



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

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA ENDORREICA ENTRE FRONTERIZAS Y SALAR DE ATACAMA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

Ingeniería y Gestión Ambiental Enlaces SpA

S.I.T. N° 499

Santiago, Febrero 2022

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas (s)
Ingeniero Civil Cristian Núñez Riveros

Director Regional de Aguas, Región de Antofagasta
Arturo Beltrán Schwartz (s)

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Mauricio Lorca Miranda

Inspectora Fiscal
Constructora Civil, Cecilia Roa Espinoza

Inspectora Fiscal Subrogante
Ingeniera Civil Andrea Osses Vargas

INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL ENLACES SPA

Jefa de Proyecto
Ingeniera Civil Hidráulica, María Angélica Alegría Calvo

Profesionales Equipo Especialistas

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Pía Carolina García Peña
Ingeniera Civil Hidráulica, Camila Francisca Vega Alvarado
Ingeniera Civil Hidráulica, Antonia Arroyo Welkner
Ingeniero Civil Agrícola, David Osvaldo Pavez Pavez
Antropólogo, Ph.D. Felipe Arturo Maturana Díaz
Geógrafo, Javier Ignacio Fuentes Torrejón
Geólogo, Mauricio Andrés Claría Hofer
Hidrólogo - Ingeniero Forestal, Ph.D. Rodrigo Marcelo Valdés-Pineda
Ingeniero Civil (e), Felipe Alberto Durán Burnier
Ingeniera Civil Hidráulica, María Alejandra Isamit Faure

Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Modificación del Código de Aguas: Introducción de los Planes Estratégicos De Recursos Hídricos en Cuencas	4
1.3 Contexto Actual Nacional y Mundial: Nuevos Conceptos en la Modificación del Código de Aguas.	6
1.4 Algunas Consideraciones sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) a Nivel de Cuencas	11
1.5 Objetivos y Área de Estudio	13
1.5.1. Objetivos Específicos	14
1.6 Área de Estudio	20
Capítulo 2. Caracterización de la cuenca	21
2.1 Salares, Lito y Sustentabilidad de las Cuencas Endorreicas.....	21
2.1.1 Descripción General de la Cuenca en Estudio.....	21
2.1.2 Descripción de los Salares en el Área	22
2.2 Dimensión Física.....	41
2.2.1 Geomorfología.....	41
2.2.2 Geología del Área de Estudio	45
2.2.3 División Político Administrativa	58
2.2.4 Antecedentes Demográficos	59
2.3 Clima	68
2.3.1 Caracterización climática	68
2.3.2 Eventos Extremos y Variabilidad Climática	70
2.3.3 Escenarios de Cambio Climático.....	76
2.4 Dimensión Ambiental	79
2.4.1 Sistemas Ecológicos	79
2.4.2 Áreas Protegidas o Prioritarias de Conservación	82

2.4.3	Revisión SEA, SMA, Tribunales Ambientales	85
2.4.4	Sistematización de Conflictos Ambientales y Demandas por Daño Ambiental 88	
2.4.5	Fuentes Emisoras DS 90/2000 y DS 46/2003	91
2.5	Infraestructura Hídrica	91
2.5.1	Embalses, Bocatomas y Canales.	91
2.5.2	Red Hidrométrica.	93
2.6	Caracterización Sociocultural	95
2.6.1	Antecedentes Arqueológicos	110
2.7	Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca	111
2.7.1	Gobernanza del Agua en la Cuenca	111
2.7.2	Antecedentes para la Gobernanza de Cuencas con Salares con Potencial Explotación de Litio.....	116
2.7.3	Discurso de Actores Locales sobre la Gobernanza.....	117
2.7.4	Mapa de Actores	121
Capítulo 3.	Demanda Física y Legal de Diferentes Usos	136
3.1	Antecedentes Generales	136
3.1.1	Derechos de Aprovechamiento Totales Existentes en la Cuenca Constituidos y en Trámite. Análisis Integrado.....	136
3.2	Uso Humano	154
3.3	Necesidades Mínimas Ambientales	154
3.3.1	Derechos de Agua para Uso Humano	154
3.3.2	Derechos de Agua para el Medioambiente: Caudales Ecológicos.....	154
3.4	Demanda Minera	154
3.4.1	Derechos de Agua para la Minería	155
3.5	Demanda Industrial.....	155
Capítulo 4.	Oferta Hídrica	158
4.1	Agua Superficial.....	158

4.1.1	Fuentes Superficiales	158
4.1.2	Oferta en la Fuente	162
4.1.3	Calidad Actual en Fuentes con Información	162
4.2.	Agua Subterránea	168
4.2.1.	Derechos Constituidos	168
4.2.2.	Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHACs)	170
4.2.3.	Calidad de Agua Subterránea	175
5.	Trabajo de Terreno	178
5.1.	Introducción.....	178
5.2	Programa de Trabajo.....	178
5.3.	Materiales, Equipo e Instrumental.....	180
5.4.	Definición de Puntos de Captura de Datos Hidrogeológicos.....	182
5.5.	Metodología de Construcción de Punteras	186
Capítulo 6.	Balance de Agua	194
6.1.	Situación Actual (escenario de calibración).....	194
6.1.1.	Resultados de la Simulación Hidrológica Histórica	195
6.2.	Situación Proyectada (escenarios futuros).....	198
6.2.1.	Proyección de la Oferta y Demanda Hídrica Futura	198
6.3.	Escenarios de Gestión Hídrica	200
6.3.1.	Descripción de los Escenarios Establecidos	200
6.3.2.	Resultados de la Simulación Hidrológica para los Escenarios de Gestión Hídrica 201	
7.	Brechas	205
7.1.	Gobernabilidad y Aspectos Socioculturales	207
7.2.	Brechas en Dimensión Ambiental y Calidad de Agua.....	216
7.3.	Brechas en Hidrogeología.....	218
7.4.	Brechas en Infraestructura.....	220
7.5.	Brechas SIG	220

7.6.	Brechas en Minería.....	221
7.7.	Brechas en la modelación WEAP	221
8.	Acciones	223
8.1.	Gobernabilidad y Aspectos Socioculturales	223
8.1.1.	Capacidad de Carga Demográfica/Capacidad de Acogida de los Territorios	223
8.2.	Dimensión Ambiental y Calidad de Aguas.....	225
8.2.1.	Acceso a la Información.....	225
8.2.2.	Normativa de Sustentabilidad de Salares	225
8.2.3.	Caudales de Reserva en Sitios de Interés.....	225
8.2.4.	Estudio del Derecho de la Naturaleza.....	226
8.3.	Hidrogeología	227
8.4.	Infraestructura	228
8.5.	Sistemas de Información	228
8.6.	Modelación WEAP.....	228
9.	Cartera de Acciones	229
9.1.	Síntesis de Acciones Propuestas.....	229
9.2.	Evaluación de las Iniciativas.....	231
9.2.1.	Metodología de Priorización	231
9.2.2.	Criterios de Evaluación Económica y Estratégica.	236
9.2.3.	Criterios de Evaluación Ambiental	236
9.2.4.	Criterios de Evaluación Social y de Participación Ciudadana (PAC).....	238
9.3.	Priorización de las Iniciativas.....	239
9.3.1.	Ejecutora o Mandante D.G.A	241
9.3.2.	Otras Instituciones.....	242
9.4.	Valorización Económica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica.....	244
9.5.	Distribución de Costos por Actores	246
9.6.	Cronograma de las Soluciones	248

10.	Implementación del Plan.....	250
10.1	Hitos de Referencia en la Implementación del Plan.....	250
10.1.1	Corto Plazo	251
10.1.2	Mediano Plazo	252
10.1.3	Largo Plazo	253
10.2	Estrategia de Implementación	253
10.2.1	Aspectos Institucionales	254
10.2.2	Aspectos de Cultura del Agua	254
10.2.3	Aspectos Normativos	254
10.2.4	Pasos de la Implementación	255
10.3	Estrategia de Comunicación y Relacionamiento.....	255
10.4	Identificación de Fuentes de Financiamiento del Plan.....	256
11	Monitoreo y Evaluación del Plan.....	257
11.1	Indicadores.....	257
11.2	Seguimiento del PEGH.....	258
11.3	Mecanismos para el Análisis y Toma de Decisiones.....	260

Figuras

Figura 1-1.	Pasos internacionales en Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	16
Figura 1-2.	Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama y salares en la zona.	19
Figura 2-1.	Pertenencias mineras vigentes en la cuenca.	34
Figura 2-2.	Mapa morfotectónico y de estructuras regionales de los Andes Centrales y zonas adyacentes.	47
Figura 2-3.	Modelo tectónico que muestra las estructuras y segmentación de Altiplano-Puna con el espesor de la litósfera.	48
Figura 2-4.	Unidades morfoestructurales en los Andes Centrales de Chile.	50
Figura 2-5.	Mapa del norte de Chile con las fallas y lineamientos de escala regional.	52

Figura 2-6. Mapa esquemático del Complejo Volcánico Altiplano-Puna y caldera asociadas.	53
Figura 2-7. Esquema de la caldera La Pacana y distribución de las ignimbritas asociadas a su formación.	54
Figura 2-8. Perfiles esquemáticos de la Caldera La Pacana, estructuras y depósitos volcanoclásticos.	55
Figura 2-9. Mapa geológico de las cuencas endorreicas entre el salar de Atacama y Fronterizas.	57
Figura 2-10. Entidades INE 2017 en la cuenca.	62
Figura 2-11. Entidades Censo 2002 en la cuenca.	64
Figura 2-12. Climas presentes en la zona de estudio, según la clasificación de Köppen.	69
Figura 2-13. Variabilidad intra-anual de la precipitación media mensual en la cuenca.	71
Figura 2-14. Variabilidad intra-anual de las temperaturas medias mensuales en la cuenca.	71
Figura 2-15. Variabilidad inter-anual de la precipitación en la cuenca.	72
Figura 2-16. Variabilidad inter-anual de las temperaturas en la cuenca.	73
Figura 2-17. Pisos vegetacionales Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	81
Figura 2-18. Áreas Protegidas o Prioritarias de conservación en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	84
Figura 2-19. Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	86
Figura 2-20. Punto de captación comunidad Peine, cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	92
Figura 2-21. Ubicación estaciones meteorológicas dentro y cercanas a la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	94
Figura 2-22. Pisos Ecológicos en SPA: 1) Vegas Forrajeras, 2) Oasis Agrarios Bajos, 3) Oasis y Quebradas Intermedias y 4) Alta Puna	96
Figura 2-23. Principales Asentamientos Humanos y Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama	100
Figura 2-24. Reclamaciones territoriales de las Comunidades Atacameñas en la Comuna de SPA.	102
Figura 2-25. Sectores de Pastoreo Tradicional en la Comuna de SPA.	104
Figura 2-26. Rutas Troperas en la Comuna de SPA.	106
Figura 2-27. Modelo de Integración Multinivel.	112

