	20,77	18,13	13,51
Precipitaciones (PP)	89,65	2,98	32,47	1,79	20,77	18,13	13,51
<b>Salidas</b>	84,94	2,80	30,23	1,71	19,75	17,35	13,10
Caudal (Q)	8,58	0,01	2,58	0,08	1,84	4,07	1,28
Evapotranspiración (ETP)	61,90	2,78	27,44	1,59	17,78	12,31	11,18
Percolación	1,36	0,00	0,21	0,04	0,14	0,97	0,65
Flujo subsuperficial	4,71	0,18	2,24	0,08	1,02	0,78	0,41
Error balance	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP. Ubicación de los nodos  
Figura 4-2

**Tabla 5-4 Balance de Agua superficial periodo actual**

	<b>Cuenca</b>	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Nodo 5</b>	<b>Nodo 6</b>
<b>Entradas</b>	67,48	1,72	30,25	1,25	15,54	10,95	7,76
Precipitaciones (PP)	67,48	1,72	30,25	1,25	15,54	10,95	7,76
<b>Salidas</b>	87,11	2,47	39,59	1,58	19,79	14,20	9,48
Caudal (Q)	8,48	0,01	3,23	0,06	1,53	2,86	0,79
Evapotranspiración (ETP)	77,26	2,46	36,15	1,49	18,16	10,71	8,28
Percolación	1,37	0,00	0,20	0,03	0,10	0,63	0,40
Flujo subsuperficial	-19,63	-0,75	- 9,34	-0,33	-4,25	-3,25	-1,71
Error balance	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP. Ubicación de los nodos  
Figura 4-2

Respecto al balance resultado de la oferta existente dentro de la cuenca, los transvases de fuera de la cuenca y la oferta producto de la desalación, se compara con la demanda actual para los distintos usos (**Tabla 5-5**).

**Tabla 5-5 Balance hídrico actual en la cuenca según oferta interna y externa. Demandas de distintos usos**

Demandas		Oferta Cuenca	Oferta fuera Cuenca	Fuente oferta externa	Balance Cuenca	Balance Total
Tipo	Actual (Hm <sup>3</sup> /año)	Actual (Hm <sup>3</sup> /año)	Actual (Hm <sup>3</sup> /año)			
<b>Uso Humano</b>	<b>1,83</b>	<b>0,00</b>	<b>1,83</b>		<b>-1,83</b>	<b>0,00</b>
APU	1,81	0,00	1,81	Fuera cuenca	<b>-1,81</b>	<b>0,00</b>
Asentamientos (camiones Aljibes)	0,02	0,00	0,02	Camiones Aljibes	<b>-0,02</b>	<b>0,00</b>
<b>Necesidades mínimas ambientales</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	N/A	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Agrícola</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	N/A	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Minera</b>	<b>17,90</b>	<b>0,00</b>	<b>17,90</b>		<b>-17,90</b>	<b>0,00</b>
Manto Verde (Matos Copper)	11,80	0,00	11,80	Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde	<b>-11,80</b>	<b>0,00</b>
Cerro Negro (Cía. Min. Pacífico)	6,10	0,00	6,10	Planta Desaladora Cerro Negro de CAP	<b>-6,10</b>	<b>0,00</b>
<b>Industrial</b>	<b>0,04</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	Fuera cuenca	<b>-0,04</b>	<b>0,00</b>
<b>Total</b>	<b>19,77</b>	<b>0,00</b>	<b>19,77</b>		<b>-19,77</b>	<b>0,00</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información levantada (Punto 3)

La cuenca tiene un déficit hídrico, ya que no satisface de forma interna ninguna demanda. Sin embargo y según se indica en la **Tabla 5-5**, no se genera déficit total debido al aporte externo de la cuenca. Finalmente, la **Tabla 5-6** presenta el balance subterráneo en términos históricos, mientras que la **Tabla 5-7** muestra el balance subterráneo actual. La identificación de los acuíferos es presentada en el anexo K.

**Tabla 5-6 Balance hídrico histórico subterráneo (Hm<sup>3</sup>/año)**

	<b>Total</b>	<b>AC01</b>	<b>AC02</b>	<b>AC04</b>	<b>AC06</b>	<b>AC07</b>	<b>AC08</b>	<b>AC09</b>	<b>AC10</b>	<b>AC11</b>	<b>AC12</b>	<b>AC13</b>
<b>Entradas</b>	3,68	0,26	0,13	0,61	0,07	0,11	2,02	0,05	0,40	0,00	0,02	0,01
Recarga	2,01	0,05	0,06	0,06	0,07	0,11	1,49	0,05	0,10	0,00	0,02	0,01
Flujo	1,66	0,21	0,08	0,55	0,00	0,00	0,53	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Salidas</b>	7,24	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Flujo	7,24	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Extracciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Diferencia E-S</b>	-3,57	-0,12	-0,40	-0,17	-0,06	-0,50	-1,99	-0,11	-0,22	-0,00	-0,00	-0,00
Volumen Inicial	1,43	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	1,08	0,03	0,07	0,00	0,02	0,01
Volumen Final	5,00	0,15	0,43	0,21	0,12	0,56	3,07	0,14	0,29	0,00	0,02	0,01
Variación almacenamiento	-3,57	-0,12	-0,40	-0,17	-0,06	-0,50	-1,99	-0,11	-0,22	-0,00	-0,00	-0,00

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

**Tabla 5-7 Balance hídrico actual subterráneo (Hm<sup>3</sup>/año)**

	SHAC	AC01	AC02	AC04	AC06	AC07	AC08	AC09	AC10	AC11	AC12	AC13
<b>Entradas</b>	3,04	0,25	0,12	0,59	0,05	0,12	1,47	0,04	0,37	0,00	0,01	0,01
Recarga	1,37	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	0,94	0,04	0,07	0,00	0,01	0,01
Flujo	1,67	0,21	0,08	0,55	0,00	0,00	0,53	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Salidas</b>	7,25	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Flujo	7,25	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Extracciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Diferencia E-S</b>	-4,21	-0,13	-0,41	-0,19	-0,09	-0,48	-2,54	-0,12	-0,25	-0,00	-0,01	-0,00
Volumen Inicial	0,86	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,62	0,02	0,04	0,00	0,01	0,01
Volumen Final	5,07	0,15	0,42	0,21	0,12	0,55	3,15	0,14	0,29	0,00	0,02	0,01
Variación almacenamiento	-4,21	-0,13	-0,41	-0,19	-0,09	-0,48	-2,54	-0,12	-0,25	-0,00	-0,01	-0,00

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

### 5.1.2 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 EPT por el aumento de las temperaturas. En la **Tabla 5-8** se presentan los datos del balance superficial y la **Tabla 5-10** el balance subterráneo.

Existen nuevos proyectos de producción de oferta para agua desalada, como se ha indicado en el punto 2.5.3 Plantas desaladoras. Estos trasportaran agua a puntos de demanda dentro y fuera de la cuenca. El balance que se presenta (**Tabla 5-9**) contiene aquellas demandas dentro de la cuenca actual y proyectada y la oferta que deberían suplirlas. En el caso del aumento de la demanda para consumo humano, por la mejora de las condiciones en los asentamientos urbanos, debe ser analizada para la elección de alternativas propuestas dentro del plan.

**Tabla 5-8 Balance de Agua superficial periodo proyectado**

	<b>Cuenca</b>	<b>Nodo 1</b>	<b>Nodo 2</b>	<b>Nodo 3</b>	<b>Nodo 4</b>	<b>Nodo 5</b>	<b>Nodo 6</b>
<b>Entradas</b>	63,61	2,17	26,05	1,38	16,32	13,13	4,56
Precipitaciones (PP)	63,61	2,17	26,05	1,38	16,32	13,13	4,56
<b>Salidas</b>	63,61	2,17	26,05	1,38	16,32	13,13	4,56
Caudal (Q)	5,94	0,01	1,51	0,03	1,25	2,69	0,45
Evapotranspiración (ETP)	56,87	2,17	24,43	1,34	15,01	10,05	3,88
Percolación	0,80	0,00	0,10	0,01	0,06	0,39	0,23
Flujo subsuperficial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Error	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,00%	5,00%

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP. Ubicación de los nodos  
Figura 4-2



**Tabla 5-9 Balance hídrico proyectado (2050) en la cuenca según oferta interna y externa. Demandas de distintos usos**

Demandas		Oferta Cuenca	Oferta fuera Cuenca	Fuente oferta externa	Balance Cuenca	Balanc e Total
Tipo	2050 (Hm3/año)	2050 (Hm3/año)	2050 (Hm3/año)			
<b>Uso Humano</b>	<b>3,20</b>	<b>0,00</b>	<b>3,26</b>		<b>-3,32</b>	<b>-1,19</b>
Agua Potable Urbana (APU)	2,94	0,00	2,94	Fuera cuenca		
Asentamientos (Alternativa)	0,26	0,00	0,00			
(Proyecto desalación)		0,00	0,32	PDAM de Econssa Chile S.A (Fase 1)		
				PDAM de Econssa Chile S.A (Fase 2)		
<b>Necesidades mínimas ambientales</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	N/A	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Agrícola</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	N/A	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Minera</b>	<b>17,90</b>	<b>0,00</b>	<b>17,90</b>		<b>-17,90</b>	<b>0,00</b>
Manto Verde (Matos Copper)	11,80	0,00	11,80	Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde	-11,80	0,00
Cerro Negro (C Min. Pacífico)	6,10	0,00	6,10	Planta Desaladora Cerro Negro de CAP	-6,10	0,00
<b>Industrial</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>		<b>-0,04</b>	<b>0,00</b>
Industrias conectadas APU	0,04	0,00	0,04	Fuera cuenca	-0,04	0,00
Pesquera Bahía Caldera	0,29		0,29	Planta Desaladora Bahía Caldera		
<b>Total</b>	<b>21,43</b>	<b>0,00</b>	<b>21,01</b>		<b>-21,26</b>	<b>-0,25</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información levantada (Punto 3)

La demanda de agua potable proyectada genera una brecha hídrica que se suple parcialmente con la fase 1 del proyecto PDAM de Econssa Chile S.A, sin embargo, y según información del Plan de Desarrollo de las sanitarias, parte de ese volumen debe

ser parte de la oferta que debe sustituir de los pozos de Piedra Colgada. En este caso, la segunda, fase de la planta desalinizadora podría suplir dicha brecha. En el resto de los usos no se genera un déficit. Finalmente, en la **Tabla 5-10** se presentan los resultados del balance subterráneo.

**Tabla 5-10 Balance Subterráneo periodo proyectado (Hm<sup>3</sup>/año)**

	SHAC	AC 01	AC 02	AC 04	AC 06	AC 07	AC 08	AC 09	AC 10	AC 11	AC 12	AC 13
<b>Entradas</b>	2,46	0,25	0,13	0,57	0,02	0,06	1,08	0,02	0,33	0,00	0,01	0,01
Recarga	0,80	0,03	0,06	0,02	0,02	0,06	0,55	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01
Flujo	1,66	0,21	0,08	0,55	0,00	0,00	0,53	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Salidas</b>	7,24	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Flujo	7,24	0,38	0,53	0,78	0,13	0,60	4,01	0,15	0,62	0,00	0,02	0,01
Extracciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diferencia E-S	-4,78	-0,13	-0,40	-0,21	-0,12	-0,54	-2,93	-0,13	-0,29	-0,00	-0,02	-0,01
Volumen inicial	0,42	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,31	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Volumen final	5,20	0,15	0,42	0,22	0,12	0,57	3,24	0,14	0,30	0,00	0,02	0,01
Variación almacenamiento	-4,78	-0,13	-0,40	-0,21	-0,12	-0,54	-2,93	-0,13	-0,29	-0,00	-0,02	-0,01

Fuente: Elaboración propia en base al modelo hidrológico actual WEAP

## 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 siguiente.



**Figura 5-1 Ejes de la Planificación Estratégica**

- **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.

- 
- **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 desastres socionaturales:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en los eventos socionaturales (Eventos Extremos) 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

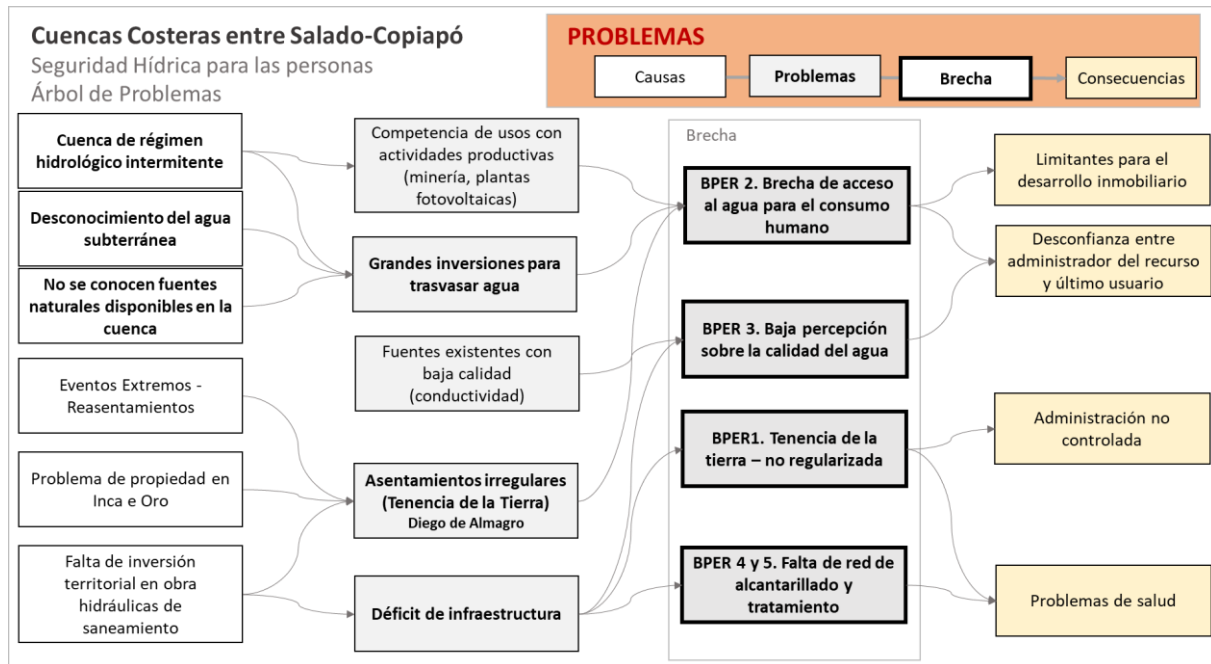
Respecto de la seguridad hídrica para las personas, el problema central identificado es la **baja accesibilidad del agua para consumo humano**, ya que, si bien existe disponibilidad a partir de trasvases que provienen de la cuenca del Copiapó, y la producción de las PDAM de ECONSSA y el aporte de Caserones, solo las personas dentro del radio urbano de Caldera y otros sectores (como Bahía Inglesa y Playa Loreto) acceden al agua en forma regular<sup>7</sup>. Sin embargo, existen a lo menos 8 sectores, ya sean costeros o interiores, que no cuentan con acceso al agua para consumo humano: Pulpo, Pulpito, Comunidades Indígenas en torno a Caldera, Rodillo, Flamenco, Obispo, Obispito

---

<sup>7</sup> Sin mencionar además a la ciudad de Chañaral, en la cuenca del río Salado.

y Portofino. La única localidad menor dentro de la cuenca que cuenta con acceso regular al agua es Puerto Viejo, antes de Chañaral.

Adicionalmente a la accesibilidad, se observa una brecha o menor **asequibilidad**, ya que la provisión de agua desde una empresa sanitaria tiene una tarifa de \$1.229 pesos/m<sup>3</sup> (más costos fijos), y mediante camiones aljibe oscila entre \$10.000 a \$13.000 pesos/m<sup>3</sup>, dificultando el acceso de la población al agua, por un tema de costo.



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

**Figura 5-2 Árbol de Problemas para la seguridad hídrica de las personas**

La problemática se grafica en la **Figura 5-2**, donde se destaca la ausencia de fuentes naturales dentro de la cuenca, la necesidad de trasvases o depuración mediante PDAM y, sobre todo, la precariedad de los asentamientos identificados, producto de la no formalización o tenencia de los terrenos que hoy ocupan. A esto se debe agregar una complejidad no menor, que es la alta variabilidad de la población que hace uso de estos asentamientos. Actualmente, corresponden principalmente a segundas viviendas que resultan de la formalización en el tiempo de un uso esporádico del borde costero en temporada estival (práctica cultural establecida en la región). El problema radica en la cantidad de viviendas establecidas, así como el grado de formalización de éstas. Una derivada de la restricción de acceso al agua potable y al saneamiento es la limitante para el establecimiento de locales de comida (restaurantes), debido a que no es posible contar con el permiso sanitario respectivo. Esta condición afecta a las localidades costeras, la

---

que si bien se asemejan a un entorno urbano (no existe producción dentro de los predios), son en sí sectores rurales con una tenencia irregular de la tierra.

Se debe considerar un elemento no menor, ya que dentro de estas localidades existen personas que originariamente eran residentes de Chañaral, o incluso Copiapó, pero que se vieron desplazados producto de los eventos aluvionales ocurridos en los años 2015 y 2017. Complementariamente, a raíz de estos eventos se redujo la oferta inmobiliaria en ambas localidades, aumentando el costo de los arriendos. Finalmente, la pandemia de COVID-19, la reducción en los niveles de ingreso de la población y también la masificación del teletrabajo e incluso educación remota, han favorecido el aumento de población permanente en los últimos años.

Finalmente, la **Tabla 5-11** define la situación deseada, la situación actual que define la brecha por cada componente para la seguridad para las personas.

**Tabla 5-11 Definición de brecha para la seguridad para las personas**

<b>Componente</b>	<b>Situación Deseada</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Definición de la Brecha</b>	<b>ID</b>
Acceso al agua por propiedad de la tierra	<b>0 %</b> de los habitantes se encuentra habitando zonas no regularizadas	<b>1.706</b> personas viven en localidades no realizados	Tenencia de la tierra no regularizada en asentamientos costeros	BPER 1
Acceso al agua para consumo humano (ODS 6.1.1)	<b>100 %</b> de los habitantes de la cuenca cuentan con acceso seguro al agua para consumo humano	<b>90,01 %</b> No se cuenta con acceso regular al agua, por lo que se accede mediante camiones aljibe	Brecha de acceso al agua para el consumo humano	BPER 2
Calidad de agua potable	Conocimiento y percepción de la Calidad de agua para consumo humano en	Desconocimiento de la calidad de agua para consumo	Baja percepción sobre la calidad del agua	BPER 3
Acceso al saneamiento (ODS 6.2.1)	<b>100 %</b> Los habitantes de la cuenca cuentan con acceso a saneamiento domiciliario	<b>83 %</b> No se cuenta con sistemas de alcantarillado ni tratamiento de aguas	Falta de redes de alcantarillado	BPER 4
Tratamiento y Reutilización de agua	<b>60 %</b> Las aguas servidas son reutilizadas dentro de la cuenca	<b>0 %</b> de las aguas servidas de la cuenca son reutilizadas	Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas y reutilización	BPER 5

Fuente: Elaboración propia

---

### **5.2.1.1 BPER 1. Tenencia de la tierra no regularizada en asentamientos costeros**

En la actualidad, la totalidad de los asentamientos costeros que se encuentran entre las ciudades de Caldera y Chañaral, no cuentan con titularidad de los terrenos en los cuales se emplazan. A esto se suman los asentamientos de Pulpo y Pulpito.