Figura 2-28 Principios y Dimensiones en la Gobernanza del Agua.	113
Figura 2-29. Esquema de Gobernanza de cuenca.	115
Figura 2-30. Diagrama Influencia / Interés de Actores Sociales en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	135
Figura 3-1. DAA constituidos en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	139
Figura 3-2. DAA regularizados en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	140
Figura 3-3 Áreas de exploraciones en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	144
Figura 3-4. Ubicación de derechos de agua con cobro de patente en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	152
Figura 3-5. Derechos concedidos, subterráneos y de uso minero.	156
Figura 4-1. Hidrografía de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	160
Figura 4-2. Derechos constituidos subterráneos en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	169
Figura 4-3. SHACs en el área de estudio.	172
Figura 4-4. Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definido en este estudio.	174
Figura 5-1. Materiales e instrumental para trabajos y mediciones de terreno. (a) tubería y accesorios de pvc, (b) equipos de medición y muestreo de aguas, (c) recipientes con envases para muestras de agua y (d) pozómetros.	182
Figura 5-2. Caminos que conducen al sector oriental y sur del Salar de Loyoques cerrado por las comunidades.	184
Figura 5-3. Ubicación de punteras.	185
Figura 5-4. Perforación de puntera PU-2.	187
Figura 5-5. Habilitación de la puntera PU-1.	188
Figura 5-6. Medición de nivel estático en la puntera PU-2.	189
Figura 5-7. Medición de parámetros fisicoquímicos en vertiente sur del Salar de Aguas Calientes Centro (VT-13).	190
Figura 5-8. Toma de muestras para análisis hidroquímico e isotópico en el pozo LA-0.	191
Figura 6-1. Simulación de caudales Salar de Aguas Calientes II, basada en WEAP Princeton.	196
Figura 6-2. Demandas anuales en los escenarios climáticos y de gestión en el modelo.	204
Figura 9-1. Procedimiento esquemático de priorización de iniciativas para el PEGH.	232

Figura 10-1. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el corto plazo.	251
Figura 10-2. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el mediano plazo.	252
Figura 10-3. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el largo plazo.	253

Tablas

Tabla 1-1. División administrativa de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama	18
Tabla 2-1. Salares en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	22
Tabla 2-2. Contenidos de elementos en los Salares.	33
Tabla 2-3. Resumen de formaciones dentro de la cuenca y descritas en el Mapa Geológico de Chile.	56
Tabla 2-4. Superficie de Cuenca y Comuna.	58
Tabla 2-5. Población Total, por género y urbana y rural.	59
Tabla 2-6. Crecimiento de Población	60
Tabla 2-7. Entidades en el área de Estudio, Comuna de San Pedro de Atacama.	63
Tabla 2-8. Población indígena en sector urbano rural y comunal.	67
Tabla 2-9. Serie completa de precipitaciones medias mensuales.	74
Tabla 2-10. Flujos hidrológicos (en mm) para distintos períodos, y modelos de circulación general.	78
Tabla 2-11. Proyectos por Tipo y Sector Productivo en Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	87
Tabla 2-12. Unidades Fiscalizables (U.F.) en la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	88
Tabla 2-13. Matriz de Categorización de los Actores relevantes.	124
Tabla 3-1. Derechos de agua en el área de estudio.	141
Tabla 3-2. Exploraciones en el área en estudio	145
Tabla 3-3. Reporte de transferencias del CBR (erróneo)	149
Tabla 3-4. Cobros de patente por no uso año 2020.	153
Tabla 3-5. DAA para uso Minero	157
Tabla 4-1. Lagunas en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	161
Tabla 4-2. Resumen principales conclusiones estudios hidrogeoquímicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca.	165
Tabla 4-3. Resultados Muestreo Calidad de Agua Superficial Cuenca Endorreica	167
Tabla 4-4 Resultados Muestreo Calidad de Agua Subterránea Cuenca Endorreica	170

Tabla 4-5. Derechos subterráneos constituidos en la cuenca.	171
Tabla 4-6. SHACs en el área de estudio.	176
Tabla 5-1. Programa de trabajo campaña de terreno.	179
Tabla 6-1. Sensibilidad del modelo al factor de corrección de lluvias.	195
Tabla 6-2. Balance hídrico anual en cuenca.	196
Tabla 6-3. Estimaciones de la recarga directa promedio mensual (m ³ /mes) obtenidas desde los nodos de demanda para cada unidad hidrológica definida en el modelo WEAP-Endorreicas.	197
Tabla 6-4. Estimaciones de la recarga lateral promedio mensual (m ³ /mes) obtenidas desde los nodos de demanda para cada unidad hidrológica definida en el modelo WEAP-Endorreicas.	197
Tabla 6-5. Demanda de agua promedio mensual simulada (Mm ³ /mes) para cada escenario de cambio climático y su correspondiente escenario de gestión hídrica utilizando el modelo WEAP- Endorreicas (Incluye todos los nodos de demanda).	199
Tabla 6-6. Demandas simuladas (m ³ /mes) desde todos los nodos de demanda disponibles en las cuencas Endorreicas. Los escenarios de gestión incluyen las demandas asociadas a la activación de derechos de agua dentro de toda la cuenca.	202
Tabla 6-7. Almacenamiento promedio mensual de agua subterránea (m ³ /mes) en las cuencas Endorreicas considerando todos los acuíferos disponibles en el modelo WEAP-Endorreicas.	203
Tabla 9-1. Síntesis de acciones propuestas para la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.	229
Tabla 9-2. Porcentajes de ponderación criterios.	233
Tabla 9-3. Matriz Técnica de Priorización de Iniciativas.	234
Tabla 9-4. Escala de evaluación cualitativa para Evaluación Ambiental.	237
Tabla 9-5. Escala de evaluación cualitativa Indicador Incidencia del Impacto	238
Tabla 9-6: Resultado de la metodología de priorización para las acciones propuestas	240
Tabla 9-7. Acciones Ejecutadas exclusivamente por la DGA	242
Tabla 9-8. Distribución de responsables por acciones	243
Tabla 9-9. Monto de inversión desglosado por cada eje e iniciativa propuesta. En UF de febrero 2022.	245
Tabla 9-10. Evaluación económica a través del VAC y CAE. En UF de febrero 2022.	246
Tabla 9-11. Distribución de costos asignados exclusivamente a la DGA. En UF de febrero 2022.	247

Tabla 9-12. Distribución de costos por otros actores relevantes. En UF de febrero 2022: 9-248	
Tabla 9-13. Cronograma de las soluciones	249
Tabla 10-1. Distribución de costos según mandante DGA u otros.	256
Tabla 11-1. Seguimiento del PEGH.	259

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción

De los numerosos estudios y reportes, se tiene que Chile enfrenta probablemente la situación más crítica en su historia respecto de los recursos hídricos, originada principalmente por tres grandes factores: eventos hidrológicos extremos de sequías e inundaciones, fallas en la gestión y gobernanza del agua, y falta de información adecuada y oportuna para la toma de decisiones hídricas.

En relación con el primer factor antes señalado, se tiene que la mega sequía que afecta al territorio nacional desde la última década ha generado pérdidas socioeconómicas y medioambientales considerables, estimando que al año 2025 Chile estará dentro de los 30 países con mayor riesgo hídrico en el mundo. De acuerdo con datos de la Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015, la brecha hídrica promedio es de 82,6 m/s y aumentará a 149 m/s al año 2030¹. Por otro lado, condiciones características del norte, de exceso de agua en cortos periodos de tiempo durante el invierno boliviano, que generan inundaciones, aluviones, y eventos de remoción en masa, con graves daños a la infraestructura hídrica y a la población, se han venido acrecentando por el cambio climáticos.

Según el Informe a la Nación - La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro, de noviembre 2015, del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², señala que al menos un 25% del déficit de precipitación durante la megasequía es atribuible al cambio climático antrópico. Este impacto, se prevé, seguirá contribuyendo durante el siglo XXI a una progresiva aridificación de la zona centro y sur de Chile, incrementando la ocurrencia de sequías extensas y prolongadas como la actual.

El estudio expresa que la sequía experimentada por la zona más habitada de Chile es un fenómeno extraordinario por su duración y extensión, sin parangón en registros instrumentales históricos ni paleoclimáticos de los últimos 1000 años.

Igualmente señala que más de la mitad del déficit pluviométrico durante la megasequía es producto de alteraciones climáticas de origen natural y que varían en el tiempo. Sin embargo, el cambio climático antrópico es responsable de al menos un cuarto del déficit

¹ Resolución Exenta DGA N° 49, del 20 de enero de 2021, APRUEBA BASES ADMINISTRATIVAS Y TECNICAS "PLAN ESTRATÉGICO DE GESTION HIDRICA EN LA CUENCA ENDORREICA ENTRE FRONTERIZAS Y SALAR ATACAMA", considerando 1.

² <https://www.cr2.cl/megasequia/>

observado, una fracción que, se prevé, aumentará en el futuro y que ha generado impactos sustanciales sobre los caudales de las aguas subterráneas, las zonas costeras, la propagación de incendios y la cobertura vegetal, entre otros, y en donde las respuestas emanadas de la multiplicidad de agencias estatales con competencia sobre los recursos hídricos resultan ineficientes por su escasa coordinación con medidas inadecuadas desde un punto de vista social y económico.

Termina señalando que las proyecciones climáticas indican de manera consistente que en un horizonte de algunas décadas la condición media será similar a la que se ha experimentado en los últimos cinco años, acentuando y extendiendo hacia el sur el desbalance entre la oferta y demanda de agua dulce

De ello se tiene que la disociación histórica entre la gestión del agua superficial y subterránea en el país, o la gestión fragmentada del agua subterránea en sistemas que conforman una sola cuenca (ejemplo: Salar de Atacama), ha generado conflictos y efectos importantes. Ejemplo de ello han sido los efectos no previstos en ecosistemas únicos como vegas y bofedales protegidos en la parte sur del salar mencionado, además de los impactos en los sistemas de agua dulce producto de la explotación de salmuera por parte de las empresas, y que no han sido adecuadamente considerados en las evaluaciones ambientales principalmente por la falta de conocimiento y herramientas matemáticas que permitan determinar los reales efectos y en consecuencia, determinar medidas de control pertinentes.

Si bien se ha avanzado en integrar estos aspectos, el concepto de manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas en las propuestas de acciones en los instrumentos de planificación no ha sido relevante hasta estos últimos años, especialmente en el caso de las cuencas del norte de Chile³.

Todo lo anterior compone o forma parte de la crisis hídrica de Chile en lo relacionado con ineficiencias en la gestión del agua en todos los niveles de la institucionalidad hídrica, que generan escasez.