Esos emplazamientos han crecido exponencialmente en los últimos años, principalmente en número de viviendas y no así en residentes permanentes. Se trata de un proceso multicausal, ya que por un lado resulta de una estrategia normalizada en los habitantes de la región (contar con una segunda vivienda en el borde costero), y por el otro, existe una baja disponibilidad de viviendas sociales, el alto costo de los arriendos, la pérdida de viviendas en Copiapó y Chañaral producto de los eventos extremos de 2015 y 2017 (que no pueden ser habitadas nuevamente, y reemplazarlas es caro), y finalmente la pandemia, que redujo el ingreso familiar promedio de muchos grupos vulnerables, al mismo tiempo que empujó a muchas personas a vivir en localidades menos concentradas, como una medida de precaución.

Esta situación de irregularidad en la tenencia de la tierra resulta en un “vacío” administrativo y normativo, ya que al no ser propietarios, no es posible urbanizar los terrenos. En particular, esta situación incide directamente en el acceso al agua y saneamiento, siendo íntegramente abastecidos por camiones aljibe.

Esto resulta en altos costos de abastecimiento de agua (entre 8 y 13 pesos por litro), dotación por debajo de estándares internacionales (menos de 20 litros por persona al día), problemas de calidad de agua en la fuente (no existe un sistema de certificación del agua distribuida por camiones aljibe), como en los sistemas de almacenamiento de cada vivienda (por contaminación e inadecuada mantención), y en inseguridad en el abastecimiento, dado que se depende de terceros y no de una fuente fija.

### **5.2.1.2 BPER 2. Brecha de acceso al agua para el consumo humano**

El sistema de distribución de agua potable de Caldera (que incluye Bahía Inglesa y Calderilla) cuenta con tres áreas de atención, servidas a través de 3 estanques de regulación y una red de distribución que cubre el área urbana poblada (Aguas Chañar, 2017). Dada la proyección realizada por el Plan de Desarrollo Caldera – Chañaral, se tiene que, para el sistema operacional de Caldera, existe un total del 100% de población abastecida con agua potable para consumo humano.

Así, 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 determinación se presenta en la **Tabla 5-12**.



**Tabla 5-12 Síntesis de la brecha hídrica para las personas. Abastecimiento**

Localidad	Nº Personas total	Nº Abastecidas (APU)	Nº Abastecidas (otras fuentes)	Brecha (Nº)	Brecha (%)
Portofino	1.000			1.000	100,0%
Flamenco	200			200	100,0%
Obispito	70			70	100,0%
Rodillo	74			74	100,0%
Pulpo	259			259	100,0%
Pulpito	103			103	100,0%
Nueva Caldera	-	-	-	-	-
Caldera	<b>15.439</b>	<b>15.439</b>		<b>0</b>	<b>0,0%</b>
<b>Total</b>	<b>17.145</b>	<b>15.439</b>		<b>1.706</b>	<b>9,95%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Plan de Desarrollo 2017, Aguas Chañar

Con estos resultados, se tiene que actualmente, la provisión de agua potable urbana se concentra principalmente en el sistema de Caldera, que incluye a la localidad de Bahía Inglesa. Pese a que no existen brechas asociadas a esta distribución, sí es importante considerar la situación del resto de localidades, que no cuentan actualmente con sistemas de distribución de agua potable relacionado con una empresa de servicios sanitarios.

Adicionalmente, datos del censo (INE, 2017), muestran que, para la comuna de Caldera, en el sector rural, sólo el 32,6% está conectada a la red pública de agua potable, mientras que el 65,4% depende de la distribución de camiones aljibe.

En ese sentido, la **Tabla 5-13** muestra los datos 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 5-13 Brecha según dotación para consumo humano**

Localidad	Número de personas sin abastecimiento	Brecha según dotación de 50 l/hab/día (hm <sup>3</sup> /año)	Brecha según dotación de 140 l/hab/día (hm <sup>3</sup> /año)
Portofino	1.000	0,026	0,073
Flamenco	200	0,005	0,015
Obispito	70	0,002	0,005
Rodillo	74	0,002	0,005
Pulpo	259	0,007	0,019
Pulpito	103	0,003	0,008
Nueva Caldera	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1.706</b>	<b>0,044</b>	<b>0,125</b>

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

---

### 5.2.1.3 BPER 3. Baja percepción sobre la calidad del agua

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).

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, 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.

### 5.2.1.4 BPER 4. Falta de redes de alcantarillado

El sistema de recolección de Caldera posee una red de recolección de aguas servidas de 126,9 km., que cubre el 80% del área poblada de la ciudad de Caldera. El sistema, además, recibe los aportes de los sectores de Bahía Inglesa, Calderilla, Loreto y O’Higgins.

Actualmente, según las proyecciones realizadas por el Plan de Desarrollo Caldera (Aguas Chañar, 2017), existe una cobertura en la red de alcantarillado para aguas servidas de un 83,0%, equivalente a 18,474 personas. Estos antecedentes demuestran que existe una brecha asociada a falta de red de alcantarillado en el sistema operacional de Caldera, de un **total de 3.784 personas**, tal como muestra la **Tabla 5-14**.

**Tabla 5-14 Brechas en la cobertura de aguas servidas**

Unidad Territorial	N° de personas total	N° per. Cubiertas (AS)	Brecha (N°)	Brecha (%)
Caldera	22.348	18.474	3.874	17,0%

Fuente: Plan de Desarrollo Caldera, Aguas Chañar, 2017

---

### 5.2.1.5 BPER 5. Falta de infraestructura de tratamiento de aguas servidas y reutilización

Actualmente la PTAS de Caldera descarga su efluente en un sector denominado "El Bosque" de Caldera. Este efluente es utilizado para el riego de esta superficie arbolada, y parte se infiltra contribuyendo a la recarga del acuífero.

Sin embargo, existen demandas por destinar las aguas del efluente para otros usos, tanto por parte de comunidades indígenas que se emplazan en terrenos aledaños, como por parte del Municipio.

Al ser consultados, tanto la SISS como la empresa sanitaria responsable señalan tres argumentos que complejizan la reutilización de las aguas:

1. La existencia de una RCA asociada a la PTAS, la que identifica los usos posibles del efluente
2. El estándar respecto de la calidad de agua del efluente, que no es apto para su uso en riego según los umbrales definidos en la NCh 1.333
3. Restricciones para la asignación del agua a grupos de personas, siendo que el tratamiento de estas ha sido financiado por el total de los habitantes de la ciudad de Caldera.

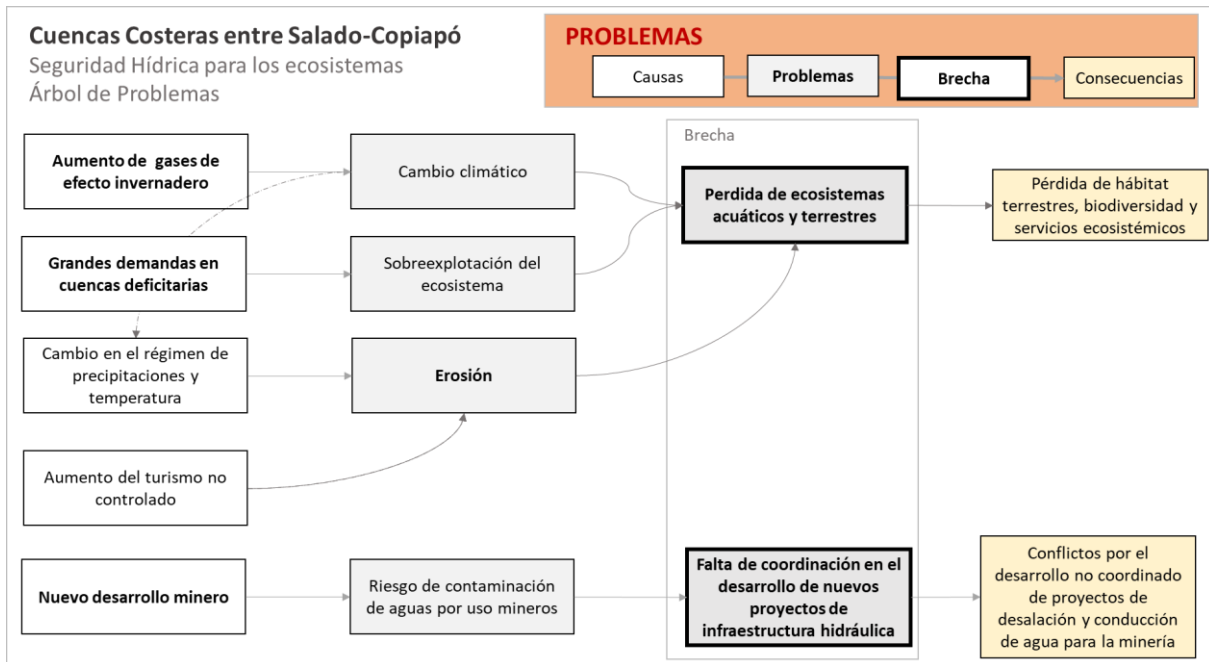
No obstante, desde el municipio de Caldera señalan que se realiza venta a privados del agua que se obtiene desde este efluente, por lo que existe un espacio para una mejor distribución del recurso.

### 5.2.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

El análisis de la cuenca concluyó que el problema central de este punto es la **pérdida y deterioro de ecosistemas marinos y terrestres**, lo que resulta en pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ecosistémicos a nivel de ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos (**Figura 5-3**).

El problema central tiene varias causas que interactúan de distintas formas, tanto dentro de la cuenca como fuera de esta. El factor principal es la demanda de agua producto de la actividad minera, principalmente de cobre, y la migración desde fuentes de agua continental hacia agua desalada. Esto ha resultado en una proliferación de proyectos de desalación en el borde costero, trasladando el conflicto original hacia esta zona.

En consecuencia, se producen conflictos producto del vacío que existe entre el ordenamiento territorial (genérico) y el proceso de evaluación de impacto ambiental (que evalúa los proyectos individualmente). Este vacío permite la coincidencia de varios proyectos dentro de un mismo territorio marino, desconociéndose las consecuencias de la descarga de salmuera en el largo plazo y aún menos las sinergias entre proyectos.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-3 Árbol de Problemas para ecosistemas**

Además del conflicto identificado en el borde costero, se reproduce un problema similar en el territorio interior, ya que se multiplican los ductos de conducción de agua desalada, junto con la infraestructura de elevación y las fuentes de energía asociadas.

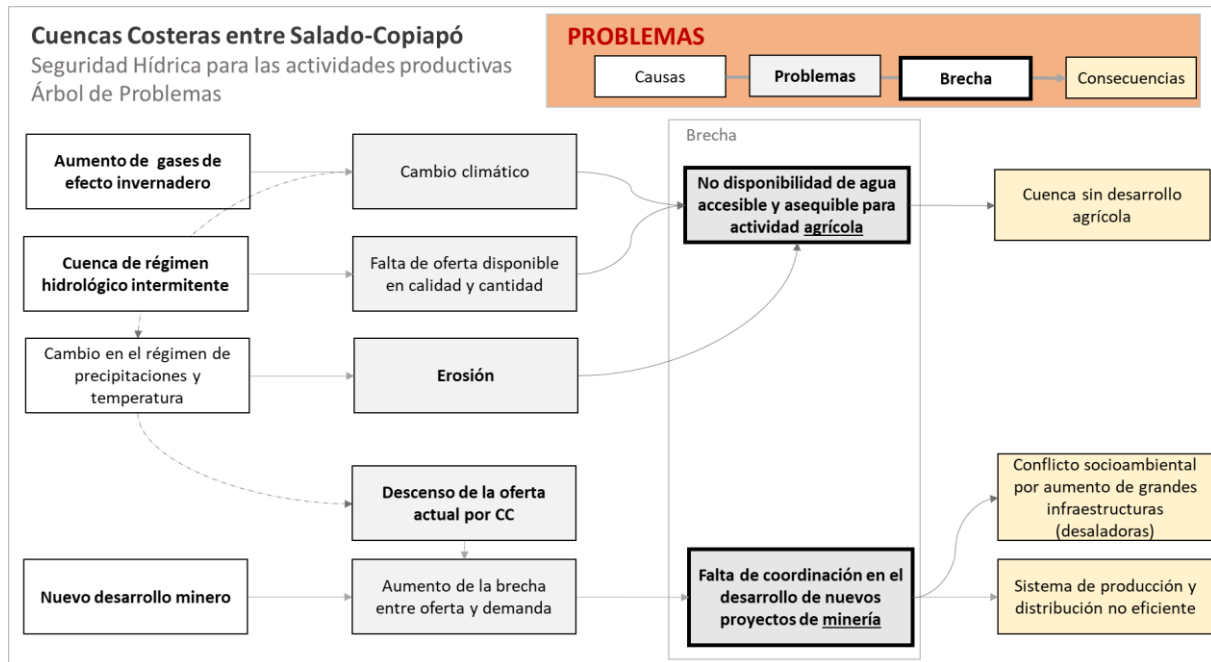
### 5.2.2.1 BECO 1. Conflictos por el desarrollo no coordinado de proyectos de desalación y conducción de agua

En los talleres de participación ciudadana se identificó 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 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

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, conflictos por el uso del territorio a distintas escalas (**Figura 5-4**).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-4 Árbol de Problemas para las actividades productivas**

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 para sus procesos, hacia el uso de agua de mar. Esto se debe principalmente a la baja disponibilidad de agua en las fuentes naturales, lo que derivó en conflictos socioambientales y la migración de fuente.

Si bien este proceso de migración 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 producción de agua 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 (línea) y de soporte energético (área), 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.

### **5.2.3.1 BPRO 1. Aumento de la infraestructura de producción y distribución no coordinada para la gran minería**

Si bien este proceso de migración, agua continental a 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 producción de agua 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 5-15** 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 5-15 Síntesis demanda y brecha actual y proyectada, según actividad minera (hm<sup>3</sup>/año)**

Faena	Demanda actual	Demanda Proyectada	Brecha Actual	Brecha Proyectada (hm <sup>3</sup> /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
<b>Total (hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>27,4</b>	<b>40,7</b>	<b>-27,1</b>	<b>-40,4</b>	

Fuente: Elaboración propia en base a información de demanda SISS

#### 5.2.4 Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales

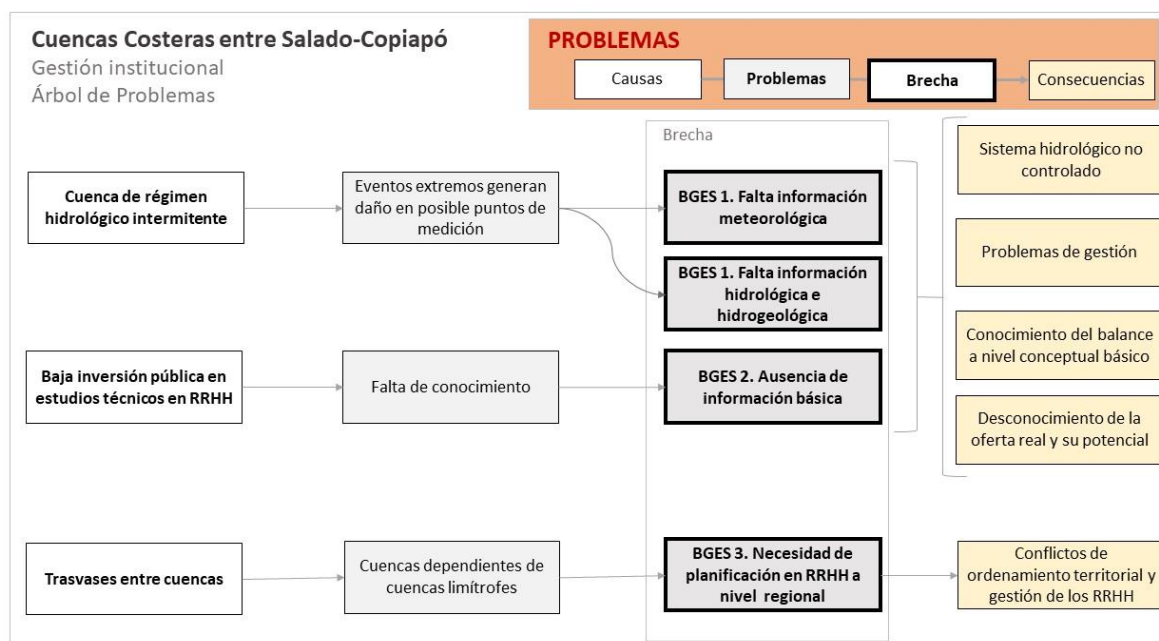
No se identificó una brecha o necesidad insatisfecha asociada a los desastres socionaturales.

#### 5.2.5 Gestión Institucional

No se identificaron cursos de agua superficial de carácter permanente en la cuenca, y se cuenta con escasos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados. En ese sentido, debido al régimen hidrológico intermitente propio de esta cuenca, uno de los grandes problemas tiene que ver con los eventos extremos de lluvias intensas que

generan daños en posibles puntos de medición, lo que ha llevado a una falta de información meteorológica, hidrológica e hidrogeológica que venga a complementar los antecedentes geofísicos levantados en este estudio, lo cual junto con la baja inversión pública en estudios técnicos genera una falta de conocimiento y una ausencia de información básica sobre la cuenca. Esta situación puede generar problemas de gestión y un desconocimiento de la oferta real y potencial de la cuenca.

Por último, los trasvases entre cuencas han llevado a una dependencia de la oferta de agua de cuencas limítrofes. Esto lleva a la necesidad de una mayor planificación en Recursos Hídricos a nivel regional, considerando las diferentes cuencas.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-5 Árbol de Problemas para Gestión Institucional**

### 5.2.5.1 BGES 1. 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 pueden ser empresas mineras como (CODELCO Salvador, 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.

#### **5.2.5.2 BGES 2. Ausencia de información básica**

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 dentro de la cuenca, entre otros aspectos relevantes.

#### **5.2.5.3 BGES 3. 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, toda vez 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**

La 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 de la cuenca en estudio, la presente brecha se define como una brecha regional.

### 5.3 Sustentabilidad

La Dirección General de Aguas realiza un análisis para conocer el estado de 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. 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, sección 2.4.).