Ello se evidencia en la existencia de procesos innecesariamente lentos y burocráticos por parte de un Estado que no ha sido oportuno tanto para enfrentar y resolver la crisis hídrica,

³ Resolución Exenta DGA N° 49, del 20 de enero de 2021, APRUEBA BASES ADMINISTRATIVAS Y TECNICAS "PLAN ESTRATÉGICO DE GESTION HIDRICA EN LA CUENCA ENDORREICA ENTRE FRONTERIZAS Y SALAR ATACAMA", considerando 3.

conflictos entre privados y comunidades para distribuir el agua disponible, además de los perjuicios medioambientales a los ecosistemas y a las personas. Estas condiciones han generado problemas en el abastecimiento y en la conservación de ecosistemas asociados a los cuerpos de agua por fallas en la gobernanza que impiden la planificación del uso y conservación del agua en los territorios. Por lo tanto, cada vez se hace más urgente la elaboración de estudios que apoyen la correcta formulación de políticas, planes, programas y normativas, en el más breve plazo, que permitan toma de decisiones adecuadas respecto al agua, que orienten la planificación del ejercicio de las facultades y funciones de la institucionalidad del agua, es clave para la seguridad hídrica en Chile.

En dicho sentido, los lineamientos de la Dirección General de Aguas consideran el perfeccionamiento de las materias concernientes a la tenencia, uso, aprovechamiento y administración del agua y otros recursos naturales estratégicos, siendo hoy indispensable buscar nuevas fórmulas que mejoren la gestión del agua en el territorio, con un enfoque basado en la sustentabilidad de los recursos, respondiendo de manera oportuna a los riesgos e impactos asociados al cambio climático. A ello debe agregarse la componente de conservación y protección de los ecosistemas asociados a los recursos hídricos y a la no afectación de los territorios ni sus recursos naturales.

Para esto, la cuenca hidrográfica es la unidad territorial que se considera más apropiada para la gestión de las aguas por ser la unidad geográfica en donde se desarrolla el ciclo del agua y que contiene las principales formas terrestres que captan y concentran la disponibilidad de agua que proviene de las precipitaciones y aportes cordilleranos por deshielos de la reserva nival, además de desarrollarse en ella, por sus características físicas, la interrelación e interdependencia entre los usos, necesidades ecosistémicas, grupos interesados y usuarios. De esta forma, la cuenca constituye la unidad de planificación y gobernanza más adecuada del agua para sustentar la seguridad hídrica de Chile.

Por lo anterior, la DGA promueve la elaboración de "Planes Estratégicos de Gestión Hídrica" (PEGH) por cuencas del país, lo que, a diferencias de otros instrumentos de planificación de la gestión del agua abordados anteriormente, apuntan a subsanar los problemas no resueltos por dichos instrumentos, a lo cual se le agregan modelos hidrológicos operacionales superficiales-subterráneos como apoyo a la determinación de las disponibilidades de agua en las cuencas y en los acuíferos relacionados, considerando, cuando ello es posible, la interacción entre aguas superficiales y subterráneas. Estos modelos permiten actualizaciones en el tiempo incorporando la nueva información que se

vaya generando, aportando escenarios que entregan opciones cuantitativas a los tomadores de decisión.

Como consecuencia de lo anterior se tiene la reciente aprobación de la modificación del Código de Aguas por parte del congreso nacional, en donde de manera explícita se incorpora este concepto

1.2 Modificación del Código de Aguas: Introducción de los Planes Estratégicos De Recursos Hídricos en Cuencas

La modificación ya señala establece de manera expresa las siguientes disposiciones legales:

Artículo 293 bis.- Cada cuenca del país deberá contar con un Plan Estratégico de Recursos Hídricos tendiente a propiciar la seguridad hídrica en el contexto de las restricciones asociadas al cambio climático, el cual será público. Dicho plan será actualizado cada diez años o menos, y deberá considerar a lo menos los siguientes aspectos:

1. La modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca.
2. Un balance hídrico que considere los derechos constituidos y usos susceptibles de regularización; la disponibilidad de recursos hídricos para la constitución de nuevos derechos, y el caudal susceptible de ser destinado a fines no extractivos.
3. Un plan de recuperación de los acuíferos cuya sustentabilidad, en cuanto a cantidad y calidad físico química, se encuentre afectada.
4. Un plan para hacer frente a las necesidades futuras de recursos hídricos con preferencia en el consumo humano. Una evaluación por cuenca de la disponibilidad de implementar e innovar en nuevas fuentes para el aprovechamiento y la reutilización de aguas, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, tales como, la desalinización de agua de mar, la reutilización de aguas grises y servidas, la recarga artificial de acuíferos, la cosecha de aguas lluvias y otras. Dicha evaluación incluirá un análisis de costos de las distintas alternativas, la identificación de los potenciales impactos ambientales y sociales para una posterior evaluación, y las proyecciones de demanda para consumo humano a diez años.
5. Un programa quinquenal para la ampliación, instalación, modernización y/o reparación de las redes de estaciones fluviométricas, meteorológicas, sedimentométricas, y la mantención e implementación de la red de monitoreo de calidad de las aguas, de niveles de pozos, embalses, lagos, glaciares y rutas de nieve.

6. Adicionalmente, en el evento de que se hayan establecido en la cuenca los planes de manejo a los que hace referencia el artículo 42 de la ley N° 19.300, deberán incorporarse al respectivo Plan Estratégico de Recursos Hídricos.

El referido Plan deberá ser consistente con las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables a los que hace referencia la letra a) del artículo 71 de la ley N° 19.300.

Un reglamento dictado por el Ministerio de Obras Públicas establecerá el procedimiento y los requisitos específicos para confeccionar los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en cuencas.

Adicionalmente se considera la creación de Fondo para la Investigación, Innovación y Educación en Recursos Hídricos

Artículo 293 ter.- Créase un Fondo para la Investigación, Innovación y Educación en Recursos Hídricos, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, que se ejecutará a través de la Dirección General de Aguas. El fondo estará destinado a financiar las investigaciones necesarias para la adopción de medidas para la gestión de recursos hídricos y, en particular, para la elaboración, implementación y seguimiento de los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas, establecidos en el artículo 293 bis y se distribuirá entre las regiones del país, para la elaboración de dichos planes.

Este fondo estará constituido por los aportes que se consulten cada año en la Ley de Presupuestos del Sector Público.

Anualmente se desarrollará un concurso público por medio del cual se efectuará la selección de las investigaciones y estudios que se postulen para ser financiados con cargo al fondo. El reglamento establecerá la composición del jurado, las bases generales, el procedimiento y la forma de postulación al concurso en base a criterios de distribución preferentemente regional. En todo caso, las postulaciones deberán expresar a lo menos los fines, componentes, acciones, presupuestos de gastos, estados de avance y los indicadores de verificación de éstos.

Para efectos de la selección, la Dirección General de Aguas llevará a cabo una evaluación técnica y económica de los proyectos que postulen. Esta evaluación, cuyos resultados serán públicos, se efectuará sobre la base de los criterios de elegibilidad que anualmente aprueba la Dirección General de Aguas, que deberá considerar, al menos, los efectos de la investigación o estudios a nivel nacional, regional o comunal, la población que beneficia o

impacta, la situación social o económica del respectivo territorio y el grado de accesibilidad para la comunidad.”.

Finalmente, esta modificación considera en las Disposiciones transitorias lo siguiente en cuanto a estos planes:

Artículo décimo octavo. - Los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, que se dicten en el tiempo intermedio que transcurra entre la entrada en vigencia de la presente ley y la entrada en vigor de la Ley Marco de Cambio Climático, deberán ajustarse a las disposiciones de la ley posterior y, supletoriamente, a lo indicado en el Código de Aguas.”.

1.3 Contexto Actual Nacional y Mundial: Nuevos Conceptos en la Modificación del Código de Aguas.

A nivel nacional, los sucesos acontecidos en octubre de 2019 evidenciaron las fallas de un sistema de gestión de los bienes comunes y los recursos naturales, entre ellos los recursos hídricos, que debe subsanarse. En efecto, a más de 40 años de la instauración de un sistema económico que otorgó el carácter de propiedad privada a las aguas, generaron efectos que aun cuando se han tratado de enmendar han provocado profunda desigualdad en el acceso a un recurso vital y un derecho humano, lo que, en conjunto con otros aspectos como salud, educación, pensiones, generaron los acontecimientos sociales que forzaron en el país a un cambio de la constitución política.⁴ Adicionalmente, en los últimos años la humanidad ha desarrollado a una velocidad asombrosa, una gran capacidad, cada vez más acelerada de la mano de la tecnología, de captar información, procesarla, aprender de ella y tomar decisiones, en donde las claves son la mente creativa de los seres humanos, los sistemas de redes de comunicación y geolocalización, y el efecto red de los usuarios de plataformas. Este proceso también ha incidido fuertemente en la gestión del agua ya que las personas son participes más proactivas, demandantes y críticas, pero también colaboradoras en este tema.

Estos avances tecnológicos, ambientales, sociales y biológicos representan un enorme desafío para cambiar paradigmas a fin de poder enfrentar las condiciones de vida que se presentan en esta nueva era. Como se dijo, ello no es ajeno a algo tan concreto como la gestión sostenible del agua, fuente de vida, desarrollo y conservación de las personas y de los ecosistemas.

⁴ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-50124583>, punto 4. Privatización del agua

Este nuevo contexto obliga a una reformulación del modo de hacer las cosas, que internalice los efectos sociales, ambientales y globales, orientado en la definición de un renovado mecanismo de asignación de recursos, dotando al sistema público de un rol regulatorio que evite excesos, que sea adecuado y oportuno, y que permita definir e implementar políticas públicas de solidaridad social para con los grupos rezagados del desarrollo.

En consecuencia, el análisis y las propuestas que se hagan respecto de la gestión del agua, deben cautelar tanto los intereses individuales como los colectivos que se pueden ver afectados por las decisiones adoptadas en el desarrollo de las actividades de los primeros en la búsqueda de obtener mayores beneficios económicos, por lo que la propuesta de desarrollar ciertas actividades respecto del uso o extracción del agua por parte de algunos actores económicos no puede implicar ni afectar algún tipo de derecho, como el derecho humano al agua.

En el último tiempo se ha dado una suerte de colisión entre dos perspectivas que necesariamente tendrán que coexistir de manera armónica por su importancia: el fortalecimiento del discurso de los derechos humanos, evidenciado entre otras cosas por lo ya señalado como el derecho humano al agua, el derecho de la naturaleza, y los derechos derivados del escenario de cambio climático⁵, y la gran relevancia que han cobrado actores sociales como las empresas nacionales y transnacionales que, en ocasiones, son económica y políticamente más poderosas que los países en los cuales operan.