**Tabla 5-16 Análisis preliminar de sustentabilidad de los SHAC**

Nombre SHAC	Tipo Limitación	Sup. (km <sup>2</sup> )	AC	Volumen SHAC Hm <sup>3</sup>	Recarga Hm <sup>3</sup> /año	DDA Otorgados
Caldera	Abierto	1.583,99	2,6,8	8.169,11	1,04	S/I
Cerro del Obispo	Abierto	116,14	12,13	830,78	0,06	S/I
Quebrada Animas Viejas	Abierto	281,94	11	79,24	0,00	S/I
Quebrada del Morado	Abierto	1.435,68	1,10	1.089,87	0,11	S/I
Quebrada Flamenco	Abierto	2.185,88	4,7,9	2.369,74	0,20 (6,3 l/s)	1,03 Hm <sup>3</sup> /año (32,8 l/s)

Nota: Datos resultados de las campañas TEM y gravimetría durante el año 2021. Mantienen una incertidumbre por métodos y equipos utilizados. Se consideran datos preliminares para el modelo conceptual hidrogeológico. S/I: Sin información de DDA otorgados

Fuente: Resultados Modelo Conceptual Hidrogeológico

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 necesarios para ampliar dicha información.

Considerando los resultados obtenidos de volumen de los acuíferos y recarga como datos estimativos en una primera instancia, se genera un cálculo de sustentabilidad respecto a los derechos de aprovechamiento obtenidos.

Los SHAC en general no disponen de información sobre extracciones subterráneas, solamente el SHAC de Q. Flamenco presenta 32,8 l/s, siendo esta mayor a la recarga calculada.

Para la correcta evaluación de los criterios de sustentabilidad es necesaria la construcción de un modelo integrado de aguas superficiales y subterráneas, que considere un modelo hidrogeológico distribuido y para lo cual podría ser considerado un modelo acoplado WEAP-MODFLOW. Sin embargo, para la construcción de este modelo es necesario contar también con información hidrométrica en la cuenca, con estadísticas

---

de estaciones fluviométricas en los cauces superficiales y pozos de observación de niveles estáticos (estaciones que actualmente no existen en la cuenca). Esta estadística hidrométrica debe ser lo más sistemática y continua posible, y debe abarcar una extensión temporal mínima de 5 años (idealmente 10 años o más) con estaciones estratégicamente situadas en la cuenca. A esta información hidrométrica también se le podría sumar la estimación de constantes elásticas del acuífero obtenidas en pruebas de bombeo, que podrían dar un apoyo más firme para la caracterización del acuífero en la modelación numérica subterránea (ver Anexo H, sección 2.2.10 Sustentabilidad de acuíferos).

#### **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 en la ejecución del plan y su comparación con otras cuencas limítrofes.

De esta forma se diferencian dos tipos de indicadores, de estado, impacto y de 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 si no 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 Definición de Indicadores de Estado y de Impacto**

En la Tabla 5-17 se presentan los indicadores hídricos de estado de la cuenca, que preceden a los indicadores de proceso descritos en el numeral 9.1.1

**Tabla 5-17. Definición de Indicadores de Estado**

<b>ID</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Definición</b>	<b>Metodología</b>
<b>I.1.1</b>	<b>Variación de la oferta Naturalizada</b>	%	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
<b>I.1.2</b>	<b>Volumen embalsado en SHAC</b>	%	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
<b>I.1.3</b>	<b>Variación del volumen almacenamiento SHAC</b>	%	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
<b>I.1.4</b>	<b>Brecha hídrica total</b>	hm <sup>3</sup> /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

En complemento, en la **Tabla 5-18** se presentan los indicadores de Impacto.

**Tabla 5-18. Definición de Indicadores de Impacto**

<b>ID</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Definición</b>	<b>Metodología</b>	<b>ODS</b>
<b>2</b>	<b>Seguridad Hídrica para las Personas</b>				
I.2.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos	%	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
I.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
I.2.3	Brecha hídrica para consumo humano	hm <sup>3</sup> /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
<b>3</b>	<b>Seguridad Hídrica para los Ecosistemas</b>				
I.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
I.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

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
I.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	<a href="https://snia.mop.gob.cl/observatorio/">https://snia.mop.gob.cl/observatorio/</a>	ODS 6, Meta 6.3.2
I.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.  <a href="https://map.sdg661.app/">https://map.sdg661.app/</a>	ODS 6, Meta 6.6.1
I.3.5	Superficie vegetacional no degradada en proporción a la superficie total	%	Variación de la superficie vegetacional no degradada en 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
I.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
<b>4</b>	<b>Seguridad de agua para las actividades productivas</b>				
I.4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m <sup>3</sup>	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

ID	Indicador	Unidad	Definición	Metodología	ODS
I.4.2	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m <sup>3</sup>	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
I.4.3	Cambio en el uso eficiente en la actividad minera	Ton/m <sup>3</sup>	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
	Brecha hídrica para Actividad Minera	hm <sup>3</sup> /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
<b>Gestión Institucional y gobernanza</b>					
I.6.1	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 <sup>3</sup> /año) consuntivo y superficial destinado a cuencas sin juntas de vigilancia, dividido entre el consumo total de agua en la cuenca	N/A
I.6.2	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 <sup>3</sup> /año) consuntivo destinado a sectores sin Comunidades de Aguas Subterráneas, dividido entre el consumo total de agua subterránea en la cuenca	N/A
I.6.3	Gestión Integrada de Recursos Hídricos	Adimensional		Grado de Gestión Integrada de Recursos Hídricos	OSD 6.5.1

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

Fuente: Elaboración propia

---

### 5.4.2 Cuantificación de indicadores de Estado

Una vez definidos los indicadores, se presentan los valores actuales de los indicadores de impacto y los proyectados.

**Tabla 5-19. Definición de Indicadores de Estado**

Indicador		Volumen anual (hm <sup>3</sup> /año)			Variación (%)	
		Periodo histórico	Periodo actual	Periodo Proyectado	Actual	Proyectada
I.1.1	Variación de la oferta Naturalizada	9,86	8,49	5,82	-14%	-41%
I.1.2	Volumen embalsado en SHAC	8.474	8.428	8316	<1%	-13,7%
I.1.3	Variación del volumen almacenamiento SHAC	-3,57	-4,24	-4,78	-19%	-34%
I.1.4	Brecha Total	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

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

Fuente: Elaboración propia según puntos 4.1.2 y 4.2.2

Se espera mantener y aumentar el volumen almacenado en los acuíferos, asegurando así la sustentabilidad de estos.

### 5.4.3 Cuantificación de indicadores de Impacto

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 5-20** presenta este análisis.



**Tabla 5-20 Determinación de Indicadores de Impacto**

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
<b>Seguridad Hídrica para las Personas</b>						
2.1	Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de <b>agua potable</b> gestionados sin riesgos	%	<b>85,5%</b>	<b>100%</b>	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 <b>servicios de saneamiento</b> gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón	%	<b>80,7%</b>	<b>100%</b>	10	Se espera reducir la brecha de saneamiento a la mitad en el largo plazo
2.3	<b>Brecha</b> hídrica para consumo humano	hm <sup>3</sup> /año	<b>0,02 (dotación actual) 0,30 (dotación proyectada con SSR)</b>	<b>0,00</b>	10	Se espera reducir la brecha de consumo humano a cero en el corto plazo
<b>Seguridad Hídrica para los ecosistemas</b>						
3.1	Nivel de Estrés Hídrico	%	<b>30%</b>	<b>0%</b>	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	%	<b>55,03%</b>	<b>100</b>	30	Se espera gestionar el 100% incluyendo la red de saneamiento en asentamientos del borde costero

ID	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Años	Observaciones
3.3	Proporción de masas de agua de buena calidad	%			Cumple	Se espera contar con la totalidad de las masas de agua de la cuenca en buena calidad (> 80%). Indicador de cumplimiento
3.4	Cambio en los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo	%	<b>4% (aguas permanentes) 483% (aguas estacionales)</b>	<b>4% (aguas permanentes) 483% (aguas estacionales)</b>	-	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	%	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	N/A	N/A
3.6	Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total	%	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	N/A	N/A
3.7	Brecha hídrica para los ecosistemas acuáticos	hm <sup>3</sup> /año	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	N/A	N/A
<b>Seguridad hídrica para las actividades productivas</b>						
4.1	Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo	USD/m <sup>3</sup>	<b>8,41</b>	<b>&lt;8,41</b>	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	%	<b>246,96</b>	<b>&lt;246,96</b>	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	%	<b>22,2</b>	<b>50</b>	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 <sup>3</sup> /año	<b>1,07</b>	<b>0,00</b>	30	Se espera que para el año 2050 se reduzca a cero la brecha de agua para las actividades productivas
<b>Gestión institucional y gobernanza</b>						
5.1	Grado de Implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos	adimensional			10	La meta de la cuenca es disponer de un órgano de administración de recurso hídrico a nivel regional (ver propuesta de gobernanza)
5.2	Proporción de agua gestionada por Juntas de Vigilancia registradas por la DGA	%	N/A	N/A	N/A	N/A
5.3	Proporción de agua subterránea gestionada por Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS)	%	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

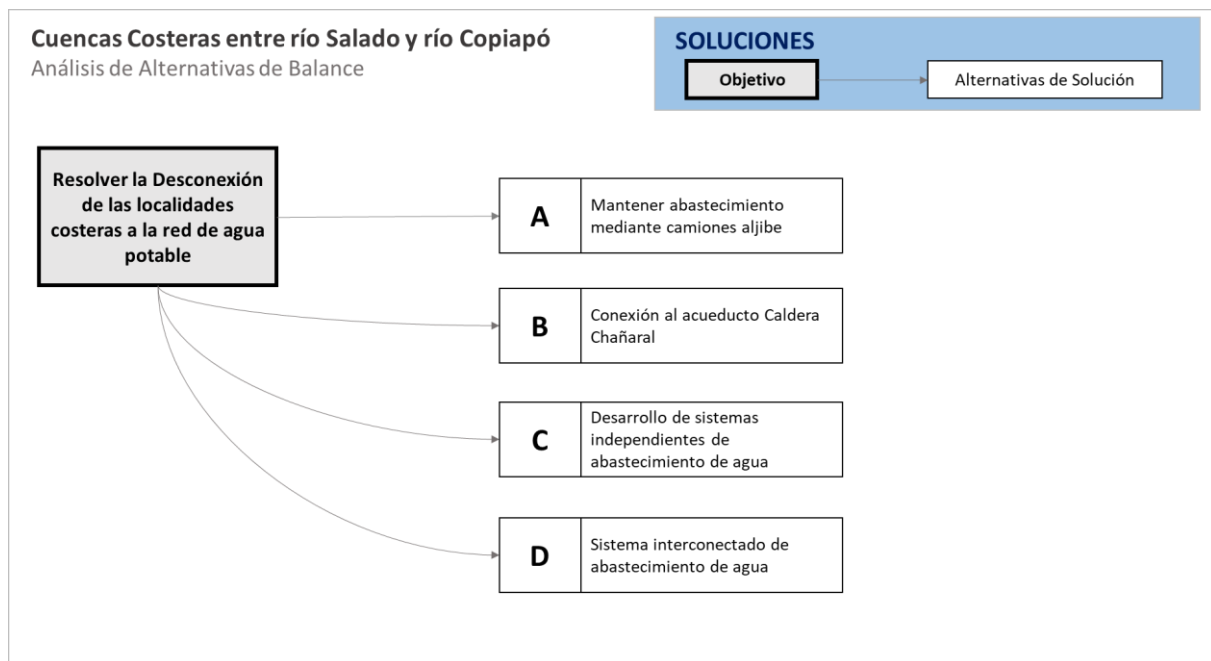
## 5.5 Análisis de sensibilidad

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 Evaluación económica de alternativas

#### 5.5.1.1 Evaluación de alternativas

Se realizó un análisis económico de las cuatro alternativas propuestas inicialmente, las que se describen a continuación (**Figura 5-6**).



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

**Figura 5-6 Alternativas de solución para la desconexión de las localidades costeras a la red de agua potable**

Como antecedente a la evaluación de alternativas, se definió un crecimiento potencial de la población para cada una de las localidades costeras, bajo el supuesto de que se elimina la restricción en el acceso al agua para consumo humano. Según manifestaron los mismos actores, este factor -y no así el acceso a la energía eléctrica- es el que desalienta el poblamiento de cada sector, por lo que se entiende que una vez resuelto, el número de habitantes permanentes aumentará drásticamente.

En consecuencia, se realizó una proyección de la población para un período de 10 años, bajo el supuesto de que en el año 1 se dispone del agua para consumo humano, sin restricciones (**Tabla 5-21**). Se asumió que el crecimiento poblacional era uniforme dentro del período entre el año 1 y el año 10 del horizonte de evaluación, y que se mantiene constante hasta el año 30. El aumento de la población se realizó sobre la base de las entrevistas realizadas en terreno, ya que no existen fuentes formales al respecto. Se supusieron pérdidas de un 30% en la distribución del agua.

**Tabla 5-21. Proyección de población permanente y demanda de agua empleada en el análisis de alternativas**

Localidad	Año 1		Año 11 al 30 (fijo)	
	Población permanente	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)	Población permanente	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)
Portofino	1.000	73.000	1.500	109.500
Flamenco	200	14.600	500	36.500
Obispito	70	5.110	250	18.250
Rodillo	74	5.402	250	18.250
Pulpo	259	18.907	750	54.750
Pulpito	103	7.519	300	21.900
<b>Total</b>	<b>1.706</b>	<b>124.538</b>	<b>16.500</b>	<b>259.150</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-22. Proyección de población estacional y demanda de agua empleada en el análisis de alternativas**

Localidad	Año 1		Años 11 al 30 (fijo)	
	Población estacional	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)	Población estacional	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)
Portofino	1.000	12.000	3.000	36.000
Flamenco	1.000	12.000	2.000	24.000
Obispito	500	6.000	1.000	12.000
Rodillo	500	6.000	1.000	12.000
Pulpo	2.000	24.000	6.000	72.000
Pulpito	2.000	24.000	6.000	72.000
<b>Total</b>	<b>7.000</b>	<b>84.000</b>	<b>19.000</b>	<b>228.000</b>

Fuente: elaboración propia

En complemento, la **Tabla 5-22** presenta la población estacional estimada en cada localidad a partir de las entrevistas realizadas a los pobladores del borde costero. La estadía promedio (60 días al año), y las tasas de crecimiento fueron estimadas a partir de estas entrevistas, ya que no existen fuentes formales. Se supusieron pérdidas de un 30% en la distribución de agua.

---

Para el análisis, se estimó un consumo en régimen de 140 litros por persona al día, se consideró una alternativa sin subsidio estatal a la inversión (CAPEX) y otra con un subsidio del 50 y 100%. En el Anexo J, Plan Estratégico, se presentan las memorias de cálculo de estas evaluaciones.

A continuación, se presenta la evaluación económica de cada una de las cuatro alternativas de solución antes descritas.

#### **5.5.1.1.1 Alternativa A: Mantener el abastecimiento mediante camiones aljibe**

Esta iniciativa consiste en mantener el sistema actual de abastecimiento individual de las localidades mediante camiones aljibe. Este sistema tiene la ventaja de ser rápidamente activable, y su oferta se ajusta a la demanda del mercado. El costo del agua oscila entre \$8 pesos/L (para sectores con subsidio municipal), hasta \$13 pesos/L para venta privada en sectores más alejados. Las principales limitantes observadas son las siguientes:

- El costo del agua, ya que oscila entre \$8.000 y \$13.000 pesos/m<sup>3</sup>, que es hasta 10 veces superior al que pagan los usuarios residenciales (\$1.229 pesos/m<sup>3</sup>) (Minuta Reunión Terreno, Barquitos, Obispitos).
- Existen restricciones al volumen de agua transportado y almacenado por los usuarios, lo que limita la calidad de vida de las personas.
- No existe seguridad en el abastecimiento, ya que fallas en un vehículo pueden resultar en problemas de oferta.
- Existen problemas de calidad de agua, ya que no existe certificación de las fuentes ni condiciones adecuadas de almacenamiento.

Para el análisis, se realizó una evaluación del costo de abastecimiento referencial de agua a un precio establecido de \$12 pesos/L, o \$12.000 pesos/m<sup>3</sup>. En este caso, no se requiere inversión en infraestructura, ya que todos los posibles costos asociados a la compra de camiones, así como su operación, mantención y adquisición del agua están incluidos dentro del valor de venta del agua.

La **Tabla 5-23** presenta los resultados de la evaluación económica realizada y el costo del agua resultante. En este caso, dado que se trata solo de costos de operación, el costo del agua de largo plazo no es sensible a las tasas de descuento aplicadas, ni a la dotación. Sin embargo, claramente no es factible alcanzar un escenario de proveer 140 litros por persona al día mediante camiones aljibe, ya que esto requeriría un flujo de 84 viajes diarios, sin contar con los problemas existentes en los puntos de carga de agua, la capacidad de almacenamiento individual y la de saneamiento. Esta alternativa no es viable desde el punto de vista logístico. No se aplicó ningún tipo de subsidio estatal, ya que no se cuenta con partidas de inversión.

**Tabla 5-23. Costo del agua para la Alternativa A. Camiones Aljibe**

Ítem (partidas evaluadas a 30 años)	Dotación (litros/persona/día)		
	20	50	140
Costo de inversión (Millones de pesos)	0	0	0
Costo de Operación Total (Millones de pesos)	15.699	39.246	109.980
Costo de Operación Promedio (Millones de pesos / año)	523	1.308	3.663
Total de agua aportada en 30 años (hm <sup>3</sup> )	1,308	3,270	9,157
<b>Costo del agua (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.1.1.2 Alternativa B: Conexión al acueducto Caldera Chañaral

Una de las soluciones que surge como la más evidente al problema de abastecimiento de las localidades costeras y asentamientos es su conexión a la matriz que recorre 90 km entre Caldera y Chañaral. Sin embargo, existen dos limitantes al respecto.

La primera es que la mayoría, si no casi la totalidad de los sectores habitados, no son propietarios de los terrenos, por lo cual no es posible realizar inversión pública en urbanizaciones. Existen tres procesos (Rodillo, Flamenco y Barranquilla), que permitirían avanzar en un desarrollo de tipo rural, constituyendo Servicios Sanitarios Rurales de la mano de la Dirección de Obras Hidráulicas. La segunda limitante es que esta conducción no es capaz de transportar el agua requerida por la localidad de Chañaral y esta nueva demanda de localidades costeras, al mismo tiempo. En consecuencia, se requiere cambiar la matriz en toda su extensión, con el consecuente costo de inversión asociado.

En esta alternativa se evaluará la posibilidad de conexión a la matriz principal, considerando la ampliación del ducto principal. El análisis consideró los siguientes costos de inversión:

- **Reemplazo del ducto Caldera Chañaral.** Tiene una extensión de 90 km (aproximadamente), y se consideró un costo de \$600 millones de pesos por cada km lineal de conducción. En consecuencia, el costo total es de \$54.000 millones de pesos. A este costo se incluyó el financiamiento a 20 años, con una tasa de referencia de un 3%. El resultado del proyecto financiado es de \$97.530 millones de pesos.
- **Conexión de localidades al ducto principal y red de distribución interna.** Se evaluó solo la puesta del agua en una tubería matriz, sin considerar costo de distribución interna ni de alcantarillado.

Además, se consideraron los siguientes costos de operación:

- **Producción de agua potable.** Dado que se trata de agua potable abastecida desde la PTAP de Caldera (y sus redes), se supuso un costo de producción de \$1.440 pesos/m<sup>3</sup> de agua, el cual se evaluó en función del volumen consumido anualmente.

- **Impulsión:** se incorporó un costo de impulsión similar al costo de producción (\$1.440 pesos/m<sup>3</sup> de agua). Este costo corresponde al esfuerzo de transportar el agua desde la PDAM hasta el punto de entrega.
- **Saneamiento de agua.** No se consideró el costo de saneamiento del agua provista dentro del análisis.
- **Pérdidas de agua.** Se consideró un 30% de pérdidas de agua en el sistema de conducción, por lo que la producción de agua es superior al agua efectivamente facturada.

La **Tabla 5-24** presenta los resultados de la evaluación económica realizada y el costo del agua resultante. En el Anexo J, Plan Estratégico, se presentan las memorias de cálculo de estas evaluaciones.

**Tabla 5-24. Costo del agua para la Alternativa B. Conexión a ducto entre Caldera Chañaral**

Ítem (partidas evaluadas a 30 años)	Subsidio a la inversión		
	0%	50%	100%
Costo de inversión (Millones de pesos)	97.530	48.765	0
Costo de Operación Total (Millones de pesos)	37.677	37.677	37.677
Costo de Operación Promedio (Millones de pesos / año)	1.256	1.256	1.256
<b>Costo del agua (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>19.440</b>	<b>11.777</b>	<b>4.114</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis muestra que, en el largo plazo, el costo total del agua sin subsidio es superior al observado con los camiones aljibe, con dos diferencias principales: en el caso de los camiones aljibe, el costo se traspasa completamente a los usuarios, mientras que, en el caso de una solución pública, parte del costo de inversión puede ser asumido por el Estado (por ejemplo, la construcción de las redes de distribución el costo se reduce a \$4.114/m<sup>3</sup> de agua). En este caso, al incluir un 50% de subsidio a la inversión, el costo del agua es levemente inferior a los camiones aljibe, y al asumir la totalidad de la inversión como obra pública, se reduce a niveles urbanos.

Adicionalmente, la conexión a un sistema de agua potable asegura un abastecimiento en cantidad, calidad y continuidad (oportunidad), que los camiones aljibe no son capaces de ofertar.

#### 5.5.1.1.3 Alternativa C: Sistemas independientes de abastecimiento de agua

Otra alternativa mencionada por los usuarios en las distintas actividades fue la construcción de sistemas independientes para cada localidad, conformados por plantas desaladoras



individuales, las que cuentan además con un estanque de almacenamiento y una red de distribución domiciliaria. Al contar con un estanque, se permite el abastecimiento multi fuente, es decir, que es posible complementar el agua con otra proveniente de camiones aljibe, por ejemplo, para el caso de que se opere por sobre la capacidad de la planta o bien se requiera realizar mantenciones.

El análisis consideró los siguientes costos de inversión:

- **Construcción de plantas desaladoras.** Se realizó un cálculo del costo estimado de las PDAM necesarias para cada localidad, a partir del consumo medio bruto en m<sup>3</sup> al día, incorporando un 30% de pérdidas y una demanda de 140 litros por persona al día. A partir de referencias bibliográficas, se estimó un costo de \$3.000.000 / (m<sup>3</sup>/día) instalado. Con esta referencia, el costo total de las PDAM es de 4.620 millones de pesos. La memoria de cálculo se presenta en el Anexo J, Plan de Gestión.

**Tabla 5-25. Dimensionamiento de los sistemas independientes de desalación**

Localidad	Consumo población permanente año 2050 (m <sup>3</sup> /día)	Consumo Población estacional año 2050 (m <sup>3</sup> /día)	Demanda Máxima diaria año 2050 (m <sup>3</sup> /día)	Costo de la PDAM (Millones de \$)
Portofino	300	600	900	2.700
Flamenco	100	400	500	1.500
Obispito	50	200	250	750
Rodillo	50	200	250	750
Pulpo	150	1.200	1.350	4.050
Pulpito	60	1.200	1.260	3.780
<b>Total</b>	<b>710</b>	<b>3.800</b>	<b>4.510</b>	<b>13.530</b>

Fuente: elaboración propia

- **Construcción de estanque de almacenamiento.** Se consideraron 6 estanques con una capacidad de almacenamiento de tres días de operación, equivalentes a 1.000 m<sup>3</sup>. Estos estanques deben ser instalados en un lugar elevado, que permita asegurar un servicio regular y con presión para los usuarios del sistema. El costo se supuso en \$200 millones de pesos por estanque.
- **Conexión de localidades y red de distribución interna.** Se evaluó solo la puesta del agua en una tubería matriz, sin considerar costo de distribución interna ni de alcantarillado.

Además, se consideraron los siguientes costos de operación:

- **Producción de agua potable.** Dado que se trata de agua potable abastecida desde la PTAP de Caldera (y sus redes), se supuso un costo de producción de \$1.440 pesos/m<sup>3</sup> de agua, el cual se evaluó en función del volumen consumido anualmente.
- **Impulsión:** se incorporó un costo de impulsión equivalente a un 10% al costo de producción (\$144 pesos/m<sup>3</sup> de agua). Este costo corresponde al esfuerzo de transportar el agua desde la PDAM hasta el punto de entrega.
- **Saneamiento de agua.** No se consideró el costo de saneamiento del agua provista dentro del análisis.
- **Pérdidas de agua.** Se consideró un 20% de pérdidas de agua en el sistema de conducción, por lo que la producción de agua es superior al agua efectivamente facturada.

La **Tabla 5-26** presenta los resultados de la evaluación económica realizada y el costo del agua resultante.

**Tabla 5-26. Costo del agua para la Alternativa C. Sistemas independientes**

Ítem (partidas evaluadas a 30 años)	Subsidio a la inversión		
	0%	50%	100%
Costo de inversión (Millones de pesos)	14.730	7.365	0
Costo de Operación Total (Millones de pesos)	45.315	45.315	45.315
Costo de Operación Promedio (Millones de pesos / año)	1.511	1.511	1.511
<b>Costo del agua (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>9.215</b>	<b>7.044</b>	<b>4.873</b>

Fuente: Elaboración propia

En el análisis se debe incorporar el alto costo operacional de esta alternativa, superior al costo de inversión. Esto se debe al supuesto establecido sobre el factor de planta de las PDAM (75%), y la necesidad de compensar mediante el uso de camiones aljibe. Con todo, y sin subsidio a la inversión, el costo de la alternativa mejora al uso de camiones aljibe; y en un escenario de subsidio del 100%, el costo llega a \$4.873 \$/m<sup>3</sup>. Si el factor de planta se eleva, por ejemplo, al 90%, el costo del agua baja a \$3.073 \$/m<sup>3</sup>.

#### 5.5.1.1.4 Alternativa D: Sistema interconectado de abastecimiento de agua

Una alternativa a los sistemas independientes son los sistemas interconectados, donde una o más PDAM inyectan agua a lo largo del ducto ya existente, compensando el agua extraída, pero sin superar la capacidad de transporte de la infraestructura existente. De esta forma, no se hace necesaria la inversión en la reposición de este ducto, que es extremadamente

alta en relación con los costos de las otras alternativas. Esta alternativa no contempla la compra de agua a camiones aljibe.

El análisis consideró los siguientes costos de inversión:

- **Construcción de plantas desaladoras.** Si bien es de esperar que la inversión en una planta desaladora sea inferior a varias de menor tamaño, se mantuvo la inversión de la alternativa C, de 13.530 millones de pesos.
- **Conexión de localidades y red de distribución interna.** Se evaluó solo la puesta del agua en una tubería matriz, sin considerar costo de distribución interna ni de alcantarillado.

Además, se consideró los siguientes costos de operación:

- **Producción de agua potable.** Dado que se trata de agua potable abastecida desde la PTAP de Caldera (y sus redes), se supuso un costo de producción de \$1.440 pesos/m<sup>3</sup> de agua, el cual se evaluó en función del volumen consumido anualmente.
- **Impulsión:** se incorporó un costo de impulsión similar al costo de producción (\$1.440 pesos/m<sup>3</sup> de agua). Este costo corresponde al esfuerzo de transportar el agua desde la PDAM hasta el punto de entrega.
- **Saneamiento de agua.** No se consideró el costo de saneamiento del agua provista dentro del análisis.
- **Pérdidas de agua.** se consideró un 30% de pérdidas de agua en el sistema de conducción, por lo que la producción de agua es superior al agua efectivamente facturada.

La **Tabla 5-27** presenta los resultados de la evaluación económica realizada y el costo del agua resultante.

**Tabla 5-27. Costo del agua para la Alternativa D. Sistema interconectado**

Ítem (partidas evaluadas a 30 años)	Subsidio a la inversión		
	0%	50%	100%
Costo de inversión (Millones de pesos)	13.530	6.765	0
Costo de Operación Total (Millones de pesos)	37.677	37.677	37.677
Costo de Operación Promedio (Millones de pesos / año)	1.256	1.256	1.256
<b>Costo del agua (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>8.102</b>	<b>6.108</b>	<b>4.114</b>

Fuente: Elaboración propia

El análisis muestra que para el caso que se asumiera la conexión a una sola planta desaladora intermedia, el costo para la opción sin subsidio es inferior al costo de las otras alternativas evaluadas. Al incurrir en subsidios estatales, el costo baja sensiblemente.

De la misma forma, si se asumiera la interconexión con una planta desaladora existente (por ejemplo, la que abastece a la faena de Mantoverde), el costo de inversión reduciría aún más el costo de inversión, reduciendo el costo del agua.

#### 5.5.1.1.5 Definición de Líneas de Acción e Iniciativas

Un análisis comparado de las distintas alternativas permite revisar no solo el costo relativo del agua, expresado en pesos/m<sup>3</sup>, sino que también los costos de inversión (CAPEX) y de Operación (OPEX). En este caso, en la **Tabla 5-28** se presentan estos indicadores para abastecer una población de 16.500 personas al año 2050, con una dotación de 140 litros/persona/día. No se incluyeron pérdidas de conducción.

**Tabla 5-28. Costo del agua comparado para las distintas alternativas**

Costo de largo plazo por m <sup>3</sup> /agua		Costos		Costo del agua según subsidio a la inversión		
		Inversión	Operación	0	50	100
		Millones \$	Millones \$	%	%	%
<b>A</b>	Camiones aljibe	0	109.890	12.000	12.000	12.000
<b>B</b>	Conexión a ducto costero	97.530	37.677	19.440	11.777	4.114
<b>C</b>	Sistemas independientes	14.730	45.315	9.215	7.044	4.873
<b>D</b>	Sistema interconectado	13.530	37.677	8.102	6.108	4.114

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se tiene que el mayor costo de inversión está asociado a la alternativa B, que implica el reemplazo del ducto costero por uno de mayor capacidad. Por el contrario, el menor costo de inversión es cero, asociado a la provisión de agua mediante camiones aljibe. Sin embargo, esta alternativa es inviable desde el punto de vista logístico.

El costo de operación es definitivamente mayor en el caso de los camiones aljibe, seguido por la alternativa C, que incluye un 25% de abastecimiento proveniente de camiones. Por el contrario, es menor en las alternativas B y D.

De esta forma, la alternativa D es la que tiene un menor costo de inversión y de operación, y consistentemente, presenta un menor costo del agua en el largo plazo: 8.102 \$/m<sup>3</sup>, sin subsidio. Al incorporar subsidios estatales, la alternativa se encuentra dentro del rango de

---

la provisión actual de agua potable. Al ser la alternativa de menor inversión, consecuentemente el monto de los subsidios estatales también sería menor.

Se debe considerar, eso sí, que el análisis realizado califica a nivel de idea. La determinación de una solución definitiva pasa por una evaluación real de las capacidades de conducción de la infraestructura existente, de la proyección poblacional y las estrategias de resolución de la tenencia de la tierra para el borde costero. En consecuencia, esta evaluación es de tipo exploratoria y debe ser punto de partida para un estudio de ingeniería a nivel de prefactibilidad que identifique el real valor de la inversión requerida, así como la viabilidad de cada una de las alternativas.

**A partir de la evaluación realizada, la iniciativa a priorizar para estudios posteriores es la D, Construcción de un sistema interconectado que incorpore nuevas fuentes de agua a lo largo de la conducción existente.** Asimismo, se define como Línea de Acción a la incorporación de estos asentamientos a un sistema interconectado de agua.

### **5.5.2 Definición de escenarios**

Para la modelación hidrológica de la cuenca Costeras e Islas Río Salado – Río Copiapó se consideran 2 escenarios de gestión que serán descritos a continuación.

#### **Escenario 1**

##### **Escenario 1. Conexión de asentamientos a sistemas de saneamiento rural con oferta de agua desalada**

El presente escenario considera alimentar asentamientos que no disponen actualmente de agua corriente. Las localidades que se beneficiarían de este escenario son: Portofino, Flamenco, Obispito, Rodillo, Pulpo y Pulpito.

La oferta de agua para satisfacer la demanda se produce desde el proyecto de desalación de ECONSSA y la Desaladora de Manto verde. Este escenario considera la mejora de la infraestructura hidráulica para la distribución de las aguas.

Las consideraciones del escenario son:

- La localidad de Caldera se mantiene constante en demanda desde el 2021
- Las localidades beneficiarias aumentan su población y demanda desde 2021
- La dotación para esta nueva demanda de consumo humano es de 140 l/hab/día
- Se consume el 20% del agua aportada al sistema y se devuelve como aguas servidas el 80%

---

## Escenario 2

### Abastecimiento de asentamientos con agua de pozo

Para este escenario, se considera la misma población que para el escenario 1, ingresada en el modelo WEAP de la misma forma.

Como nuevo suministro, a partir del año 2025 estas localidades son abastecidas con agua de un pozo que se ubica sobre el sector acuífero 8 (**Figura 4-7**) y que estima para una capacidad de bombeo de 40 l/s.

Los resultados de estos escenarios de gestión se presentarán en detalle el anexo J6. Resultados de escenarios.

### 5.5.3 Resultados de escenarios de gestión

Los escenarios analizados generan cambios dentro del sistema base considerada. Los puntos analizados se presentan en la **Tabla 5-29**:

**Tabla 5-29 Resultados de escenarios de gestión**

Escenario	Nueva Población abastecida 2050	Nueva Oferta de agua (2050) Hm <sup>3</sup> /año	Δ Volumen AC -08 2020-2050
Base "0"	20.922	0,00	-88 (-1,48%)
E1 SSR	39.797	1,05	No aplica
E2. Pozo	39.797	1,05	-139 (-2,32)

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del modelo actual WEAP. Anexo J6

## 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) 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 moneda 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 solo existen 19 transacciones de compraventa para DAA consuntivos subterráneos. El detalle de la metodología se encuentra en el **Apéndice J 2. Sección 3. Mercado del Agua**. Los resultados del análisis se presentan en la **Tabla 5-30**.

**Tabla 5-30 Valor de la mediana de UF/(l/s) según CBR y categorías**

CBR	Ia Naturaleza aguas superficiales				Ib Naturaleza <b>aguas</b> subterráneas
	IIa Tipo de derecho consuntivo		IIb Tipo de derecho no consuntivo		IIa Tipo de derecho consuntivo
	IIIa Ejercicio permanente	IIIb Ejercicio eventual	IIIa Ejercicio permanente	IIIb Ejercicio eventual	IIIa Ejercicio permanente
Caldera	9,27	0	0	0	52,62
Chañaral	0	0	0	0	15,54

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.

- a) 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.
- b) 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, para 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 describe cada una de ellas con el propósito de cuantificar un nivel de referencia previo a la formulación del Plan Estratégico.

### **6.1 Seguridad Hídrica para las Personas**

La inversión en agua potable a nivel privado se concentra en la empresa concesionaria Nueva Atacama. La inversión en las localidades de la cuenca alcanza a 1.063 millones de pesos al año, en promedio para el sistema Caldera Chañaral (Aguas Chañar, 2017), y está asociada a la Planta Desaladora de Agua de Mar de la ciudad de Caldera.

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.

En complemento, existen asentamientos en el borde costero que no cuentan con provisión de agua ni alcantarillado. Actualmente, existe una iniciativa para la regularización de la propiedad para los sectores de Rodillo y Flamenco, además de Barranquilla fuera de la cuenca. No se ha precisado el costo de este acuerdo, pero el monto será pagado por los habitantes interesados en adquirir cada propiedad o parte de esta.

El proceso de regularización consiste en la compraventa de macro lotes donde se agrupa un conjunto de viviendas, para ser en este sentido copropietarios del terreno. Estas iniciativas, aun siendo validadas por todas las partes, generan diferencias entre los copropietarios. Dentro de este proceso, se han generado acciones para impedir el crecimiento de estos sectores, quedando sólo zonas dentro de este proceso.

### **6.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas**

No se identificó inversión asociada a los ecosistemas de la cuenca, sin perjuicio de las actividades asociadas a la protección de las áreas protegidas que se encuentran dentro de su interior, particularmente el Desierto Florido.

### **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 Santo Domingo**, El Proyecto Santo Domingo 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. El concentrado de cobre será filtrado y luego transportado desde el Área Mina-Planta en camiones hasta el Área Puerto para su almacenamiento y posterior embarque. Por otra parte, el concentrado de magnetita será transportado mediante un concentrado (Sistema de Transporte de Concentrado) hasta el Área Puerto, donde será lavado, filtrado y almacenado hasta su embarque. El abastecimiento de energía para el Área Puerto se realizará desde la subestación Punta Totoralillo a través de una línea eléctrica de alta tensión. Según informa el proyecto en el SEIA, la **inversión programada es de 1.800 millones de dólares**.

#### **6.4 Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales**

No se identificó inversión asociada a la prevención de desastres socionaturales.

#### **6.5 Gestión Institucional**

La inversión de la Dirección General de Aguas 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.

En el año 2020, el presupuesto regional destinado para la mantención de la red hidrométrica fue de \$126,13 millones de pesos<sup>8</sup>. 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), Cuenca de Maricunga (105 Millones de pesos), que en total superan los \$1.330 millones de pesos.

#### **6.6 Gobernanza**

No se identificó iniciativas para el desarrollo de una gobernanza o gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca.