Es particularmente paradigmático el que, al momento del desarrollo de este estudio, en el país se realice en paralelo un proceso constituyente que busca definir un marco de convivencia común en una nueva era, lo que brinda la oportunidad de debatir, de tener un análisis crítico y una reflexión colectiva, en donde se aportarán nuevas ideas y necesariamente se desarrollarán las capacidades de adaptación necesarias. Este Plan Estratégico no puede estar ajeno a ello y debe incluir los lineamientos que se vayan determinando a fin de que sea un instrumento oportuno y adaptado a los nuevos contextos normativos que nos regirán.

⁵ Urgenda https://elpais.com/sociedad/2019/12/22/actualidad/1577036985_046717.html

<https://www.theguardian.com/law/2020/jul/22/world-first-legal-case-student-accuses-australia-of-misleading-investors-on-climate-risk>

<https://www.theguardian.com/world/2021/apr/29/historic-german-ruling-says-climate-goals-not-tough-enough>

Por todo lo señalado, en el caso de este Plan Estratégico y la propuesta de actividades dentro del plan de acción, no pueden limitarse a enfoques clásicos o tradicionales y son necesarias nuevas e innovadoras propuestas que permitan reformular una nueva hoja de ruta abandonando los enfoques clásicos y antiguos paradigmas. La forma de hacer las cosas hasta ahora ha sido la receta para un desastre con las consecuencias que el mundo enfrenta, incluido el ámbito de los planes estratégicos y de las cuencas de nuestra consultoría.

A lo dicho en el párrafo anterior, se le suma la reciente modificación del Código de Aguas que considera normas en cuanto el agua como derecho humano y los derechos de la naturaleza.

Respecto del agua como derecho humano, la nueva normativa contempla disposiciones como:

- El acceso al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable que debe ser garantizado por el Estado (art 5°)
- Establece que los Servicios Sanitarios Rurales (Ex APR) podrán extraer y usar hasta 12 l/s mientras tramitan la solicitud definitiva (art 5° bis inciso final)
- Acceso a aguas superficiales para satisfacer el derecho humano al agua ...” Con la sola finalidad de satisfacer la bebida y usos domésticos, cualquier persona podrá extraer aguas provenientes de las vertientes, de las nacientes cordilleranas o de cualquier forma de recarga natural que aflore superficialmente (Art 20, inciso final).
- Los Comités de Agua Potable Rural podrán hacer uso de aguas subterráneas destinadas al consumo humano, la que podrán extraer de pozos cavados en el suelo propio de la organización, de alguno de los integrantes de ella, o de terrenos del Estado (art 56)

Sobre usos prioritarios del agua:

- Define funciones de subsistencia, protección de los ecosistemas y usos productivos y establece prioridades ...” siempre prevalecerá el agua para consumo humano de subsistencia y el saneamiento, tanto en el otorgamiento como en la limitación al ejercicio de los derechos de aprovechamiento (Art 5° bis)
- “La autoridad deberá siempre velar por la armonía y el equilibrio entre la función de preservación ecosistémica y la función productiva que cumplen las aguas (Art 5 bis)

- El Estado podrá constituir reservas de aguas disponibles, superficiales o subterráneas, para asegurar el ejercicio de las distintas funciones de subsistencia y de preservación ecosistémica en conformidad a lo dispuesto en el artículo 147 bis (Art 5° ter)
- El/la Presidente/a por decreto puede constituir derechos de aprovechamiento en donde no exista disponibilidad para la función de subsistencia (Art 147 quater)

En cuanto a Sustentabilidad:

- Reconoce que las aguas cumplen una función de preservación ecosistémica. No se podrá constituir derechos de aprovechamiento en glaciares (Art 5 bis)
- Exige medición y reporte de los caudales extraídos de aguas subterráneas (Art 38) y de los caudales extraídos de aguas superficiales y de su restitución (Art 68)
- Los concesionarios mineros deberán informar a la autoridad (90 días) sobre las aguas halladas, indicando ubicación, caudal y cantidad a extraer, justificando en qué se usará y asegurando que no afectará la sustentabilidad del acuífero o los derechos de terceros (Art 56)
- No se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten áreas de vegas, pajonales y bofedales en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo, sino con autorización fundada de la DGA, la que previamente deberá identificar dichas zonas (Art 58 inciso final)
- Se limita el ejercicio de los derechos de aprovechamiento si la explotación de aguas subterráneas produce una degradación del acuífero o parte de este, al punto que afecte su sustentabilidad (Art 62)
- Las zonas que correspondan a acuíferos que alimenten de vegas, pajonales y bofedales en las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo se entenderán prohibidas para mayores extracciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones (Art 63)
- Fija un caudal ecológico para todos los nuevos derechos y para aquellos derechos ya otorgados en áreas protegidas, adicionalmente a la obligación vigente de caudales ecológicos en la solicitud de traslado y en el caso de obras mayores (Art 129 bis 1)

Sobre Áreas protegidas se considera:

- No se podrán otorgar derechos de agua en las áreas declaradas bajo protección oficial para la protección de la biodiversidad, los humedales de importancia internacional y

aquellas zonas contempladas en los artículos 58 y 63 del Código, a menos que se trate de actividades con los fines de conservación del área.

- Los derechos de aprovechamiento ya existentes en las áreas indicadas solo podrán ejercerse en la medida que ello sea compatible con la actividad y fines de conservación de éstas (Art 129 bis 2)
- Quedan exentos del pago de patentes los derechos en áreas protegidas que no se utilizan debido a la finalidad de conservación del área (Art 129 bis 9). Se establece un nuevo tipo de concesiones de agua de uso no extractivo para turismo y conservación (Art 129 bis 1°)

Se define el carácter de los futuros derechos

- Los nuevos derechos de aprovechamiento después de la promulgación de la reforma se otorgarán como concesiones de aprovechamiento temporales y renovables
- El período de duración del derecho será de 30 años, de conformidad a los criterios de disponibilidad y sustentabilidad de la fuente de abastecimiento y/o del acuífero. La autoridad fundadamente podrá entregar la concesión por un período menor (Art 6°)
- La duración del derecho de aprovechamiento se prorrogará a menos que la DGA acredite el no uso efectivo del recurso. Esta prórroga se hará efectiva en la parte utilizada de las aguas y con criterios de sustentabilidad de la fuente de abastecimiento.

Incorpora extinción y caducidad de los derechos de agua:

- Los derechos de agua anteriores a la reforma seguirán siendo indefinidos, pero quedarán sujetos a causales de extinción por no uso (Art 129 bis 4 y bis 5), de caducidad por no inscripción en el CBR (Art 2° Transitorio)
- Los derechos de aprovechamiento se extinguirán si el titular no hace uso efectivo del recurso. En el caso de los derechos consuntivos, dicho plazo será de 5 años y en el caso de los derechos no consuntivos, será de 10 años, desde que se incluyen por primera vez en el listado de derechos de agua afectos al pago de patente (Art 6° bis)
- Los derechos de agua caducarán si no se acredita su inscripción en el CBR
- Están exentos de caducidad los servicios Sanitarios Rurales, las comunidades agrícolas, titulares de áreas protegidas, indígenas y comunidades indígenas del Art 9 de la Ley 19253 (Art 2° transitorio)

Consideración especial de comunidades indígenas, campesinos/as y agua potable rural:

- Estarán exentos de aplicación de caudal ecológico los derechos de agua cuyos titulares sean pequeños productores agrícolas de la Ley 18910, art 13 (Art 129 bis 1)
- Se exime del pago de patente a los servicios sanitarios Rurales, comunidades indígenas y campesinos beneficiarios de Indap (Art 129 bis 9)
- Están exentos de la causal de caducidad por no inscripción en el CBR los derechos de agua de los Servicios Sanitarios Rurales, las comunidades agrícolas, los propietarios de áreas protegidas, indígenas y comunidades indígenas (Art 2º Transitorio)

Establece obligaciones de Información como:

- Existirá la obligación de inscribir e informar so pena de caducidad (Art 136 y 137)
- Establece la obligación de informar sobre captaciones y restituciones (Art 38 y 307 bis)
- Perfecciona el Catastro Publico de Aguas e Inventario Público y Monitoreo de Glaciares

1.4 Algunas Consideraciones sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) a Nivel de Cuencas

En este acápite se desarrolla brevemente un análisis de contexto acerca de la GIRH, sin perjuicio de que en el Anexo J.1 se ha incluido un análisis más detallado de dicho proceso.

Es importante tener en cuenta que para el desarrollo armónico y sostenible de los recursos hídricos en una cuenca, como base de otros sistemas relevantes dentro de ella, deben hacerse ajuste que van desde el ámbito constitucional, legal, normativo y procedimental, partiendo por la consideración de que, y como se ha establecido a nivel mundial, el agua es un bien público y común a todos los seres humanos y como tal debe regularse conforme a las reglas del derecho público (administrativo) y no a las reglas del derecho privado (Código Civil), como acontece desde 1981 lo que ha generado asimetrías y desviaciones en la gestión del agua que no permiten su adecuada y racional planificación.

En particular en este caso, se tiene que el desafío es aún mayor por cuanto se trata de un sistema hídrico muy particular, en donde no hay mucho desarrollo en general y respecto de los recursos hídricos en particular (cuenca endorreica), ni tampoco se ha desarrollado de manera armónica y sostenible el desarrollo de actividades asociadas a la explotación de salares y la conservación de objetos de protección ambiental dentro de ellos.

A 25 años de la instauración del proceso de la GIRH en el mundo, se tiene que éste ha sido un proceso lento que no ha podido superar el desafío del desarrollo sustentable del agua

en los territorios y que no hace frente de manera efectiva al Cambio Climático, originado en parte por el inadecuado desarrollo de los recursos naturales en el mundo, entre ellos el agua. Uno de los aspectos relevantes que no ha podido implementarse ni fortalecerse de manera robusta es la gobernanza del agua entendida como un sistema que proporciona un marco conceptual, que permite analizar y potenciar la GIRH.

Hace más de 10 años que el Banco Mundial viene analizando de manera crítica la formulación del tema de la GIRH en el mundo, y plantea que es necesario planificar de una manera diferente, en donde se debe reenfocar la GIRH incorporando las incertidumbres climáticas entre otras, ya que los escenarios de cambio climático no están diseñados para la gestión del agua sino que para la reducción y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por lo que no son muy certeros en temas de eventos hidrometeorológicos extremos ya que hay que escalar a los aspectos hídricos que incluyen la precipitación y temperatura. Igualmente, señala que los aspectos sociales también involucran incertidumbres que hay que enfrentar ya que generan presiones en la gestión y la planificación del recurso hídrico que se deben resolver en la planificación y fin de que ésta se pueda implementar con algún grado de éxito.