---

<sup>8</sup> Información proporcionada por la DGA a nivel regional

---

## 6.7 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 – BID<sup>9</sup>.

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 es de 55.249 Millones de pesos. En la cuenca de estudio, el Banco Integrado de proyectos identifica 17 iniciativas, de las cuales ninguna está vinculada con la gestión del recurso hídrico o la seguridad de éste para los distintos usos, a excepción de iniciativas de mejora del borde costero (balnearios).

---

<sup>9</sup> <http://www.subdere.gov.cl/documentacion/caracter%C3%ADsticas-del-fondo-nacional-de-desarrollo-regional-fndr>

---

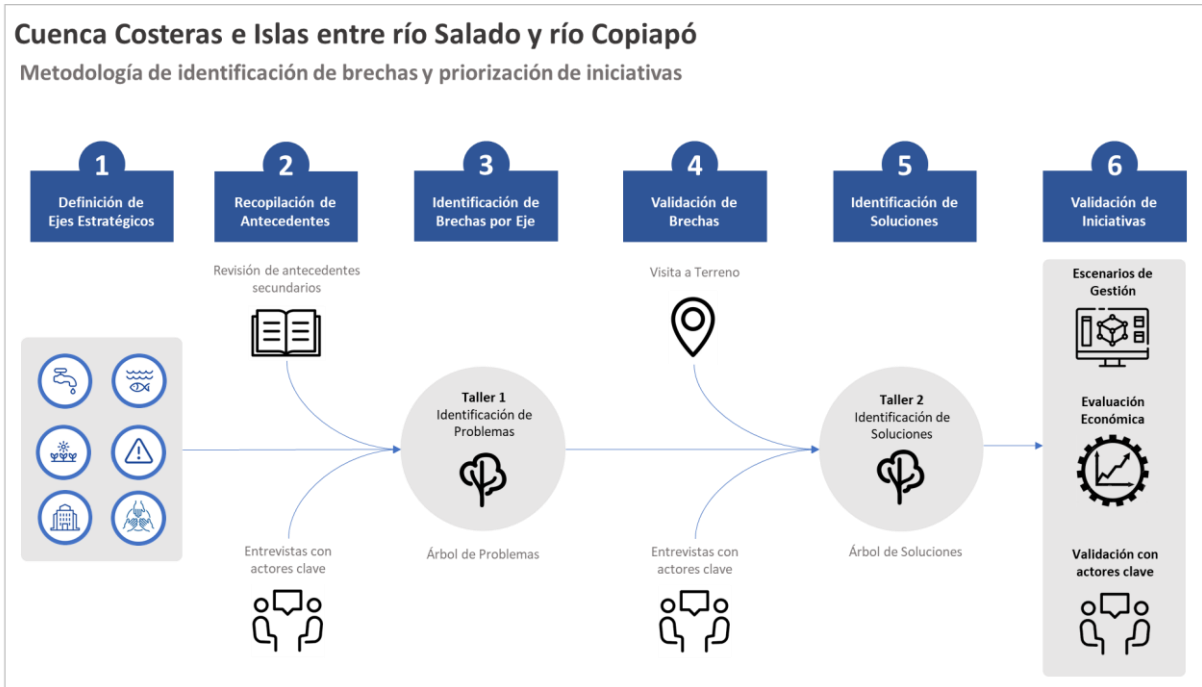
## 7. INICIATIVAS PROPUESTAS

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.

La priorización de alternativas se realizó de la siguiente forma:

- **Ejes de Seguridad Hídrica (personas, ecosistemas, actividades productivas y desastres socio naturales):** En particular, las iniciativas de provisión de agua para consumo humano resultaron de un análisis económico y análisis mediante escenarios de gestión. El resto de las iniciativas se priorizaron a partir de un análisis cualitativo, que resultó de la metodología de árbol de problemas y árbol de soluciones. De esta forma, las alternativas resultaron de un proceso comprensivo y de consenso realizado en las actividades de Participación Ciudadana.
- **Ejes de Gestión Institucional y Gobernanza:** se priorizaron las alternativas a partir de un análisis cualitativo, que resultó de la metodología de árbol de problemas y árbol de soluciones. De esta forma, las alternativas resultaron de un proceso comprensivo y de consenso realizado con la Dirección General de Aguas regional.

En la **Figura 7-1** se presenta la metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas. Un aspecto relevante del enfoque de trabajo adoptado es que se definieron ejes estratégicos, dentro de los cuales se identificó los problemas relevantes, sus causas y consecuencias (metodología de árbol de problemas), los cuales fueron convertidos en brechas. Posteriormente se evaluó las soluciones posibles para estas brechas, y dependiendo de la naturaleza de la brecha en sí, se evaluó las mejores alternativas ya sea mediante modelación, mediante análisis económico, o bien mediante consulta a actores locales y actores clave. De este conjunto de estrategias de evaluación se obtiene un instrumento de planificación consensuado con los actores locales, que prioriza los acuerdos sobre una estrategia, por sobre la evaluación óptima, pero que no concite a los actores locales.



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

### Figura 7-1 Metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas

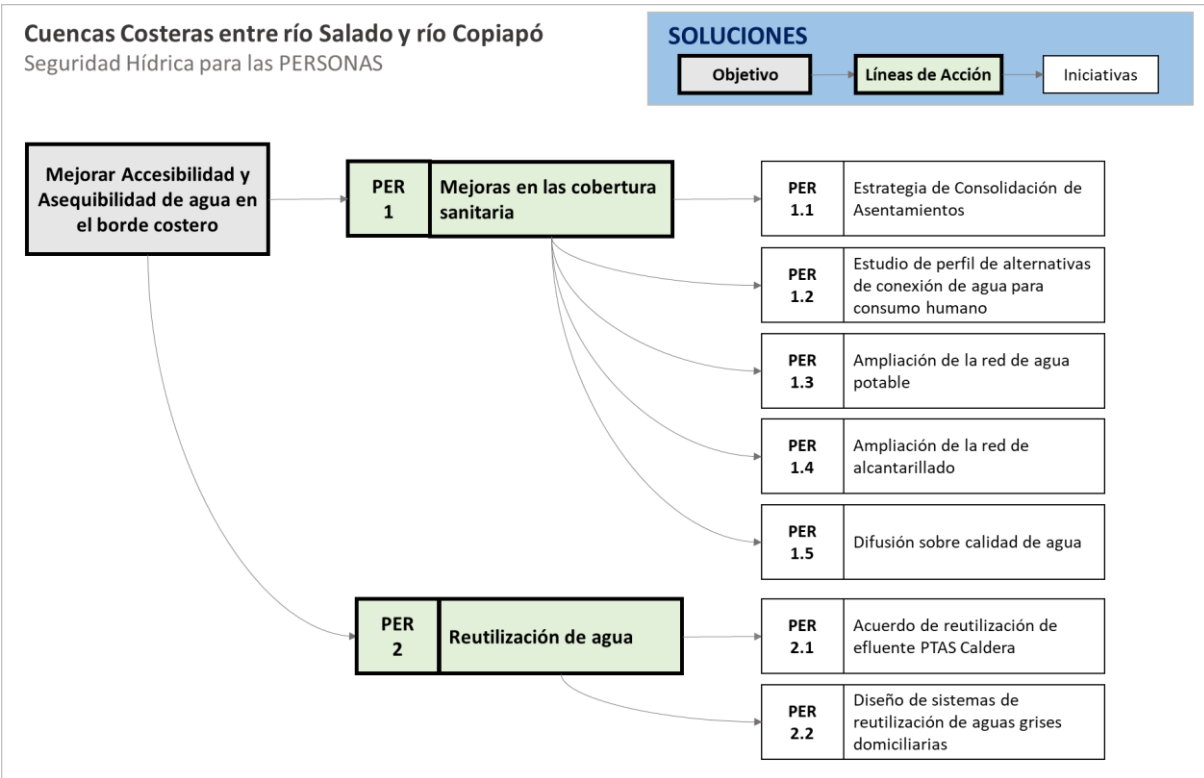
A continuación, se presenta la síntesis de alternativas priorizadas por eje estratégico. En cada una de ellas se describe el proceso de análisis (árbol de soluciones), las acciones de validación realizadas con los actores de la cuenca y el análisis económico que justifica su valorización.

## 7.1 Síntesis de alternativas

### 7.1.1 Seguridad Hídrica para las Personas

La seguridad hídrica para las personas 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, así como aquellas localidades y asentamientos que se abastecen mediante camiones aljibe. A partir de los problemas identificados (punto 5.3), se formuló el siguiente árbol de soluciones (**Figura 7-2**).



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

**Figura 7-2 Árbol de Soluciones para la seguridad hídrica de las personas**

El detalle de las iniciativas se presenta en el punto siguiente.

**Tabla 7-1 Seguridad Hídrica para las Personas: Líneas de acción, iniciativas y brechas**

<b>Línea de Acción</b>	<b>Iniciativa</b>	<b>Brecha asociada</b>
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.1 – Estrategia de Consolidación de Asentamientos Costeros	BPER 1
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.2 – Estudio de perfil de alternativas de conexión de agua para consumo humano	BPER 2
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.3 – Ampliación de la red de agua potable	BPER 2
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.4 – Ampliación de la red de alcantarillado	BPER 3
PER 1 – Mejoras en la cobertura sanitaria de las personas	PER 1.5 – Campaña de difusión sobre calidad de agua	BPER 4
PER 2 - Reutilización de agua	PER 2.1 – Acuerdo de reutilización de efluente PTAS Caldera	BPER 5
PER 2 - Reutilización de agua	PER 2.2 – Diseño de sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarias	BPER 5

Fuente: Elaboración propia

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, como la empresa sanitaria Nueva Atacama y la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.

#### **7.1.1.1 PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas**

Se identificó dos acciones principales dentro de esta línea: el estudio en detalle del sistema interconectado evaluado en el Eje de Balance, y la evaluación de la estrategia de materialización de estas zonas, ya sea como zonas urbanas o zonas rurales. A continuación, se presenta cada iniciativa.

##### **7.1.1.1.1 PER 1.1: Estrategia de consolidación de asentamientos**

Un aspecto relevante para resolver, que incluso pudiera condicionar el desarrollo material de la solución en tanto determina las fuentes de financiamiento, es la estrategia de consolidación de las localidades costeras y asentamientos, que hoy no cuentan con propiedad de la tierra. Es relevante en tanto se resuelva por una consolidación de tipo

---

urbana o rural determina el sistema de provisión de agua y financiamiento al que se puede acceder.

Para el caso que se resuelva la ampliación del radio urbano, por ejemplo, en las localidades aledañas a la ciudad de Caldera, la ampliación de las redes de agua potable sería de cargo de la empresa sanitaria, y los costos se trasladarían a tarifa dentro del total de usuarios. Sin embargo, esta opción no está considerada dentro del Plan de Desarrollo actual de la empresa sanitaria. Una excepción podría ser la decisión de ECONSSA de financiar estas redes, así como lo ha hecho con la PDAM y PTAS existentes en la localidad.

En complemento, la estrategia actual desplegada para las localidades de Rodillo, Flamenco y Barranquilla pasa por la adquisición conjunta de macro lotes o manzanas por parte de los usuarios, de forma que pasan a ser copropietarios de una propiedad rural, con superficie superior a 5.000 m<sup>2</sup>. En este caso, sería posible constituir un Sistema Sanitario Rural, con dependencia en la Dirección de Obras Hidráulicas, y bajo la supervisión de la SISS. Bajo esta estrategia, se entiende que es más factible la implementación de la estrategia C, con sistemas independientes.

Es probable que el resultado final sea que cada localidad tendrá una solución independiente entre las dos planteadas, dependiendo de sus características particulares. Pero es imprescindible que, dentro de las decisiones de consolidación, se incluyan los antecedentes de provisión de servicios básicos. Por lo tanto, se propone la contratación de una consultoría estratégica que analice en detalle estos aspectos, desde un punto de vista legal y económico, y determine la estrategia que conviene a cada localidad.

La institución responsable de la licitación debiera ser el **Gobierno Regional de Atacama**. El costo estimado de la iniciativa es de \$300.000.000.-, y el plazo de ejecución estimado es de 12 meses.

**Tabla 7-2 Partidas para Estrategia de consolidación de asentamientos**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
Estrategia de consolidación de asentamientos	Estudio técnico, económico y social que determine la estrategia de consolidación de cada asentamiento, respecto de la provisión de agua para consumo humano.	300
<b>Total</b>		<b>300</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.1.1.2 PER 1.2: Estudio de perfil de alternativas de conexión de agua para consumo humano

El análisis económico que se presentó en el Eje de Balance tiene el propósito de comparar de una manera general las distintas estrategias potenciales para proveer de agua a las localidades que hoy no cuentan con este elemento. Sin embargo, se requiere un estudio de ingeniería a nivel de perfil que profundice en cada una de estas alternativas, con los siguientes contenidos descritos en la **Tabla 7-3**.

**Tabla 7-3 Partidas para Estudio de perfil de alternativas de conexión de agua para consumo humano**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
Prefactibilidad Técnica	evaluación de las distintas alternativas de conexión, del costo aproximado por localidad, y la definición de las fuentes intermedias (PDAM). Evaluación de requerimientos de conducción por tramo del ducto existente, y necesidades de inyección de agua. Evaluación de calidades de agua de terceros, y requerimientos de pretratamiento.	400
Prefactibilidad Legal	evaluación de la factibilidad de conexión de las distintas PDAM a la red. Disponibilidad de terrenos para las instalaciones. Factibilidad de conexión con redes de terceros.	100
Prefactibilidad Económica	evaluación de detalle de las distintas alternativas mencionadas (u otras), y determinación de los costos de inversión, de operación, y los niveles de subsidio requeridos.	100
Prefactibilidad Socio ambiental	evaluación de conflictos o impactos que se pudieran producir como consecuencia de la cada una de las estrategias propuestas. Se debe realizar una evaluación a nivel de pertinencia.	200
<b>Total</b>		<b>800</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo estimado de la iniciativa es de **\$800.000.000.-**, y el plazo de ejecución estimado es de 18 meses.

#### 7.1.1.1.3 PER 1.3: Ampliación de la red de agua potable

En este numeral se describe la iniciativa a nivel de balances de agua, en el entendido que se requieren estudios técnicos específicos que ratifiquen la comparación realizada en el presente Plan Estratégico.



Como se evaluó en la Alternativa D (numeral 5.5.1.1.5) la estrategia propuesta consiste en la implementación de un sistema interconectado, donde una o más PDAM inyectan agua a lo largo del ducto ya existente y que une Caldera con Chañaral, compensando el agua extraída, pero sin superar la capacidad de transporte de la infraestructura existente. De esta forma, no se hace necesaria la inversión en la reposición de este ducto, que es extremadamente alta en relación con los costos de las otras alternativas. No se considera dentro de esta evaluación el costo de construir las redes de distribución de agua potable en cada localidad.

Se estima que esta iniciativa podría aportar un promedio de 704.555 m<sup>3</sup>/año (0,70 hm<sup>3</sup>), durante un total de 30 años. De esta forma, aumentaría la dotación de agua para consumo humano en la cuenca desde 1.828 hm<sup>3</sup>/año a 2,532 hm<sup>3</sup>/año (un 27,8% de aumento en la provisión de agua).

Según se tiene del análisis económico realizado en el numeral 5.5.1, el monto total de la inversión requerida (referencial), es de **13.530 millones de pesos (Tabla 7-4)**, equivalente a 16,91 millones de USD (con tipo de cambio igual a 800 pesos por 1 dólar). Será parte del análisis determinar la proporción de subsidio sobre el monto de inversión requerido.

**Tabla 7-4. Partidas para Sistema interconectado de abastecimiento de agua**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
Planta Desaladora	Planta con una capacidad de producción de 4.510 m <sup>3</sup> /día	13.530
<b>Total</b>		<b>13.530</b>

Fuente: Elaboración propia

Se estima que la inversión debiera realizarse en un período de 10 años.

#### **7.1.1.1.4 PER 1.4: Ampliación de la red de alcantarillado**

La eventual ampliación de la red de alcantarillado, o en particular, el establecimiento de sistemas de tratamiento de agua independientes para cada localidad, dependerá de la estrategia adoptada para la formalización de cada asentamiento.

En este caso, la empresa modelo de la SISS para localidades costeras considera un sistema de recolección de aguas servidas, un tratamiento primario, y su descarga posterior al mar. No se considera el tratamiento de las aguas, ni menos la reutilización de las mismas.

Otra de las complejidades para el diseño del sistema es la alta variabilidad del consumo de agua a lo largo del año, producto de las viviendas que solo se habitan esporádicamente, pero cuyo uso se concentra en temporada estival.

Ante la falta de antecedentes, se realizó una estimación gruesa, con el propósito de incorporar esta partida dentro del presupuesto del presente Plan, pero que ciertamente debe ser ajustada en función de las acciones que se encuentran definidas en este eje, incluyendo la reutilización de agua.

Se determinó el costo referencia de un sistema de saneamiento rural mediano (menos de 600 arranques). Para esto, se trabajó con valores referenciales para estimar el costo de construcción de un sistema de tratamiento de aguas servidas, con redes de alcantarillado incluidas:

**Tabla 7-5. Costos referenciales, partidas de un sistema de saneamiento rural**

<b>Partida</b>	<b>Costo referencial (Millones de \$)</b>
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)	2.000
Redes de alcantarillado (kilómetro lineal)	500
Planta Elevadora de Aguas Servidas (PEAS)	300

Fuente: Comunicación personal ESSBIO

Con el propósito de disponer de una medida unitaria, se realizaron los cálculos para un Servicio Sanitario Rural de 500 arranques (mediano). En este caso, 500 arranques se estima que se emplazan en una red de 10 km (se supuso un promedio de 20 m lineales por casa, incluyendo longitud de la red vial y otras obras de conexión).

De esta forma, el costo total **referencial** del sistema de saneamiento es el siguiente:

**Tabla 7-6. Costo referencial de un sistema de saneamiento rural mediano**

<b>Partida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (Millones de \$)</b>	<b>Costo Total (Millones de \$)</b>
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)	1	2.000	2.000
Redes de alcantarillado (kilómetro lineal)	10	500	5.000
Planta Elevadora de Aguas Servidas (PEAS)	3	300	900
Adicionales e imprevistos	20%	7.900	1.580
<b>Subtotal</b>			<b>9.480</b>
Ingeniería y permisos	10%	9.480	948
<b>Costo Total</b>			<b>10.428</b>

Fuente: Elaboración propia

---

En consecuencia, el costo total de la solución para las 6 localidades sería de \$ 65.568 millones de pesos.

**Tabla 7-7 Estimación del costo de ampliación de la red de alcantarillado.  
REFERENCIAL**

<b>N° de Localidades</b>	<b>Costo de Red por localidad (promedio) (Millones de \$)</b>	<b>Costo Total (Millones \$)</b>
6	10.428	65.568

Fuente: Elaboración propia

#### **7.1.1.1.5 PER 1.5: Difusión sobre calidad del agua**

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 mide anualmente por un período de 5 años.

Se propone un costo base de **\$20 millones de pesos anuales para esta iniciativa, a repetir durante un período de 5 años**. Se entiende que debiera ser liderada por la SISS y la empresa sanitaria.

#### **7.1.1.2 PER 2: Reutilización de agua**

Esta línea de acción se enfoca en la reutilización de agua a distintas escalas. Por un lado, aborda el uso que hoy se realiza del efluente de las PTAS de Caldera, y por el otro, propone la incorporación de estándares de reutilización de aguas grises a nivel domiciliario para las nuevas redes que se instalarían en las localidades del borde costero de la cuenca.

##### **7.1.1.2.1 PER 2.1: Acuerdo de Reutilización de efluente de la PTAS Caldera**

Como se señaló en las brechas de este Eje, en la actualidad el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Caldera se destina al riego del sector denominado el "Bosque de Caldera"

El Proyecto "Mejoramiento Sistema de Tratamiento y Disposición de Aguas Servidas de Caldera" consistió en la construcción de las obras civiles, suministro y posterior montaje de una Planta de Tratamiento en base a laguna aireada y una planta elevadora para impulsar las aguas tratadas hasta un reservorio, desde donde se extrae agua para el riego gravitacional de un parque de 19,4 ha ubicado la zona norte de Caldera. Con esta

---

implementación, se actualizaron las anteriores facultativas, incorporando a su vez un tratamiento preliminar y un sistema de desinfección. Junto con lo anterior, el Proyecto consideró una descarga de emergencia fuera de la Zona de Protección Litoral. La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) realizó una actividad de Fiscalización Ambiental en junio de 2019<sup>10</sup>, donde constató los siguientes incumplimientos:

- No cumplir en el efluente con los límites de los parámetros establecidos en la NCh 1.333/Of. 78.
- Regar el parque con agua tratada de la PTAS, en un volumen superior al comprometido en el instrumento y con calidades que no siempre cumplen con los límites fisicoquímicos de la NCh 1.333 Of.78.
- Venta de agua tratada a terceros, lo que no fue evaluado ambientalmente.
- Cabe señalar que el riego por sí solo no conlleva un riesgo ambiental. Sin embargo, dado que en terreno se constató que al interior del parque había animales, plantaciones de tomates y de olivos, es dable suponer que de realizarse la venta y consumo de dichas frutas, las cuales son regadas con aguas servidas tratadas que no cumplen con los límites normativos para utilizarla como riego, podría existir un riesgo sanitario.

Sin embargo, dado que los incumplimientos constatados son de origen operacional, estos corresponden a incumplimientos sanitarios, encontrándose por tanto vinculados con prestaciones o servicios de concesiones sanitarias. Por lo anterior, se procedió a derivar este informe a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, para que en el marco de sus facultades tome las medidas para corregir el funcionamiento operativo de esta Unidad Fiscalizable, en aplicación del Protocolo entre la Superintendencia de Servicios Sanitarios y Superintendencia del Medio Ambiente, de junio de 2015.

En consecuencia, no es posible realizar usos distintos del efluente, mientras no estén contenidos en la Resolución de Calificación Ambiental respectiva. Particularmente, existe una demanda local para uso de las aguas par producción agropecuaria, la que fue cesada a partir de esa actividad de fiscalización.

Complementariamente, se deben resolver temas adicionales, como la propiedad misma del efluente, y si es posible traspasar el efluente (como un beneficio), a una parte de la población atendida.

Como alternativa, se propone la obtención de un acuerdo de distribución de las aguas del efluente, donde participen la SISS, la empresa sanitaria, el municipio y solicitantes directos, como las comunidades indígenas que residen en los alrededores de la descarga de la PTAS.

---

<sup>10</sup> Revisado en <file:///C:/Users/HP/Downloads/Informe%20Fiscalizacion%20Ambiental%20DFZ-2019-717-III-RCA.pdf>

---

Se entiende que este acuerdo no tiene un costo asociado, salvo la eventual inversión requerida para tratar el efluente y dejar una proporción de este disponible para uso en riego agrícola.

#### **7.1.1.2.2 PER 2.2: Diseño de sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarias**

Las familias que residen en el borde costero de la región de Atacama, y que no cuentan con acceso regular al agua y la obtienen solo mediante camiones aljibe, han desarrollado una cultura de uso controlado y reutilización que es relevante de mantener para el caso que se les provea de una solución definitiva.

En este plan se evaluó las alternativas de provisión de agua mediante distintas alternativas, determinándose que, en un nivel muy preliminar, la mejor alternativa es la conexión a un ducto principal o matriz, el que cuente con múltiples aportes de agua en su recorrido.

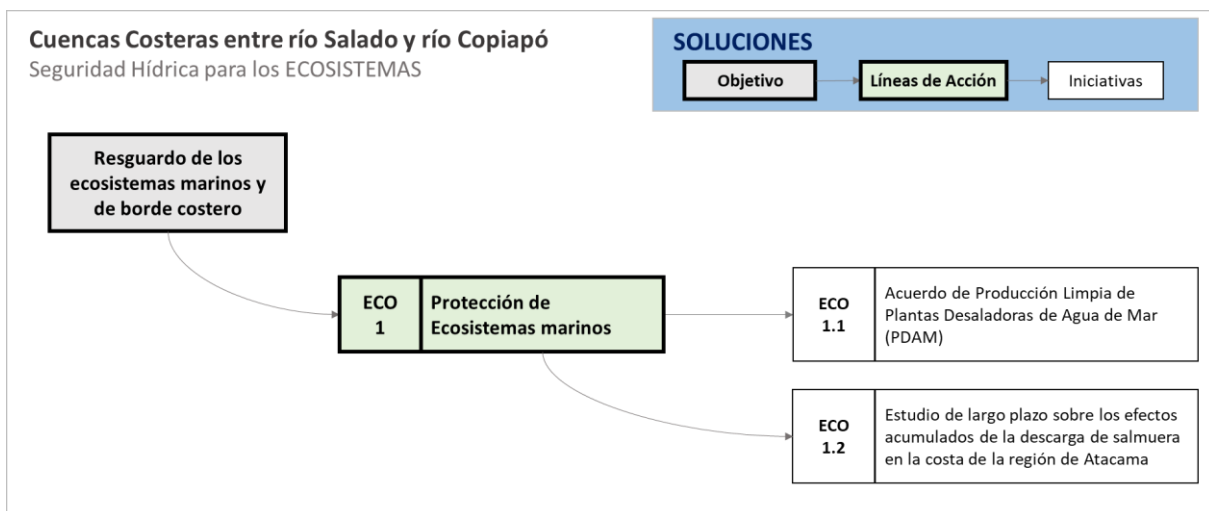
No se consideró las redes de distribución de agua a nivel domiciliario, así como tampoco los costos de instalar redes de alcantarillado. Dada la lógica de desarrollo que se ha adoptado hasta el momento, es posible suponer que estas localidades se conectarán como Servicios Sanitarios Rurales a la red principal, por lo que la inversión sería de cargo de la Dirección de Obras Hidráulicas.

Dado que estos diseños no han sido realizados, se propone incorporar en forma temprana la posibilidad de separar aguas grises y aguas negras, considerando dentro de la red de alcantarillado un sistema de reúso de aguas grises individual o colectivo. De esta forma, se reducirían los eventuales costos de tratamiento final, al mismo tiempo que se pone a disposición estas aguas para el uso domiciliario o de áreas públicas comunes. Pero, sobre todo, se rescata un elemento cultural respecto al agua, que es la reutilización de la misma.

Se estima que esta iniciativa, a nivel de diseño, no tiene un costo específico asociado. En consecuencia, no se considera dentro de los costos de este plan la inversión requerida para materializar estas redes en el territorio.

### **7.1.2 Seguridad Hídrica para los ecosistemas**

La seguridad hídrica para los ecosistemas 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. A continuación, se presenta el análisis de problemas, soluciones, iniciativas priorizadas y acciones complementarias (**Figura 7-3**).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-3 Árbol de Soluciones para ecosistemas**

En función del problema central identificado y sus causas, se considera como línea de acción a la protección de ecosistemas acuáticos. Los efectos sobre los ecosistemas terrestres se abordarán en el punto de acciones complementarias. La relación de las iniciativas y brechas se presenta en la **Tabla 7-8**.

**Tabla 7-8 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas: Líneas de acción, iniciativas y brechas**

Línea de Acción	Iniciativa	Brecha asociada
ECO 1 – Protección de ecosistemas marinos	ECO 1.1 - Acuerdo de Producción Limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar	BECO 1
ECO 1 – Protección de ecosistemas marinos	ECO 1.2 - Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera en la costa de la región de Atacama	BECO 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 la Seremi de Medio Ambiente, Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, Dirección General de Aguas regional, Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático y otros actores locales.

---

### 7.1.2.1 ECO 1: 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.

Las acciones propuestas para la protección de ecosistemas marinos son la implementación de un Acuerdo de Producción Limpia entre las empresas que poseen y/u operan 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.

#### 7.1.2.1.1 ECO 1.1: Acuerdo de Producción Limpia de Plantas Desaladoras de Agua de Mar

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.

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 empresas<sup>11</sup>.

Este acuerdo debe ser liderado por 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 12 meses.

#### 7.1.2.1.2 ECO 1.2: 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, sobre los ecosistemas marinos, el uso del borde costero, y las consecuencias sobre el desarrollo de las personas.

---

<sup>11</sup> Revisado en <https://www.ascc.cl/pagina/apl>

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.

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.

**Tabla 7-9. Partidas para un Estudio de largo plazo sobre los efectos acumulados de la descarga de salmuera**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
Campaña de monitoreo (anual)	<p>Columna de agua: calidad de agua, fito y zoo plancton.</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	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.	10
<b>Total</b>		<b>5.000</b>

Fuente: Elaboración propia

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



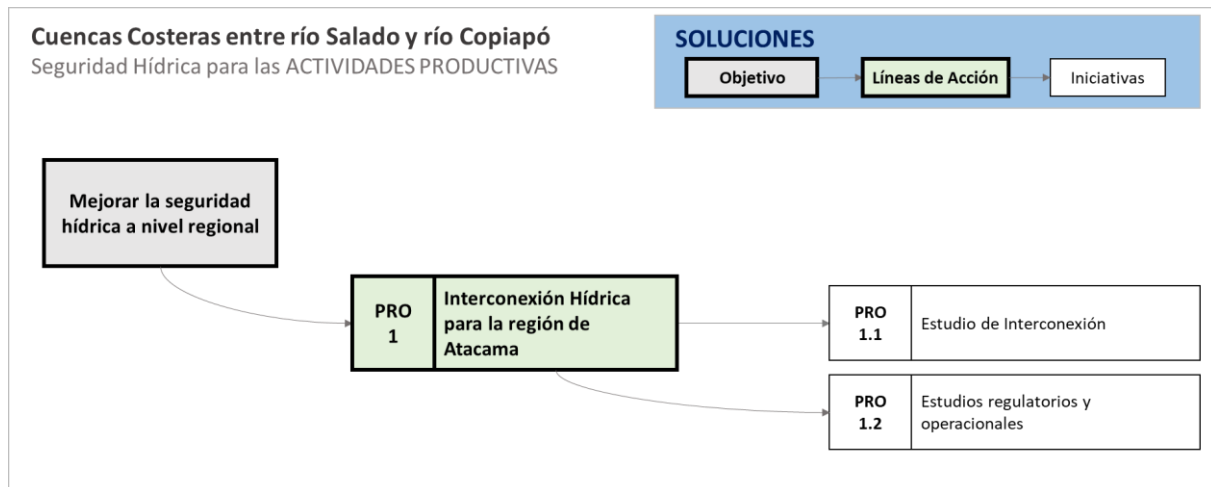
de pesos al año para su correcto desarrollo, y que debe ser planteado para un horizonte de 10 años. El costo total de la medida es de 5.000 millones de pesos (**Tabla 7-9**).

### 7.1.3 Seguridad Hídrica para las actividades productivas

Las actividades productivas que dependen de la provisión de agua en la cuenca corresponden principalmente al desarrollo minero, asociado a grandes faenas como Mantoverde y Cerro Negro. El borde costero abastece además a la faena de Candelaria, y cubre los compromisos ambientales de minera Caserones. A futuro, se espera la instalación de la PDAM de la faena Santo Domingo, que incluye además la impulsión de agua de mar (**Figura 7-4**).

El objetivo es mejorar la seguridad hídrica a nivel regional, mediante la interconexión hídrica de las fuentes de agua (continentales y de agua de mar desalada), las líneas de conducción y la entrega a los usuarios finales, sean estos los centros poblados, las faenas mineras o bien otros usos, como la agricultura.

Para esto, se requiere estudios técnicos, regulatorios y operacionales que determinen las condiciones para que el uso de infraestructura compartida sea viable técnica, financiera, económica y socialmente.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-4** Árbol de Soluciones para las actividades productivas

---

**Tabla 7-10 Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas: Líneas de acción, iniciativas y brechas**

Línea de Acción	Iniciativa	Brecha asociada
PRO 1 – Interconexión hídrica de la región de Atacama	PRO 1.1 – Estudio de Interconexión Hídrica	BPRO 1
PRO 1 – Interconexión hídrica de la región de Atacama	PRO 1.2 – Estudios regulatorios y operacionales	BPRO 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 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.

### **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.

#### **7.1.3.1.1 PRO 1.1: Estudio de interconexión hídrica**

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, se deben realizar estudios públicos que complementen a las evaluaciones privadas que se han realizado, y que avancen en las partidas descritas en la **Tabla 7-11**.

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).

**Tabla 7-11. Partidas para el estudio de interconexión hídrica**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
<b>Evaluación Técnica</b>	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
<b>Evaluación Legal y regulatoria</b>	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
<b>Evaluación Económica</b>	Revisión de factibilidad económica, costos de implementación, tarifas diferenciadas por servicio, financiamiento, entre otras.	100
<b>Evaluación Socio Ambiental</b>	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.	200
<b>Total</b>		<b>800</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **7.1.3.1.2 PRO 1.2: Estudios regulatorios y operacionales**

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 destacarían 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 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.

Las partidas principales de este estudio se describen en la **Tabla 7-12**.

**Tabla 7-12. Partidas para un estudio regulatorio y operacional**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
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 in sistema interconectado, precios de transferencia, alternativas de financiamiento, monetización, fijación de tarifas, ente regulador, ente operador, entre otros.	200
<b>Total</b>		<b>400</b>

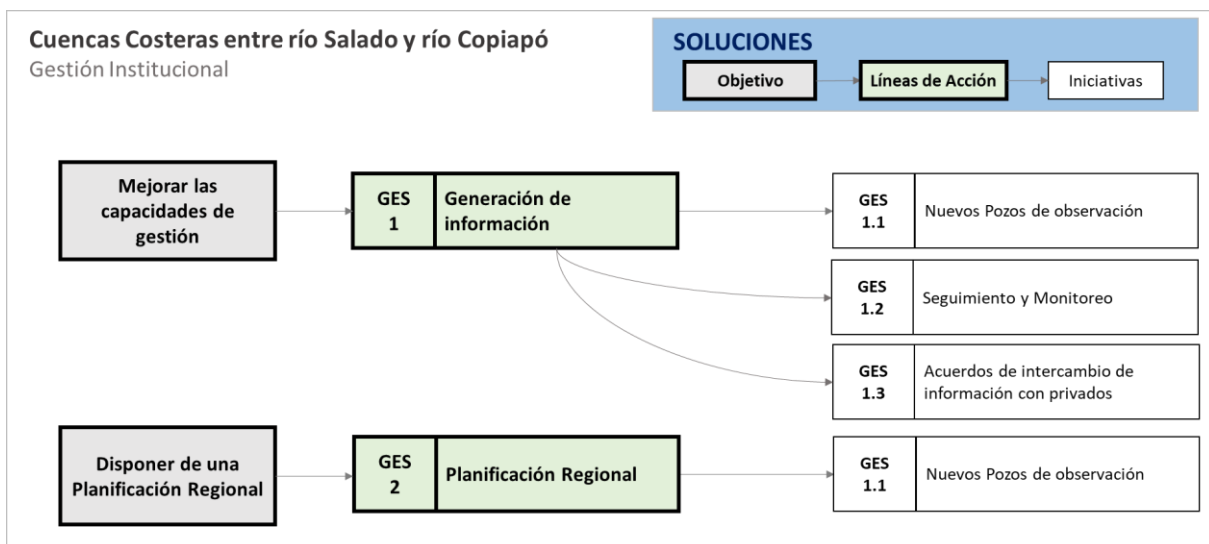
Fuente: Elaboración propia

#### **7.1.4 Seguridad Hídrica ante Desastres Socionaturales**

No se propuso iniciativas para este eje estratégico, dado que no se identificó brechas asociadas.

#### **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 abordó aspectos de información sobre los recursos hídricos, fiscalización, y relación con las Organizaciones de Usuarios de Agua. Las iniciativas propuestas se agrupan una Línea de Acción: Generación de información (**Figura 7-5**).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-5 Árbol de soluciones para la Gestión Institucional**

**Tabla 7-13 Gestión Institucional: Líneas de acción, iniciativas y brechas**

Línea de Acción	Iniciativa	Brecha asociada
GES 1 – Generación de Información	GES 1.1 – Nuevos Pozos de Observación	BGES 1
GES 1 – Generación de Información	GES 1.2 – Seguimiento y monitoreo	BGES 1
GES 1 – Generación de Información	GES 1.3 – Acuerdo de intercambio de información	BGES 1
GES 1 – Generación de Información	GES 1.4 – Estudios Específicos	BGES 2
GES 2 – Planificación Regional	GES 2.1 – Plan Estratégico Regional de Gestión Hídrica	BGES 3

Fuente: Elaboración propia

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, y particularmente el trabajo con la Dirección General de Aguas regional de Atacama.

#### **7.1.5.1 GES 1: Generación de información**

Se cuenta con escasa información de las aguas subterráneas de la cueca, así como la meteorología en la parte alta de la cordillera de la costa. Por esta razón, se proponen las siguientes iniciativas.

#### 7.1.5.1.1 GES 1.1: Nuevos Pozos de monitoreo

Se identificó la necesidad de contar con información piezométrica de los niveles de los acuíferos de la cuenca, 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 (**Tabla 7-14**).

**Tabla 7-14. Pozos de monitoreo a ser instalados en la cuenca**

Nº	Profundidad (m)	Basamento (m)	UTM Este	UTM Norte	Referencia	Costo estimado (Millones \$)
1	200	390	331.612	7.009.786	Al norte de Caldera, en el acuífero más profundo de la cuenca	165
2	100	180	324.572	7.002.958	En el acuífero de Caldera, se puede ubicar un poco más al oeste en caso de querer usarlo para análisis de agua o intrusión salina	85
3	80	145	333.964	7.060.961	Pozo en la desembocadura del Estero Flamenco, que drena aproximadamente un tercio de la cuenca.	70
<b>Total</b>						<b>320</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.5.1.2 GES 1.2: Monitoreo hidro geoquímico

Se identificó la necesidad de realizar un monitoreo permanente de la calidad de las aguas subterráneas en los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (**Tabla 7-15**).