Señala este organismo que la planificación tradicional que se ha hecho en la GIRH ha sido sobre la base de distintos escenarios en donde se ha supuesto que hay consenso entre los distintos sectores de interés por el agua en los territorios, minimizando principalmente los costos financieros lo que ha llevado a soluciones frágiles ya que no permiten incorporar la flexibilización de esas acciones, tampoco esta planificación ha sido efectiva en la distribución igualitaria entre los sectores ni tampoco ha incorporado adecuadamente la parte social y ambiental y no considera acciones frente a situaciones contingentes: por ejemplo, pandemia, sequía, cambio climático.

Postula en consecuencia que hay que intentar planificar con flexibilidad, resiliencia y robustez adoptando la toma de decisiones bajo incertidumbre como metodología para diseñar inversiones en el tema de la gestión del agua. Para ello hay que entender el sistema y su funcionamiento, que no se ha integrado adecuadamente, para luego analizar su vulnerabilidad y que opciones hay para reducir esa incerteza

Señala ese organismo que un aspecto clave en esto son las decisiones participativas y la planificación colaborativa, la cocreación de todo el proceso, es decir, que todos los colectivos que entienden cómo funciona el sistema colaboran desde su perspectiva y de esa

forma poder decidir qué se quiere lograr de ese sistema y que se quiere obtener de ese sistema, que se quiere para una determinada cuenca.

Adicionalmente, se debe considerar el enfoque actual de la DGA sobre la GIRH, que dice relación con que se requiere de un nuevo enfoque de gestión estratégico por cuenca, que proporcione conocimiento y diagnóstico para formular planes de corto, mediano, y largo plazo, que generen productos reales de acuerdo a las necesidades propias de cada cuenca, con el fin de formular hojas de ruta trazables, desde la perspectiva DGA para hacer frente a los desafíos que enfrenta Chile respecto de la gestión del agua.

Por ello, la elaboración de "Planes Estratégicos de Gestión Hídrica" (PEGH) por cuencas del país, a diferencia de los instrumentos de planificación abordados anteriormente, apuntan a subsanar los problemas identificados en anteriores estudios, que incluyen esta vez la incorporación de modelos hidrológicos operacionales superficiales-subterráneos lo que busca poner en valor la interacción entre aguas superficiales y subterráneas, permitiendo además mantener actualizaciones en el tiempo, aportando escenarios que entregan valor a los tomadores de decisión, y que permitan establecer una visión temporal de la misma.

Como conclusión respecto de la GIRH, en relación con nuestras cuencas y la realidad mundial y nacional, se deben tener en cuenta aspectos que se están evidenciando de manera indubitable como el cambio climático y en lo más local a nivel país los sucesos acontecidos en octubre de 2019 que evidencian el fracaso de un sistema de gestión de los bienes comunes y los recursos naturales que debe mejorarse.

Como ya se dijo, a lo anterior se le sumó en los últimos años la pandemia por el coronavirus que demostró que también respecto de la gestión del agua se deben tener consideraciones diferentes a las que se han tenido hasta ahora.

La recientemente aprobada modificación del Código de Aguas en donde se incorporan los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas añade el desafío adicional de que deberán implementarse de acuerdo con dicha normativa por lo que dejan de ser un instrumento indicativo y pasar a ser de aplicación obligada.

1.5 Objetivos y Área de Estudio

El objetivo principal de este estudio es formular un plan estratégico de gestión hídrica a nivel de cuenca que defina un portafolio de acciones hídricas que fomenten la eficiencia y

sostenibilidad de uso del agua en la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama, cuenca BNA (024).

1.5.1. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos se identifican los siguientes:

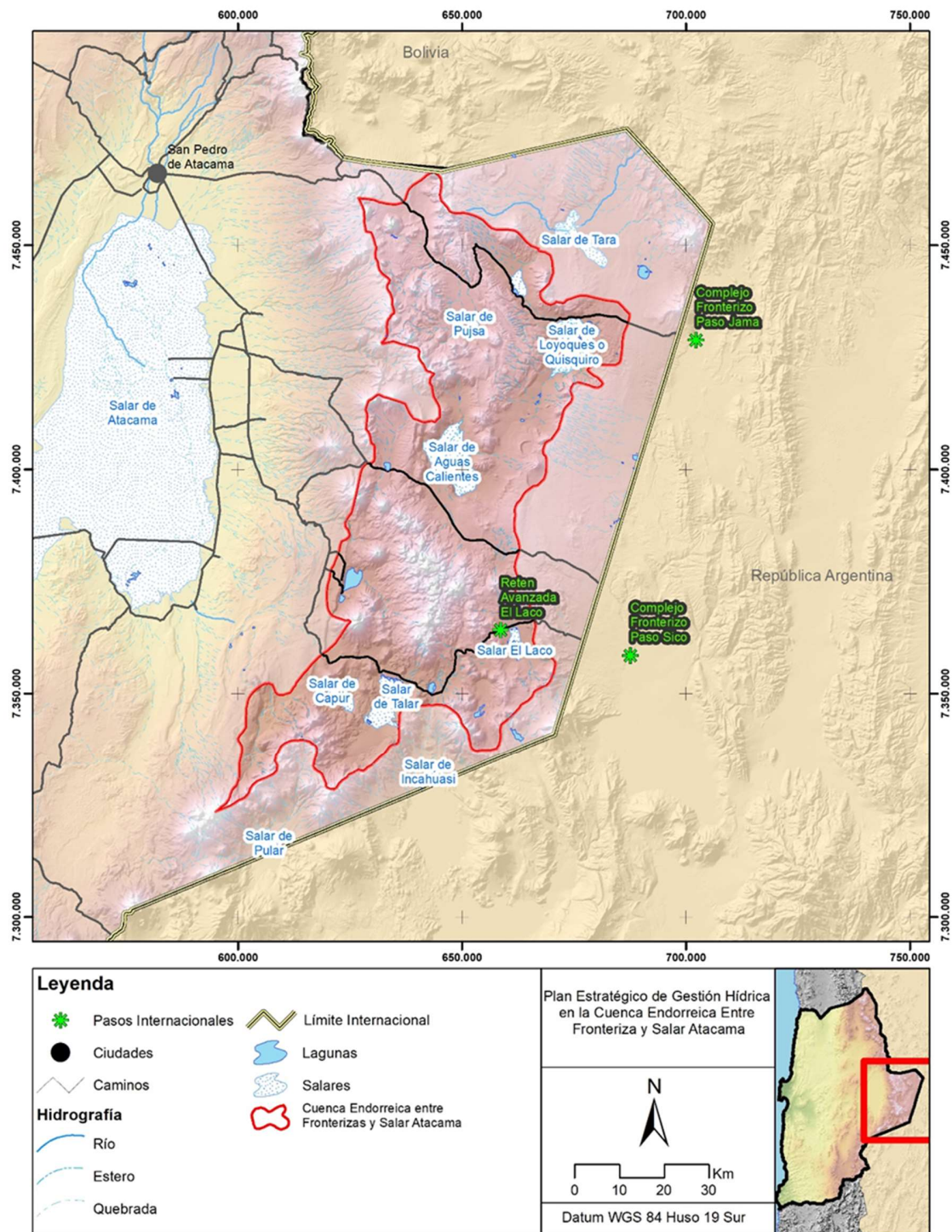
- Objetivo Específico 1: Describir el estado hídrico actual el área de estudio.
- Objetivo Específico 2: Caracterizar la hidrogeología del área de estudio con pruebas hidráulicas, y muestras en terreno.
- Objetivo Específico 3: Construir un modelo hidrogeológico conceptual que sirva como base para el desarrollo futuro de un modelo numérico de aguas subterráneas en la zona.
- Objetivo Específico 4: Construir un modelo de simulación hidrológico en WEAP, para simular la hidrología histórica, adaptación al cambio climático, y escenarios de gestión.
- Objetivo Específico 5: Diagnosticar el estado hídrico del área de estudio para obtener los contenidos del plan estratégico de gestión hídrica.
- Objetivo Específico 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 Específico 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 Específico 8: Compilar avance y productos finales en un sistema de información geográfico, informes, y actividades de difusión.

Esta cuenca es una cuenca particular por cuanto corresponde a una cuenca endorreica que contiene numerosos cuerpos de agua y salares tales como: salar Aguas Calientes 1, 2 y 3, salar de Capur, salar del Laco, salar de Pujsa, salar de Loyoques, salar de Talar, pampa Colorada, lago Lejía, laguna Miñiques, laguna Miscanti, pampa Las Tecas y laguna Tuyajto.

En estas⁶ cuencas no hay localidades ni zonas de cultivo, por ser una de las zonas más alejadas y de difícil acceso de la región. Hay derechos constituidos y regularizados lo que se analizan más adelante.

En ella existen dos pasos internacionales: el paso Jama y el paso Sico, que cruzan en algún punto la cuenca según como se observa en la Figura 1-1.

⁶ <https://snia.mop.gob.cl/sad/ADM5702.pdf>. PLAN ESTRATÉGICO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, REGIÓN DE ANTOFAGASTA. INFORME FINAL, DGA S.I.T. N° 379, Julio de 2016



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-1. Pasos internacionales en Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

El control para el cruce por el paso de Jama se hace en San Pedro de Atacama por lo que en la cuenca no hay ninguna instalación ni presencia de algún servicio público. El complejo fronterizo está en territorio argentino por lo que el tránsito por el lado chileno no cuenta con monitoreo o vigilancia en caso de alguna posible afectación dentro de la cuenca.

En el caso del paso Sico, hay un retén en la cuenca del Salar del Laco con personal de Carabineros y el SAG, permanente todo el año, 4 carabineros y 1 SAG. También existe infraestructura y residencia permanente y eventual de personas en una caseta en Miscanti.

Esta zona se caracteriza por la presencia de varias áreas ambientalmente protegidas como parte de la Reserva Nacional Los Flamencos, destacando el Salar de Pujsa y el sector de las lagunas Miscanti-Miñiques. Además, hay varios acuíferos que alimentan vegas y bofedales protegidos por la DGA, y la laguna Lejía, sitio prioritario para la biodiversidad.

En cuanto a diagnóstico de calidad de aguas según fuentes⁷, el mismo estudio citado indica que en el salar de Aguas Calientes el agua aportante no puede ser aprovechada para uso de agua potable o agrícola. El agua menos concentrada tiene exceso de sodio, cloruro, salinidad y sobre todo de arsénico (10 veces por encima de la NCh 409).

El agua más diluida del salar de Pujsa tiene concentraciones muy por debajo de las normas de potabilidad, excepto para el arsénico que sobrepasa 16 veces el límite. El contenido de boro la hace no recomendable para riego.