---

**Tabla 7-15. Monitoreo hidro geoquímico**

<b>Estudio</b>	<b>Alcance</b>	<b>Costo estimado (Millones de \$)</b>
Seguimiento hidro geoquímico de aguas subterráneas	A lo menos una campaña de monitoreo anual, en distintos puntos de la cuenca (uno por cada SHAC propuesto)	5

Fuente: Elaboración propia

Este estudio consiste en una campaña de monitoreo permanente, durante los 30 años de horizonte del presente Plan Estratégico.

#### **7.1.5.1.3 GES 1.3: Acuerdo de intercambio de información con privados**

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.

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.

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 agua. Las iniciativas propuestas son la definición de una gobernanza y una hoja de ruta asociada; la realización de estudios de interconexión, regulatorios y de financiamiento; la realización de un Plan Estratégico Regional de Recursos Hídricos; y el establecimiento de una Secretaría Técnica permanente.

#### **7.1.5.1.4 GES 1.4: Estudios específicos**

Se identificó la necesidad de realizar los siguientes estudios específicos para complementar la información disponible sobre la cuenca (**Tabla 7-16**). El responsable es la Dirección General de Aguas.

**Tabla 7-16. Estudios específicos a ser realizados en la cuenca**

<b>Estudio</b>	<b>Alcance</b>	<b>Costo estimado (Millones de \$)</b>
Sectorización del acuífero	Estudio hidrogeológico derivado de los antecedentes geofísicos y el modelo conceptual aportado por el presente Plan, que concluya en la conveniencia de distinguir entre uno o más Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento común	300

Fuente: Elaboración propia

## **7.1.5.2 GES 2: Planificación regional**

### **7.1.5.2.1 GES 2.1: Plan Estratégico de Gestión Hídrica Regional**

La definición de una gobernanza de partida permite operativizar, entre otras acciones, los estudios requeridos para la evaluación de la interconexión hídrica. El primer estudio corresponde a un Plan Estratégico de Gestión Hídrica (PEGH) a nivel regional, 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 7-17**.



**Tabla 7-17. Partidas para un Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la región de Atacama**

<b>Partida</b>	<b>Alcance</b>	<b>Monto (millones de \$)</b>
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
<b>Total</b>		<b>800</b>

Fuente: Elaboración propia

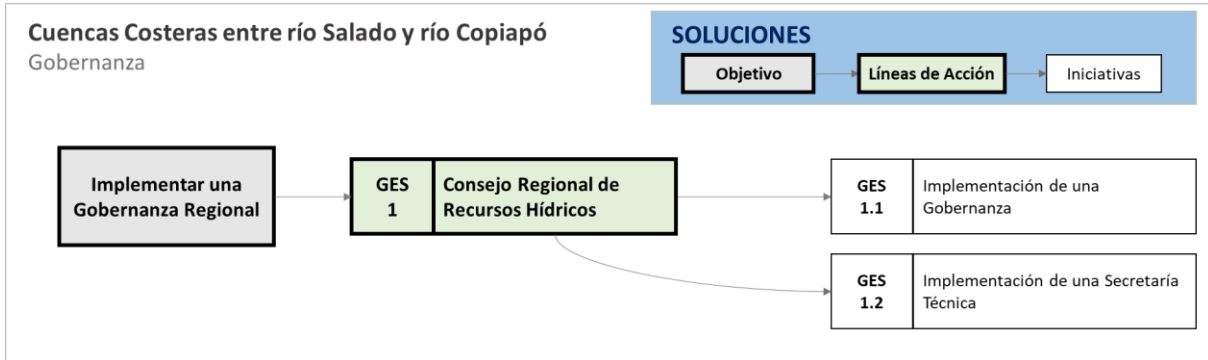
Se estima que un estudio integral de este tipo requiere de un presupuesto de \$800 millones de pesos, para un plazo de 24 meses. El estudio debe ser liderado por la **Dirección General de Aguas del MOP**, pudiendo optar a fondos regionales dada la magnitud de la iniciativa.

#### **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 encuentran fuera de la cuenca hidrográfica. Esto producto de los trasvases que se realizan, por ejemplo, hacia el canal Malpaso a cuenta de Caserones, o hacia la CM Candelaria, ambos en el valle de Copiapó. Complementariamente, la cuenca recibe aportes de aguas subterráneas desde la zona de pozos de Mamoros y Peaje, por lo que los efectos o perjuicios de esta extracción no son percibidos en la cuenca, no así sus beneficios. Aún más, por la cuenca corre la aducción de agua que abastece a la localidad de Chañaral, fuera de la cuenca. Esta multiplicidad de relaciones, de transacciones de agua, resulta en un sistema complejo, que no puede ser gestionado a nivel local, ya que requiere una instancia de planificación superior. 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 una 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.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-6 Árbol de soluciones para la Gobernanza**

**Tabla 7-18 Gobernanza: Líneas de acción, iniciativas y brechas**

Línea de Acción	Iniciativa	Brecha asociada
GOB 1 – Implementación de una Gobernanza regional	GOB 1.1 – Gobernanza	BGOB 1
GOB 1 – Implementación de una Gobernanza regional	GOB 1.2 – Establecimiento de una Secretaría Técnica	BGOB 1

Fuente: Elaboración propia

Las iniciativas fueron priorizadas a partir del trabajo en los talleres de participación ciudadana, y las reuniones con actores clave, y particularmente el trabajo realizado en dos talleres de interconexión hídrica en la región de Atacama.

### 7.1.6.1 GOB 1: Implementación de una Gobernanza regional

#### 7.1.6.1.1 GOB 1.1: Gobernanza

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. 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 una "Gobernanza de Partida", la que posteriormente de origen a una "Gobernanza Definitiva".

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. Se propone preliminarmente el listado de actores contenido en la **Tabla 7-19**.

**Tabla 7-19. 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 y territorio	DGA Seremi de Medio Ambiente SEIA regional DIRECTEMAR		ONGs
Producción	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)
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 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.

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. Se entiende que el establecimiento de la gobernanza no tiene un costo asociado y que su implementación depende del consenso entre las partes.

#### 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 a la Gobernanza de la Cuenca. Las características de esta Secretaría son las siguientes (**Tabla 7-20**):

**Tabla 7-20. 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 (3) Staff de ingenieros de estudio (3)
Operación	Funcionamiento permanente en apoyo a la gobernanza, ya sea de partida o definitiva
Financiamiento	El financiamiento debiera ser privado, o público – privado.

Fuente: Elaboración propia

El costo de esta Secretaría se estimó **en \$300 millones de pesos al año**, y considera el pago de remuneraciones y costos operacionales.

## 7.2 Alternativas seleccionadas

La cartera de iniciativas propuestas se presenta para cada uno de los ejes estratégico de planificación: Seguridad Hídrica para las personas, ecosistemas, actividades productivas y ante desastres socionaturales; 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 7-21. Alternativas Seleccionadas**

Eje	Línea de Acción	Iniciativa
SH Personas	PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	PER 1.1 Definición de estrategia de formalización de localidades
SH Personas	PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	PER 1.2 Evaluación de perfil de alternativas de conexión
SH Personas	PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	PER 1.3 Ampliación de la red de agua potable
SH Personas	PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	PER 1.4 Ampliación de la red de alcantarillado
SH Personas	PER 1: Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	PER 1.5 Difusión sobre calidad de aguas
SH Personas	PER 2. Reutilización de agua	PER 2.1 Acuerdo de reutilización de agua de efluente PTAS Caldera
SH Personas	PER 2. Reutilización de agua	PER 2.2 Diseño de sistemas para reutilización de aguas grises domiciliarias
SH Ecosistemas	ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 1.1 APL de desaladoras
SH Ecosistemas	ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	ECO 1.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa
SH Act Productivas	PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica
SH Act Productivas	PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.1 Nuevos Pozos de monitoreo
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.2 Seguimiento y Monitoreo
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.3 Acuerdos de Colaboración con Privados

Eje	Línea de Acción	Iniciativa
Gestión Institucional	GES 1. Generación de información	GES 1.4 Estudios específicos
Gestión Institucional	GES 2. Planificación regional	GES 2.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama
Gobernanza	GOB 1. Gobernanza	GOB 1.1 Gobernanza regional
Gobernanza	GOB 1. Gobernanza	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, la que se resume en la **Figura 7-7**.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-7 Líneas de Acción del Plan Estratégico**

## 7.4 Valorización económica del Plan

El total de iniciativas propuestas y valorizadas se presenta en la **Tabla 7-22**. El monto total del Plan es de \$ 97.168 millones de pesos en 30 años (UF: 31.084,55 al mes de enero de 2022).

**Tabla 7-22. Resumen de iniciativas de inversión**

Iniciativa	Responsable	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	%
PER 1.1 Definición de estrategia de formalización de localidades	GORE	300	9.651	0,3%
PER 1.2 Evaluación de perfil de alternativas de conexión	DOH	800	25.736	0,8%
PER 1.3 Ampliación de la red de agua potable	DOH	13.530	435.264	13,9%
PER 1.4 Ampliación de la red de alcantarillado	DOH	65.568	2.109.344	67,5%
PER 1.5 Difusión sobre calidad de aguas	Empresa Sanitaria	100	3.217	0,1%
PER 2.1 Acuerdo de reutilización de agua de efluente PTAS Caldera	IM CALDERA	-	-	0,0%
PER 2.2 Diseño de sistemas para reutilización de aguas grises domiciliarias	DOH	-	-	0,0%
ECO 1.1 APL de desaladoras	Empresas desaladoras	100	3.217	0,1%
ECO 1.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	MMA	5.000	160.852	5,1%
PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	MINERÍA	800	25.736	0,8%
PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	MINERÍA	400	12.868	0,4%
GES 1.1 Nuevos Pozos de monitoreo	DGA Hidrología	320	10.295	0,3%
GES 1.2 Seguimiento y Monitoreo	DGA Hidrología	150	4.826	0,2%
GES 1.3 Acuerdos de Colaboración con Privados	DGA Regional	-	-	0,0%
GES 1.4 Estudios específicos	DGA Estudios y Planificación	300	9.651	0,3%
GES 2.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	DGA Estudios y Planificación	800	25.736	0,8%
GOB 1.1 Gobernanza regional	GORE	-	-	0,0%
GOB 1.2 Secretaría Técnica	GORE	9.000	289.533	9,3%
<b>Total (CLP\$)</b>		<b>97.168</b>	<b>3.125.926</b>	<b>0,0%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 7-23** se presenta el Plan desglosado por Línea de Acción. En los ejes de Seguridad Hídrica, la línea con mayor peso dentro del Plan corresponde a la Seguridad Hídrica de las Personas, y particularmente la mejora en la cobertura sanitaria (82,6% del total). Le sigue la protección de ecosistemas marinos (ECO 1, con un 5,2%) y la coordinación de la distribución de agua, con un 1,2%. Las iniciativas asociadas a los Desastres socionaturales no tienen costo asociado. Complementariamente, la implementación de una gobernanza (regional) requiere del 9,3% del costo del Plan, no obstante este monto debiera ser prorrateado con el resto de la región de Atacama. Las iniciativas institucionales asociadas a la Dirección General de Aguas tienen un peso relativo del 1,6%.

**Tabla 7-23. Presupuesto por Línea de Acción**

<b>Eje Estratégico / Líneas de Acción</b>	<b>Presupuesto (Millones de \$)</b>	<b>Presupuesto (UF)</b>	<b>%</b>
<b>1 SH Personas</b>	<b>80.298</b>	<b>2.583.213</b>	<b>82,6%</b>
PER 1. Mejora en la cobertura sanitaria de las Personas	80.298	2.583.213	82,6%
PER 2. Reutilización de agua	--	--	--
<b>2 SH Ecosistemas</b>	<b>5.100</b>	<b>164.069</b>	<b>5,2%</b>
ECO 1. Protección de Ecosistemas Marinos	5.100	164.069	5,2%
<b>3 SH Actividades Productivas</b>	<b>1.200</b>	<b>38.604</b>	<b>1,2%</b>
PRO 1. Coordinación de la distribución de agua	1.200	38.604	1,2%
<b>4 SH Desastres socionaturales</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>
----	--	--	--
<b>5 Gestión Institucional</b>	<b>1.570</b>	<b>50.507</b>	<b>1,6%</b>
GES 1. Generación de información	770	24.771	0,8%
GES 2. Planificación regional	800	25.736	0,8%
<b>6 Gobernanza</b>	<b>9.000</b>	<b>289.533</b>	<b>9,3%</b>
GOB 1. Gobernanza	9.000	289.533	9,3%
<b>Total general</b>	<b>97.168</b>	<b>3.125.926</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Elaboración propia

UF: 31.084,55 al mes de enero de 2022.



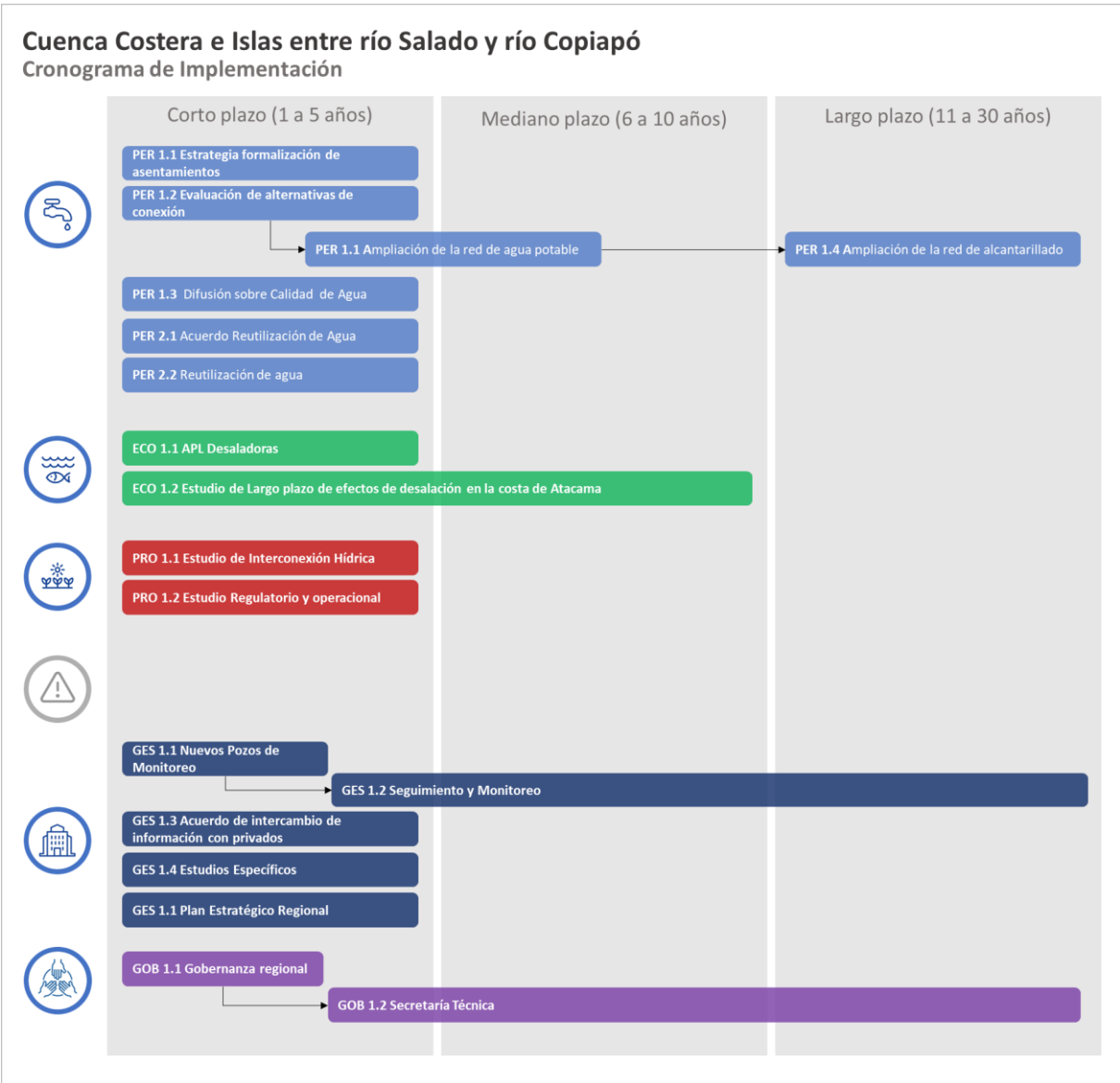
## 7.5 Cronograma de soluciones

El cuadro siguiente resume la inversión por institución responsable y período de ejecución. El responsable principal es la Dirección de Obras Hidráulicas y su Unidad de Servicios Sanitarios Rurales (82,2%) del total de las partidas. El detalle se presenta en la **Tabla 7-24**.

**Tabla 7-24. Resumen de inversión por responsable y plazo**

Responsables por Eje	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Corto (1 a 5)	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	%
<b>1 SH Personas</b>	<b>80.298</b>	<b>2.583.213</b>	<b>7.965</b>	<b>6.765</b>	<b>65.568</b>	<b>82,6%</b>
DOH	79.898	2.570.344	7.565	6.765	65.568	82,2%
Empresa Sanitaria	100	3.217	100			0,1%
GORE	300	9.651	300			0,3%
IM CALDERA	-	-				0,0%
<b>2 SH Ecosistemas</b>	<b>5.100</b>	<b>164.069</b>	<b>2.600</b>	<b>2.500</b>		<b>5,2%</b>
Empresas desaladoras	100	3.217	100			0,1%
MMA	5.000	160.852	2.500	2.500		5,1%
<b>3 SH Act Productivas</b>	<b>1.200</b>	<b>38.604</b>	<b>1.200</b>	-	-	<b>1,2%</b>
MINISTERIO DE MINERÍA	1.200	38.604	1.200	-	-	1,2%
<b>4 SH Desastres Socionaturales</b>						
---						
<b>5 Gestión Institucional</b>	<b>1.570</b>	<b>50.507</b>	<b>1.445</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>1,6%</b>
DGA Estudios y Planificación	1.100	35.387	1.100	-	-	1,1%
DGA Hidrología	470	15.120	345	25	100	0,5%
DGA Regional	-	-	-			0,0%
<b>6 Gobernanza</b>	<b>9.000</b>	<b>289.533</b>	<b>1.500</b>	<b>1.500</b>	<b>6.000</b>	<b>9,3%</b>
GORE	9.000	289.533	1.500	1.500	6.000	9,3%
<b>Total general</b>	<b>97.168</b>	<b>3.125.926</b>	<b>14.710</b>	<b>10.790</b>	<b>71.668</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Elaboración propia



Fuente: elaboración propia

**Figura 7-8 Cronograma de implementación del Plan Estratégico**

## 8. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

Las iniciativas del Plan corresponden a las acciones una vez que se han definido alcances, presupuesto, plazos y responsables.