En el salar de Loyoques, un agua solamente cumple con las normas de potabilidad. Las restantes tienen un exceso de arsénico respecto a la NCh 409, desde 2 veces para hasta 14 veces. Todos los demás componentes presentan concentraciones aceptables para este uso. En cuanto a las aguas de aporte saladas, todas están muy por encima de los límites permitidos para uso potable en varios componentes.

En la laguna Lejía la vertiente difusa tiene contenido de arsénico 4 veces superior a la NCh 409, y presenta un leve exceso de salinidad.

En la cuenca de la laguna Miscanti está la fuente de abastecimiento de agua potable del pueblo de Peine, la cual tiene excelente calidad. Las vertientes difusas tienen mucho

⁷ <https://snia.mop.gob.cl/sad/ADM5702.pdf>, pág. 40, punto 2.3.3 DIAGNÓSTICO DE CALIDAD SEGÚN FUENTES, en donde se indica que las fuentes de aguas superficiales en la región corresponden a las cuencas del río Loa y Salar de Atacama, mientras que las principales fuentes de aguas subterráneas incluyen, además de las cuencas ya mencionadas, las cuencas endorreicas, altiplánicas y las exorreicas de las quebradas Caracoles y La Negra.

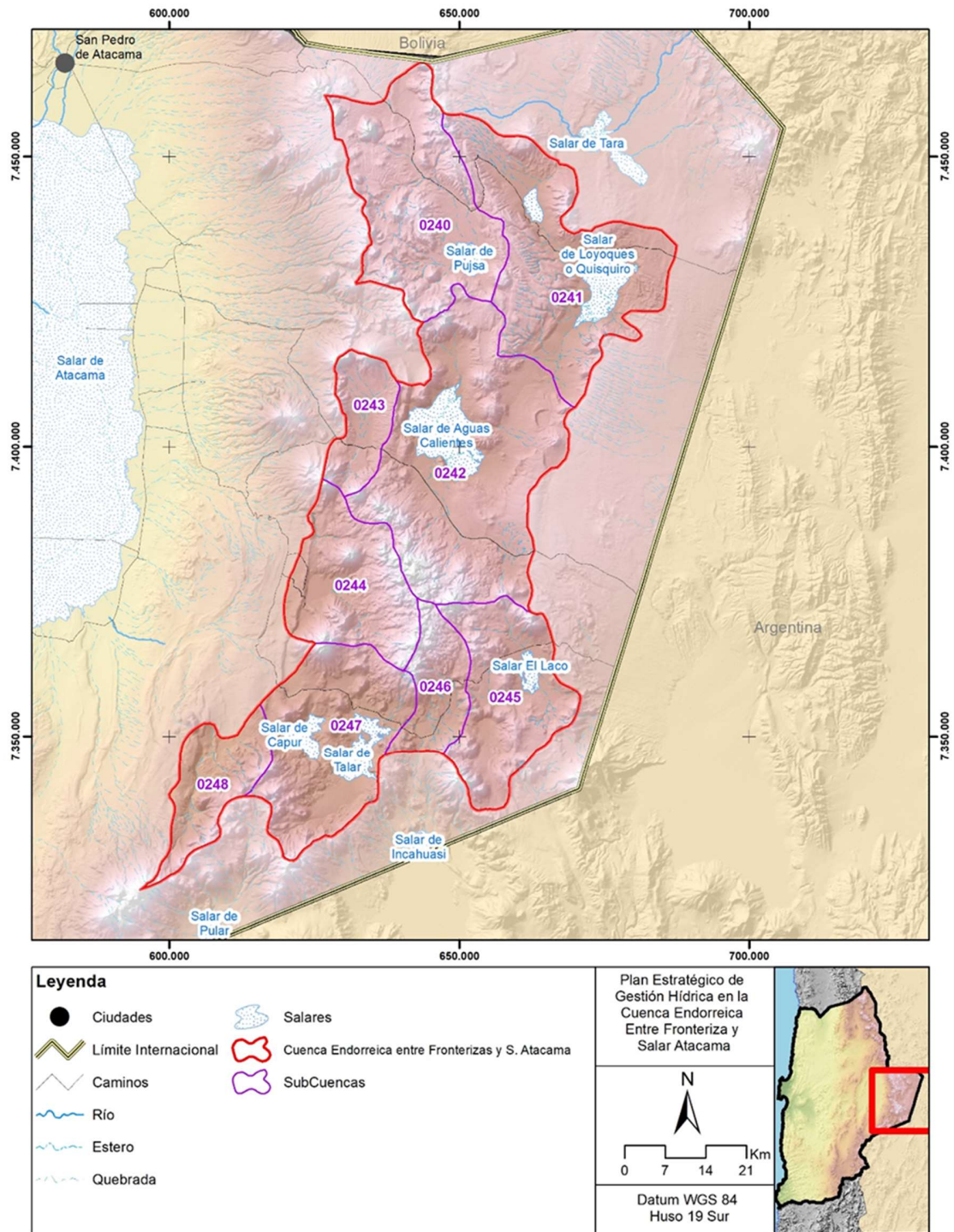
arsénico para consumo humano, pero las concentraciones de boro son aceptables para la actividad agrícola.

La napa y la vertiente difusa del salar del Laco, en la orilla oeste, tienen calidad aceptable para consumo humano, pero no para riego por su contenido de boro, mientras que en la cuenca de la laguna Tuyajto y en el salar de Capur, las aguas tanto superficiales como subterráneas tienen alta salinidad.

En la Tabla 1-1 se presenta la división administrativa de la cuenca y en la Figura 1-2 se aprecia su delimitación y los principales cuerpos de agua y salares que contiene.

Tabla 1-1. División administrativa de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama		
Código Subcuenca	Subcuenca	Área [km ²]
240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa	774,5
241	Salar de Loyoques o Quisquiro	908,8
242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari	1252,6
243	Laguna Lejia	211,0
244	Lagunas Miscanti y Meniques	468,7
245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco	520,1
246	Laguna de Tuyajto	223,0
247	Salar de Talar y aguas calientes 3	671,6
248	Laguna del Cabo	277,5

Fuente: Elaboración propia basada en División BNA - Mapoteca DGA 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de BNA - DGA 2001.

Figura 1-2. Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama y salares en la zona.

1.6 Área de Estudio

A modo de introducción, la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama se ubica en la región de Antofagasta, Provincia de El Loa, Comuna de San Pedro de Atacama, en la meseta altiplánica de la comuna sobre los 4.000 m.s.n.m. Producto de la morfología del área, (cuenas endorreicas en un clima de extrema aridez) se han formado numerosas lagunas y salares.

El área de estudio⁸ está conformada por un importante número de lagunas y salares como son: Salar de Aguas Calientes 1, 2 y 3, Salar de Loyoques o Quisquiro; Salar de Pujsa, Salar de Talar, Salar El Laco, Salar de Capur, Pampa Colorada, Pampa las Tepas y las lagunas Lejía, Miñiques, Miscanti y Tuyajto, todas las cuales forman parte del mismo sistema lagunar con las características hidrodinámicas propias que desde el punto de vista ecosistémico es relevante, a pesar de la división administrativa de cuencas que se hizo para este estudio, .

La mayor parte de las precipitaciones en estas cuencas son de origen tropical-amazónico y ocurren durante el verano del hemisferio sur (invierno boliviano o altiplánico). Estas precipitaciones son de carácter convectivo, con una alta variabilidad espacial y se concentran en los meses de enero y febrero, fenómeno que desaparece hacia el sur siendo mínimo en la región de Atacama. En invierno, incluso primavera, suelen registrarse precipitaciones sólidas (nieve) producto de la llegada de eventuales frentes polares. Si bien estas son relevantes, su monto es inferior a las lluvias estivales.

Las condiciones climáticas extremas sólo permiten que subsista una vegetación especializada, con pocos requerimientos hídricos y capaces de soportar amplias oscilaciones térmicas. Los bofedales conforman sistemas adaptados a estas condiciones, así como la vegetación de hierbas o arbustos o esteparios, que minimizan la transpiración debido a la reducida superficie de sus hojas, algunas de las cuales han evolucionado transformándose en espinas.

Las principales actividades que se desarrollan en la zona de interés donde se formulará el Plan son la minería y el turismo, así como también la ganadería extensiva trashumante por parte de algunas comunidades indígenas atacameñas.

⁸ En la experiencia de la consultora se indica toda la descripción que se hace en este punto

Capítulo 2. Caracterización de la cuenca

En este capítulo se describen las principales características de la cuenca en estudio, tanto a nivel geográfico como político-administrativo, demográfico y los relativos a las pocas actividades que se desarrollan en su territorio. La casi nula actividad económica, las escasas obras de infraestructura hídrica existente en la cuenca, trashumancia de las comunidades y otras. Por las características especiales de este territorio no hay inversión estatal en red hidrométrica, embalses, obras de riego abastecimiento de agua. Solo hay inversión en infraestructura vial

2.1 Salares, Litio y Sustentabilidad de las Cuencas Endorreicas

2.1.1 Descripción General de la Cuenca en Estudio

Las cuencas salares, en el caso de Chile, se desarrollan en áreas desérticas del norte y se caracterizan por tener una alta evaporación, mayor al aporte de agua fresca que hace que se forme, como se dijo, un núcleo salino que subyace sobre una interfase entre el agua dulce y las salmueras, generando un ecosistema en equilibrio complejo y frágil, que genera en la zona de los afloramientos y escurrimientos de agua dulce, una abundante flora y fauna por la diferencia de densidades entre el agua dulce y el núcleo de agua salina o salmuera, que deben ser objetos de protección ambiental debido a su singularidad como ecosistema.

En la cuenca en estudio se ubican 7 salares asociados a ecosistemas de gran fragilidad por su delicado equilibrio además de su interacción y conexión con el resto de los cuerpos de agua y la propia cuenca salar en estudio.

En la Figura 1-2 se muestran los salares dentro del área de estudio definida para este plan y corresponden a: Aguas Caliente Norte o 1, Pujsa, Aguas Caliente 2 o Pili, El Laco, Capur o Talar, Aguas Calientes 3 o Purisunchi y Loyoques o Quisquiro.

Es necesario señalar en primer término que una cuenca salar, o cuencas salares como en este caso, corresponde a una cuenca endorreica, es decir una cuenca hidrográfica en la cual el agua no tiene salida hacia el océano, sino que su salida principal es a través de la evaporación del agua en la zona más baja de esa cuenca lo que genera un núcleo salino a través de procesos que toman un largo período de tiempo.

De esta forma, la explotación en dichos cuerpos de agua es básicamente de dos tipos en cuanto al recurso hídrico: explotación de agua subterránea en la parte de agua fresca del sistema, y explotación de salmueras para la obtención de litio y/o otros elementos.