### 8.1 Hitos de referencia

A continuación (**Tabla 8-1**), se da cuenta de las iniciativas por plazo de implementación. Buena parte de las iniciativas se desarrollan en el corto plazo, toda vez que corresponden a estudios o acuerdos que son requisito para avanzar en aspectos de mayor complejidad, como lo es la integración de las redes de distribución de agua.

**Tabla 8-1. Hitos de referencia del Plan (inversión a corto, mediano y largo plazo)**

Iniciativa	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Corto (1 a 5)	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	Responsable	Fuente de financiamiento	%
PER 1.1 Definición de estrategia de formalización de localidades	300	9.651	300			GORE	Regional	0,3%
PER 1.2 Evaluación de perfil de alternativas de conexión	800	25.736	800			DOH	Sectorial	0,8%
PER 1.3 Ampliación de la red de agua potable	13.530	435.264	6765	6765	-	DOH	Sectorial	13,9%
PER 1.4 Ampliación de la red de alcantarillado	65.568	2.109.344			65.568	DOH	Sectorial	67,5%
PER 1.5 Difusión sobre calidad de aguas	100	3.217	100			Empresa Sanitaria	Sectorial	0,1%
PER 2.1 Acuerdo de reutilización de agua de efluente PTAS Caldera	-	-				IM CALDERA	Regional	0,0%
PER 2.2 Diseño de sistemas para reutilización de aguas grises domiciliarias	-	-				DOH	Sectorial	0,0%

Iniciativa	Presupuesto (Millones de \$)	Presupuesto (UF)	Corto (1 a 5)	Mediano (5 a 10)	Largo (10 a 30)	Responsable	Fuente de financiamiento	%
ECO 1.1 APL de desaladoras	100	3.217	100			Empresas desaladoras	Privado	0,1%
ECO 1.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	5.000	160.852	2.500	2.500		MMA	Regional	5,1%
PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	800	25.736	800	-	-	MINERÍA	Sectorial	0,8%
PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	400	12.868	400	-	-	MINERÍA	Sectorial	0,4%
GES 1.1 Nuevos Pozos de monitoreo	320	10.295	320			DGA Hidrología	Sectorial	0,3%
GES 1.2 Seguimiento y Monitoreo	150	4.826	25	25	100	DGA Hidrología	Sectorial	0,2%
GES 1.3 Acuerdos de Colaboración con Privados	-	-	-			DGA Regional	Sectorial	0,0%
GES 1.4 Estudios específicos	300	9.651	300			DGA Estudios y Planificación	Sectorial	0,3%
GES 2.1 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	800	25.736	800	-	-	DGA Estudios y Planificación	Sectorial / Regional	0,8%
GOB 1.1 Gobernanza regional	-	-	-	-	-	GORE	Regional	0,0%
GOB 1.2 Secretaría Técnica	9.000	289.533	1.500	1.500	6.000	GORE	Regional	9,3%
<b>Total</b>	<b>97.168</b>	<b>3.125.926</b>	<b>14.710</b>	<b>10.790</b>	<b>71.668</b>			

Fuente: Elaboración propia

---

## 8.2 Estrategia de implementación

La estrategia de implementación del Plan recoge la estructura del instrumento, los aspectos institucionales y 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 se concentran en la provisión de agua para consumo humano y de saneamiento para el borde costero, el cual no cuenta con títulos de propiedad de la tierra que permitan la implementación de iniciativas públicas. En este caso, se debe definir una estrategia política para abordar esta brecha, la cual debe responder al consenso entre el gobierno local y el gobierno central. Si bien la cuenca posee un respaldo considerable entre las fuentes de agua continental y agua de mar desalada, existen limitantes administrativas que restringen el acceso al agua en forma segura para la totalidad de la población de la cuenca.

De esta solución política se desprenderán las alternativas posibles a evaluar dentro de una estrategia técnica y económica, que determine las opciones de mayor viabilidad y eficiencia. Esta inversión es la de mayor relevancia en esta cuenca (65,1% de la inversión total), y ciertamente es la de mayor urgencia. Dependiendo de la estrategia de normalización de asentamientos, esta inversión pudiera canalizarse a través de la empresa sanitaria responsable de la concesión regional, o bien a través de la Dirección de Obras Hidráulicas (bajo la lógica de Servicios Sanitarios Rurales).

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. Tanto las faenas de Mantoverde como Cerro Negro producen su propia agua desalada, y además abastecen a faenas que se encuentra fuera de la cuenca, como Caserones.

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 planificación, el Plan de Gestión y la 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.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8-1 Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza**

El Plan Estratégico se estructura a partir de Ejes Estratégicos, que consideran el Balance Hídrico de la cuenca, la Seguridad Hídrica de las personas, ecosistemas y actividades productivas, y 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. El diseño del Plan recoge plenamente el concepto de **Gestión Integrada de Recursos Hídricos**.

De la misma forma, la **Gobernanza** se plantea a partir de Grupos de Trabajo para cada uno de los Ejes de Seguridad Hídrica (personas, ecosistemas, actividades productivas y desastres socionaturales), los que en su conjunto aportan a un Consejo Regional de Recursos Hídricos, el que además recoge directamente temas transversales como Gestión Institucional y la Gobernanza. Finalmente, se propone una Secretaría técnica que dé respaldo técnico, continuidad operacional y reportabilidad a esta gobernanza.

---

## **8.2.2 Aspectos Institucionales**

La 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 conjunto permitan la materialización del Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la cuenca.

Se propone la instalación de un Consejo Regional de Recursos Hídricos, público-privado, que trabaje en conjunto con grupos de trabajo por eje de seguridad hídrica, con el soporte técnico de una Secretaría ad hoc.

No se propone la creación de un Consejo de Cuenca para las cuencas costeras entre el río Salado y río Copiapó, dado que las fuentes principales de abastecimiento de agua de esta se encuentran fuera de la cuenca hidrográfica, ya sea en las cuencas de Copiapó, como en el uso de agua desalada. En consecuencia, los actores que podrían dar forma a una gobernanza por cuenca quedarían de todas formas sujetos al establecimiento de acuerdos a nivel regional.

A continuación, se describen los componentes de la 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:

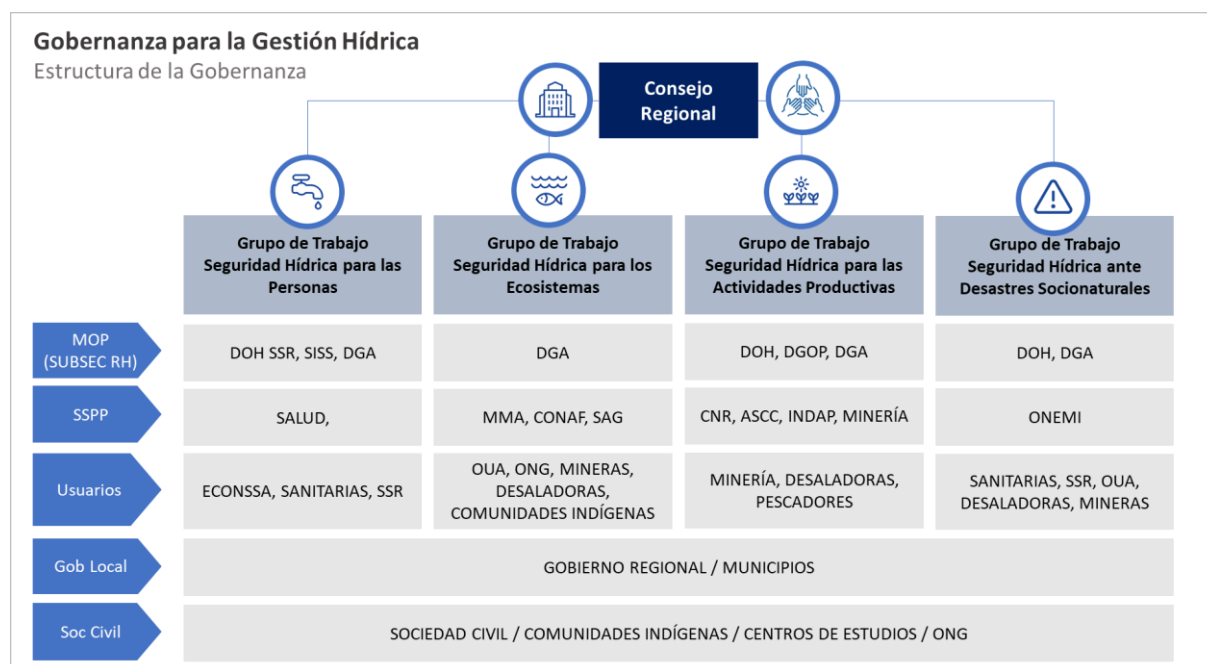
- Velar por la implementación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica
- Gestionar los apoyos y financiamientos requeridos para la implementación del Plan Estratégico
- Representar a la cuenca en las instancias políticas, técnicas y sociales que así lo requieran.
- Definición de criterios mínimos de seguridad hídrica, de común acuerdo entre todos los actores.
- Ser una instancia de acuerdo que permita 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 grupo de trabajo 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 Grupos de Trabajo

Los Grupos de Trabajo 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.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8-2 Estructura de la Gobernanza propuesta**

Algunos alcances para los grupos de trabajo 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 Grupo de Trabajo, 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.

### **8.2.2.3 Secretaría Técnica**

Se propone la constitución de una Secretaría Técnica de carácter permanente que dé soporte a la gobernanza propuesta. 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 Grupos de Trabajo. 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 a la 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 solo 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 Caldera.

En la región existe una cultura general de reúso de las aguas grises, sobre todo en las localidades del borde costero del eje Caldera - Chañaral, 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 mayoritariamente en el Ministerio de Obras Públicas), seguido de la posibilidad de implementar una colaboración público-privada para el reúso de agua en Chañaral.

Respecto de la gobernanza, mencionada 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 y 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 y discusión de este con los actores públicos y privados que participan de la gobernanza, así como su comunicación al resto de los actores regionales con interés en la gestión de los recursos hídricos. La estrategia considera los siguientes elementos:

#### **8.3.1 Público objetivo**

El público objetivo se divide en aquellos actores participantes de la gobernanza, con responsabilidades en la implementación del Plan; y el resto de la sociedad civil con interés en la gestión de los recursos hídricos.

---

En la cuenca, los actores relevantes son las empresas mineras (Mantoverde, Cerro Negro), así como aquellas que indirectamente generan compensaciones en esta cuenca y la de Copiapó (como Caserones). La empresa sanitaria (Nueva Atacama, la Superintendencia de Servicios Sanitarios y la empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios (ECONSSA). la sociedad civil de las localidades principales, donde destacan las caletas pesqueras y las juntas de vecino u organizaciones de base de los asentamientos de borde costero, y las comunidades indígenas Diaguita y del pueblo Chango. Las primeras cuentan con un asentamiento en las cercanías de la localidad de Caldera, y los segundos se encuentran dispersas sin un núcleo físico común.

A nivel regional es relevante considerar a los siguientes actores: Consejo Minero, Sociedad Nacional de Minería, Corporación Chilena del Cobre, Asociación Chilena de Desalación, la Junta de Vigilancia del río Copiapó y las Comunidades de Aguas Subterráneas asociadas.

Dentro de los servicios públicos, la Dirección General de Aguas, Dirección de Obras Hidráulicas y en particular la unidad de Servicios Sanitarios Rurales, el Ministerio de Medio Ambiente y el Servicios Agrícola y Ganadero, el Ministerio de Minería, y la Capitanía de Puerto (por el uso del Borde costero).

### **8.3.2 Contenidos a comunicar**

En el caso de los actores de la 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 esta gobernanza propuesta para el Plan Estratégico, cual es la estructura, los roles, responsabilidades y atribuciones respecto del instrumento. En tanto actores responsables del Plan, dentro de sus facultades está la modificación de este, adecuación de sus alcances o acciones, dentro del marco operativo definido por la gobernanza. Se espera que los actores de la gobernanza participen de los grupos de trabajo 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 de la gobernanza, se propone comunicar desde el concepto de Seguridad Hídrica y cada uno de sus ejes: personas, ecosistemas, actividades productivas y desastres socio naturales. 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 cuales 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 debe difundir los resultados obtenidos en el período precedente, los aprendizajes, las adecuaciones del Plan y las nuevas metas definidas.

Los contenidos a comunicar en todo momento son los siguientes:

- **Gobernanza**
  - (1) Definición del Consejo de Cuenca y mecanismos de gobernanza
  - (2) Integrantes del Consejo de Cuenca y los Grupos de Trabajo
  - (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 Grupos de Trabajo
  - (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

### **8.3.3 Medios de comunicación**

Se deben establecer mecanismos formales de trabajo dentro de la misma definición 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 gobernanza (sitio web, redes sociales), como pertenecer a los organismos que forman parte de la gobernanza.

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.

#### **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 estas metas. 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 órgano 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, las que se describen en la **Tabla 8-2**.

**Tabla 8-2. 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 de la 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 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

Las fuentes de financiamiento público de las iniciativas propuestas pueden ser sectoriales (cuando dependen de las partidas asignadas a un Ministerio en particular), regionales (cuando dependen de los Fondos Nacionales de Desarrollo Regional), o mixtas, cuando resultan de un Convenio de Programación. También se puede dar el caso de financiamiento privado, cuando los usuarios concurren con la totalidad o parcialidad de los costos de inversión requeridos.

A continuación, se presenta una revisión de las principales fuentes de financiamiento disponibles (**Tabla 8-3**).

---

**Tabla 8-3. Fuentes de Financiamiento (Millones de \$)**

<b>Eje Estratégico</b>	<b>Privado</b>	<b>Regional</b>	<b>Sectorial</b>	<b>Sectorial / Regional</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
SH Personas		300	79.998		<b>80.298</b>	82,6%
SH Ecosistemas	100	5.000			<b>5.100</b>	5,2%
SH Act Productivas			1.200		<b>1.200</b>	1,2%
SH Desastres Socionaturales						
Gestión Institucional			770	800	<b>1.570</b>	1,6%
Gobernanza		9.000			<b>9.000</b>	9,3%
<b>Total general</b>	<b>100</b>	<b>14.300</b>	<b>81.968</b>	<b>800</b>	<b>97.168</b>	<b>100,0%</b>
<b>Total (%)</b>	<b>0,1%</b>	<b>14,7%</b>	<b>84,4%</b>	<b>0,8%</b>	<b>100,0%</b>	

Fuente: Elaboración propia

El costo total del Plan alcanza a \$97.168 millones de pesos (3.125.926 UF). De este total, 81.968 millones son de financiamiento Sectorial (84,4% del total), fuertemente impactados por la provisión de agua y alcantarillado. El financiamiento regional alcanza a \$14.300 millones de pesos (14,7% del Plan).

---

## 9. MONITOREO Y EVALUACIÓN

El Plan Estratégico es parte de un proceso 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 de Proceso**

Línea de Acción	Iniciativa	Meta	Indicador de Proceso
<b>PER 1 Accesibilidad de Agua para Consumo Humano</b>	PER 1.1 Definición de estrategia de formalización de localidades	Realización del Estudio técnico	Hito de estudio técnico realizado
	PER 1.2 Evaluación de perfil de alternativas de conexión	Realización del Estudio técnico	Hito de estudio técnico realizado
	PER 1.3 Ampliación de la red de agua potable	100 % de personas con acceso seguro al agua	% de personas con acceso a agua potable
	PER 1.4 Ampliación de la red de alcantarillado	100 % de personas con acceso a alcantarillado	% de personas con acceso a alcantarillado



<b>Línea de Acción</b>	<b>Iniciativa</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador de Proceso</b>
	PER 1.5 Difusión sobre calidad de aguas	% de personas que encuentran el agua de mala calidad (a ser determinado)	% de personas que encuentran el agua de mala calidad
<b>PER 2. Reutilización de agua</b>	PER 2.1 Acuerdo de reutilización de agua de efluente PTAS Caldera	Establecimiento del Acuerdo	Acta de Acuerdo
	PER 2.2 Diseño de sistemas para reutilización de aguas grises domiciliarias	Incorporación del criterio en el diseño de soluciones de aguas servidas	Criterio incorporado (a lo menos evaluado)
<b>ECO 1 Protección de ecosistemas marinos</b>	ECO 1.1 APL de desaladoras	APL suscrito	Hito de suscripción del APL
	ECO 1.2 Estudio de largo plazo de efectos sobre la costa	10 años de seguimiento	Años de seguimiento efectivos
<b>PRO 1 Coordinación de la distribución de agua</b>	PRO 1.1 Estudio de Interconexión Hídrica	Realización del Estudio técnico	Hito de estudio técnico realizado
	PRO 1.2 Estudios regulatorios y definición de condiciones operacionales	Realización del Estudio técnico	Hito de estudio técnico realizado
<b>GES 1 Generación de Información</b>	GES 1.1 Nuevos Pozos de Monitoreo	Instalación de 3 pozos de monitoreo	Nº de pozos instalados / operativos
	GES 1.2 Seguimiento y Monitoreo	Campañas de seguimiento Hidro químico (al menos una al año)	Nº de campañas
	GES 1.3 Acuerdo de intercambio de información con privados	Establecimiento de acuerdo de colaboración	Hito de acuerdos suscritos
	GES 1.4 Estudios Específicos	Evaluación de acuíferos	Hito de Estudio técnico ejecutado
	PRO 1.3 Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la región de Atacama	Realización del Estudio técnico	Hito de estudio técnico realizado
<b>GOB 1 Gobernanza</b>	GOB 1.1 Gobernanza regional	Establecimiento de acuerdo de Gobernanza	Hito de acuerdos suscritos
	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 de la gobernanza y los actores que la conforman. Sin embargo, dada la complejidad de los indicadores propuestos, se considera necesario que se defina una secretaría técnica con financiamiento público, que realice los informes técnicos correspondientes y los ponga a disposición de la gobernanza.

Esta actividad debe ser asignada en forma específica dentro de la 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 modelo 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 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 debiera 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 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 específicamente se encuentran contenidos en la propuesta de modificaciones a este cuerpo normativo que se encuentra en tramitación en el Congreso desde el año 2011, específicamente en el artículo 293 bis. La incorporación de los PEGH 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 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 1º 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.

---

## 10.2 Integración con otros instrumentos de planificación

Complementariamente, 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, la gobernanza regional propuesta 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 que regula los sistemas de reutilización de las 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 y 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, si bien se refiere 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 consecuencia, 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 Caldera se descargan en un sector denominado el "Bosque de Caldera", sin que se realice un uso efectivo de las mismas

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.