En cuanto a información se recabaron los antecedentes de la Tabla 2-1 para los salares presentes en el área en estudio:

Tabla 2-1. Salares en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Salar	Altura [m]	Superficie del sistema salino [km ²]	Superficie de la cuenca [km ²]	Superficie de las lagunas [km ²]	Precipitación [mm/año]	Evaporación potencial [mm/año]
Salar de Loyoques o Quisquiro	4.150	80	676	5	150	1.500
Salar de Aguas Calientes Norte	4.280	15	281	2-3	150	1.500
Salar de Pujsa	4.500	18	634	1-10	150	1.500
Salar de Aguas Calientes Centro	4.200	134	1.168	9	150	1.500
Salar de El Laco	4.250	16	306	2,2	200	1.500
Salar de Aguas Calientes Sur	3.950	46	476	2-3	150	1.500
Salar de Capur	3.950	27	137	0,9	150	1.500

Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 1999

Los parámetros climáticos provienen del Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987). La evaporación potencial medida en tanques evaporimétricos ha sido multiplicada por un coeficiente de embalse de 0,65 (Grilli et al., 1986).

2.1.2 Descripción de los Salares en el Área

2.1.2.1 Características

De acuerdo con el estudio "Requerimientos y diseño conceptual de Red de Monitoreo en Salares Fase I" del Ministerio de Minería del año 2021, se tiene la siguiente descripción de seis de estos siete cuerpos.

i. Salar de Loyoques o Quisquiro

La cuenca del salar de Loyoques tiene una extensión de 676 km². El salar, con una superficie de 80 km², se ubica en el sector noreste de la Región de Antofagasta, al sureste del poblado de San Pedro de Atacama. Las ignimbritas son las unidades litológicas más abundantes en la cuenca, particularmente la Ignimbrita Atana, cuya unidad tuvo su centro de emisión en

la Caldera la Pacana. En la orilla este del salar, hay depósitos sedimentarios de edad Cuaternaria que forman parte del relleno de la cuenca del salar.

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 4.150 m
- Superficie del sistema salino: 80 km²
- Superficie de la cuenca: 676 km²
- Superficie de las lagunas: 5 km²
- Precipitación: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

En el contexto geomorfológico, el salar está asociado al colapso de la caldera de La Pacana, esto configura un relieve accidentado con poco desarrollo de zonas planas, por lo que el salar abarca gran parte del plano de depositación.

Las áreas de bajadas de ladera y taludes son cubiertos por abanicos aluviales que se han formado en coalescencia originando un sistema geomorfológico bien definido. Estas unidades limitan con el salar por el borde sur y oeste.

La alimentación del sistema de abanico no sólo se debe a procesos hidrodinámicos, si no también gravitaciones y eólico. Dado que el sistema de drenaje en esta zona se limita a aun cauce angosto, encajonado con laderas rectilíneas sin desarrollo de niveles de aterramiento, los aportes laterales de materiales por gravedad podrían ser de importancia, por otro lado, la acción erosiva del viento (abrasión deflación) transporta los sedimentos que se encuentran sobre la superficie plana de las ignimbritas hacia las pequeñas gargantas, para, posteriormente ser transportadas por la escorrentía superficial.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, el salar se encuentra cubierto aproximadamente por 230 ha, lo que representa el 3% del salar. La vegetación se localiza principalmente en el borde noreste y noroeste y en los extremos meridionales. Por otro lado, la superficie cubierta por espejos de agua se encuentra en los 177 ha en las temporadas analizadas, lo que representa el 2.3% del salar.

Considerando las temporadas de octubre y abril del 2015 como anómalas para el análisis de la vegetación y espejos de agua, es posible afirmar la existencia de temporadas de extensión y de contracción. Para dicho caso, se observa que la vegetación presenta una mayor expresión en abril, mientras que para los espejos de agua se evidencia en octubre y, por lo tanto, las relaciones de estacionalidad son inversas entre componentes.

La hidrología en el salar de Loyoques se caracteriza por una precipitación anual media registrada de 150 mm, con un déficit hídrico de 1.511 mm/año. Hay una alta variabilidad temporal de las precipitaciones, pudiéndose únicamente visualizar un comportamiento similar en los años hidrológicos extremos, es decir, los muy húmedos o muy secos.

Por su parte, las cuencas hidrográficas asociadas al salar corresponden a una unidad endorreica de forma alargada, donde la descarga por evaporación a largo plazo es mayor que la recarga por precipitación. Los principales aportes superficiales son el río Salado en el sur. El salar contiene un gran número de lagunas en su interior y dos lagunas fuera de éste en la parte sur de la cuenca.

Por último, en cuanto a su composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permitieron reconocer las zonas con dilución de sales en suelos y reconocer tres tipos de costras: costras de sulfatos con sedimentos, costra de cloruros y sulfatos y costra de sulfatos y cloruros.

Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas (Risacher, Alonso, & Salazar, 1999)⁹ se concluye la existencia de dos grupos de aguas de aporte: aguas diluidas tipo Na-(Ca) / HCO₃-SO₄-Cl; y aguas de salobres a saladas tipo cálcica Na-(Ca) / Cl.

El primer grupo tiene un rango de salinidad de 163 mg/l a 650 mg/l sales totales disueltas y se encuentra a lo largo de la orilla este, mientras que el segundo presenta salinidades desde 2.710 mg/l hasta 15.900 mg/l con sus aguas al oeste y al norte del salar.

No existe ningún otro tipo de punto de monitoreo en las inmediaciones del salar (estación meteorológica, hidrológicos, de calidad de aguas, pozos de nivel, etc.)

ii. Salar de Aguas Calientes Norte

La cuenca del salar de Aguas Calientes Norte tiene una extensión de 281 km². El salar, con una superficie de 15 km², se encuentra en el norte del Altiplano de la Región de Antofagasta en la pampa del mismo nombre entre el cordón Quilapana al este y los cerros de la Pacana al oeste, flanqueado por otros dos salares: el salar de Tara y el salar de Pujsa. Es un salar de tipo playa con lagunas superficiales de extensión variable y una napa de salmuera a fracciones de profundidades entre varios centímetros hasta llegar a valores cercanos a un metro.

⁹http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6649/UCN-HUM0001_v1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 4.280 m
- Superficie del sistema salino: 15 k m²
- Superficie de la cuenca: 281 km²
- Superficie de las lagunas: 2-3 km²
- Precipitación: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

En el contexto geomorfológico, el salar está en una depresión con estratovolcanes al Este-Noreste, estructuras ignimbríticas en el sector sur y suroeste, depósitos de sedimentos cuaternarios de origen aluvial y lacustre en el resto del área.

En el lado este del salar, están presentes los volcanes con pendientes fuertes y procesos erosivos activos de origen hídrico, donde los sedimentos se encuentran depositados en forma de conos. Al oeste del salar, los procesos de erosión fluvial de las ignimbritas generan conos de deyección del borde oeste hasta el borde este-noreste. En su borde sur y este, el salar presenta paleocostas.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, el salar se encuentra cubierto aproximadamente por 177 ha, con ligeras fluctuaciones entre los meses de abril y octubre. Su distribución espacial se encuentra en el extremo norte del salar, y con menor frecuencia se presenta vegetación en el extremo sur del salar.

Por otro lado, la superficie cubierta por espejos de agua se encuentra en los 512 ha para los meses de octubre, y en los 402 ha para los meses de abril. El salar exhibe dos espejos de agua permanentes, uno en el sector centro-norte y otro en el extremo suroeste, siendo el primero el de mayor tamaño. Asimismo, durante el estudio llevado a cabo por CIREN, en cinco ocasiones se formó un espejo de agua en el sector sur, entre los espejos de aguas permanentes.

A partir del análisis de la vegetación y espejos de agua, es posible afirmar que existen temporadas de extensión y de contracción, ya que se observa que la vegetación presenta una mayor expresión en abril, mientras que para los espejos de agua se evidencia en octubre, y, por lo tanto, las relaciones de estacionalidad son inversas entre componentes.

La hidrología en el salar de Aguas Calientes Norte se caracteriza por tener un déficit hídrico de 1.511 mm/año. La cuenca del salar corresponde a una unidad hidrográfica de forma alargada, cuyo relieve presenta una fuerte pendiente en la parte alta de la divisoria de los

flujos superficiales y una pendiente moderada en el resto de la cuenca. Todo ello provoca unos tiempos de concentración de la cuenca de 1.5 a 3 horas.

Por último, en cuanto a su composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permiten reconocer las zonas con sulfatos, sedimentos con sulfatos y cloruros y reconocer tres tipos de costras: costra de sulfatos, costra de sulfatos con sedimentos y costra de cloruros.

Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas, se concluye la existencia de tres grupos de aguas de aporte: una de agua salobre (AC11), y dos de agua salada (AC1 y AC4).

Las aguas del salar son de mala calidad debido a una salinización por salmueras de tipo Na-Ca/Cl, de origen desconocido, probablemente afuera de la cuenca. El agua de la vertiente norte del salar, menos salina, muestra todavía rasgos del agua diluida inicial. Su vía evolutiva es neutra sulfatada, mientras que las vertientes más contaminadas siguen la vía cálcica produciendo efectivamente salmueras de tipo Na-Ca/Cl

Al igual que el resto de salares analizados hasta el momento, el salar no presenta ningún tipo de punto de monitoreo cercano al mismo.

iii. Salar de Pujsa

La cuenca del salar de Pujsa tiene una extensión de 634 km². El salar, con una superficie de 18 km², se ubica en el bloque central de las cuencas cerradas de la II Región, siendo una de las de mayor superficie en esta zona con desarrollo completamente en Chile. Limita al oriente con la cuenca del Salar de Aguas Calientes 1 y al poniente con la cuenca del Salar de Atacama. El salar es de tipo playa y tiene algunas lagunas superficiales.

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 4.500 m
- Superficie del sistema salino: 18 km²
- Superficie de la cuenca: 634 km²
- Superficie de las lagunas: 1-10 km²
- Precipitación: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

En el contexto geomorfológico, las unidades geomorfológicas en el sector corresponden principalmente a formas originadas por procesos depositacionales que se extienden hasta el límite con el salar. La acción erosiva del viento transporta los materiales hacia el interior

del salar, mezclando los distintos minerales con el sedimento. Asimismo, los minerales evaporíticos son depositados en zonas de baja pendiente sobre los abanicos aluviales y depósitos lacustres. De este modo, las unidades geomorfológicas representativas son los abanicos aluviales, los cuales se desarrollan como formas de depositación en coalescencia en la parte distal de los abanicos, donde la pendiente es inferior a 5° en las zonas más bajas, bordeando los límites del salar.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, el salar se encuentra cubierto por, aproximadamente, 67 ha, lo que representa el 3.9% del salar. La cobertura de la vegetación se distribuye principalmente en el borde noroeste, borde sur, borde noreste y de manera más disgregada en la zona centro sur. Durante el periodo analizado por el estudio de CIREN, la vegetación no exhibe un comportamiento estacional notorio.

Por otro lado, la superficie cubierta por espejos de agua se encuentra en 615 ha de promedio, lo que representa el 36% del salar. Al igual que con la vegetación, durante el periodo de observación no se observó un comportamiento estacional claro ni una tendencia en el tiempo.

En cuanto a la hidrología en el salar de Pujsa, dada su gran extensión, la precipitación media anual varía altitudinalmente entre 120mm (sector oeste) y 420mm (sector este). Los registros temporales de las estaciones pluviométricas de la DGA no detectan tendencias de reducción de la precipitación encontrada, y no se puede inferir un patrón temporal en el régimen de las precipitaciones.

Por su parte, las cuencas hidrográficas asociadas al salar de Pujsa son del tipo endorreicas de forma alargada, con un salar tipo playa y algunas lagunas superficiales. Su alimentación principal es por el norte, y está dada por la Quebrada Quepiaco, que recibe aporte de las quebradas Agua Amarga y Peña Blanca antes de llegar al salar.

La cuenca está representada con una curva hipsométrica aplanada de pendiente media moderada y procesos erosivos de leve a moderada. La densidad de drenaje superficial no permanente es baja ($1.38\text{km}/\text{km}^2$) y los tiempos de concentración de la cuenca son de 3.8 horas.

Por último, del estudio revisado, se tiene que, en cuanto a su composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permiten reconocer las costras de sulfatos y/o boratos, las costras húmedas y las costras con sedimentos eólicos. Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas, se concluye la existencia de tres aguas de aporte: el agua

más diluida (PSA 11) sigue la vía carbonatada; la vertiente salobre (PSA 8) sigue la vía alcalina sulfatada; y el río (PSA 1) sigue la vía neutra sulfatada.

La composición química de la laguna, de tipo Na/SO₄-Cl, no proviene de la evaporación de los dos aportes cuenca arriba, si no del agua de una vertiente difusa a la orilla norte del salar. Sin embargo, deben existir aportes adicionales no detectados. La composición de los aportes y las vías evolutivas que siguen al evaporarse esta en acuerdo con la geología de la cuenca.

Al igual que en los casos anteriores, no hay ninguna estación meteorológica ni punto de monitoreo a excepción de los empleados para el informe de Salazar (1999)¹⁰.

iv. Salar de Aguas Calientes Centro

La cuenca del salar de Aguas Calientes Centro, de 1.168 km², se encuentra al sur del Salar de Pujsa y al poniente de la Laguna Lejía en el bloque central de las cuencas endorreicas de la II Región. Al norte del salar se encuentra el aporte superficial más importante, el río Pili, que baja por la ladera del cerro del mismo nombre. Otros aportes se producen por el vértice noroeste del salar, paralela al cordón Alto de Toro Blanco, y por el oriente, al sur del cerro Chamaca o Chivato Muerto, que forma unas vegas poco menos importantes que las del Pili antes de desembocar. El salar, de 134 km², es de tipo playa y representa casi un 12% del área de la cuenca.

Según la carta geológica Toconao, el salar se encuentra emplazado entre estrato volcanes, depósitos volcánicos de edad Miocena Superior a Plioceno y sedimentos aluviales cuaternarios. Las litologías dominantes corresponderían a ignimbritas, rocas volcánicas andesíticas y basaltos.

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 4.200 m
- Superficie del sistema salino: 134 km²
- Superficie de la cuenca: 1.168 km²
- Superficie de las lagunas: 9 km²
- Precipitación: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

¹⁰ http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6649/UCN-HUM0001_v1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

En el contexto geomorfológico, el salar está bordeada de relieves volcánicos con alturas mayores a 5.500 m.s.n.m. del norte al suroeste, mientras que al este y sureste las cumbres oscilan entre los 4.500 y 5.000 m.s.n.m. Las pendientes son pronunciadas al norte, siendo éstas superiores a los 45°. Los depósitos corresponden a derrumbes de material alterados por las amplias variaciones diarias y estivales de humedad relativa y temperatura.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, la vegetación del salar se distribuye en los bordes con la excepción del borde este. Gran parte de la superficie vegetal se concentra en la sección norte, principalmente en un apéndice derivado del salar.

En los meses de octubre se exhibe una menor superficie con respecto al mes de abril, variando de las 320 ha a las 440 ha, observándose así una estacionalidad. Por otro lado, los cuerpos de agua del salar se encuentran compuestos por al menos tres canales, un espejo de agua de mayor envergadura ubicado en el borde noreste del salar, y una serie de espejos de aguas menores distribuidos en el borde norte y noreste. En conjunto, estos espejos de agua comprenden en promedio el 3% del salar. Asimismo, la variación de los espejos no evidencia una estacionalidad ni una tendencia clara en el tiempo.

La hidrología del salar se caracteriza por una precipitación anual media registrada de 120 a 160 mm/año. La cuenca del salar corresponde a una cuenca de forma alargada con un relieve fuerte en la parte alta de la divisoria de los flujos superficiales y con una curva hipsométrica aplanada como una cuenca sedimentaria. La pendiente media de la cuenca es moderada, con procesos erosivos de moderada a fuerte, lo que provoca unos tiempos de concentración de la cuenca entre 1.5 y 3 horas.

Por último, en cuanto a la composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permiten reconocer zonas con costras húmedas de sulfatos, costras de sulfatos con sedimentos y costra de sulfatos. Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas, se concluye la existencia de cinco afluentes, dos vertientes fluyentes y tres difusas. Todas ellas surgen a la orilla misma del salar y tienen salinidades elevadas. Cuatro de ellas (AC21, AC24, AC27 y AC213) son salobres, desde 2.530 mg/l hasta 5.930 mg/l de STD, y una salada (AC215), con 13,600 mg/l de STD. La única laguna que se pudo muestrear en el estudio obtuvo una salinidad de 11,500 mg/l de STD, siendo inferior a la salinidad de la vertiente más concentrada (AC210).

v. Salar de El Laco

La cuenca del salar tiene una extensión de 306 km². El salar, con una superficie de 16 km², se encuentra en el rincón sureste del bloque central del Altiplano de la II Región, limitando al oriente con la gran hoya del salar del rincón, ubicado en Argentina y con área aportante desde Chile. Al poniente limita con las cuencas de Tuyajto (norte), Pampa Colorado (centro) y Pampa las Tecas (sur).

Según la carta geológica río Zapaleri, el salar se encuentra emplazado entre estrato volcanes y depósitos volcánicos de edad Miocena Superior a Plioceno. Las litologías dominantes corresponden a Ingimbritas y rocas volcánicas andesíticas y basálticas. Tiene una laguna central la cual está rodeada por costras salinas.

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 4.250 m
- Superficie del sistema salino: 16 km²
- Superficie de la cuenca: 306 km²
- Superficie de las lagunas: 2.2 km²
- Precipitación: 200 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

En el contexto geomorfológico, la acción del viento se ve reflejada en el borde oriental, donde se observa en la imagen satelital rasgos de material transportado en dirección este. En este sector se observan diferentes rugosidades, que podría deberse a antiguas costras salinas, lo que indicaría antiguos límites del salar. Por otro lado, en el sector occidental, los abanicos aluviales se desarrollan mayormente, aportando sedimentos al interior del salar por transporte de materiales debido a la acción del agua por escorrentía y/o la acción del viento. En el sector norte, se desarrollan abanicos aluviales en la sección más baja de los conos volcánicos, donde las pendientes alcanzan los 10°.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, la vegetación del salar cubre en promedio 4 ha, lo que representa el 0.3% del salar. La cobertura se distribuye principalmente por la zona norte, centro-este, centro-oeste, y suroeste del salar, siempre muy cercanos a los espejos de agua.

Por otro lado, la superficie cubierta con espejos de agua tiene un promedio de 151 ha, lo que representa el 9.3% del salar. Los espejos están distribuidos en el centro (el de mayor superficie), en el norte, en el borde sur, como también unos pequeños en el borde oeste y otro en el borde este que se conecta con un canal con el espejo de agua del centro. Los

espejos presentan un comportamiento estacional, con ciclos de expansión y contracción en los meses de octubre y abril respectivamente.

La hidrología de la cuenca se caracteriza por una precipitación anual media de 200mm. Las precipitaciones dentro de la cuenca presentan variaciones espaciales de carácter orográfico y latitudinal, manifestándose con mayor intensidad en las zonas altas. De este modo, la precipitación media anual registrada en el salar es de 62 mm.

El salar es de tipo playa con una laguna poco profunda, y es alimentado por la quebrada del Hueso desde el norponiente y la Quebrada de la Astilla por el poniente. El relieve está representado por una pendiente fuerte en la parte alta de la divisoria de los flujos superficiales, con una curva hipsométrica aplanada como una cuenca sedimentaria. La pendiente media es mayoritariamente moderada, con procesos erosivos de leve a moderada.

En cuanto a la composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permiten reconocer dos tipos de costras: costra de sulfatos con sedimentos y costra de cloruros y sulfatos. Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas, se concluye que el salar está alimentado por descarga de napas de aguas diluidas que siguen al evaporarse la vía neutra sulfatada sin discrepancia con la litología de la cuenca. El salar pertenece al grupo sulfatado cuyas salmueras están enriquecidas en sulfato en desmedro del calcio.

Además de los puntos de monitoreo empleados por Salazar (1999), se observa la existencia de la estación meteorológica Paso Sico en las proximidades del salar.

vi. Salar de Aguas Calientes Sur

La cuenca del Salar de Aguas Calientes Sur tiene una extensión aproximada de 476 km². El salar, con una superficie de 46 km², se ubica al sur de la cuenca de la laguna Miscanti. Esta cuenca tiene una forma alargada de norte a sur, terminando con una leve inclinación hacia el oeste.

El salar se sitúa entre estrato volcanes y depósitos volcánicos de edad miocena a cuaternaria. Las litologías dominantes corresponden a rocas volcánicas andesíticas, basaltos e ignimbritas. En el sector norte, este y sur del salar, existen depósitos de bajada de edad cuaternaria.

La cuenca cuenta con los siguientes datos morfológicos y climáticos:

- Altura: 3.950 m

- Superficie del sistema salino: 46 km²
- Superficie de la cuenca: 476 km²
- Superficie de las lagunas: 2-3 km²
- Precipitación: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1.500 mm/año

En el contexto geomorfológico, el salar está bordeado de relieves volcánicos, con cumbres entre 4.500 y 5.000 m.s.n.m. Las pendientes de estos relieves son mayores a 10°, lo que genera procesos erosivos como movimientos en masa, derrumbes, etc. Al norte del salar, los sedimentos (resultado de este proceso erosivo) se depositan en conos de deyección y están cubiertos de vegetación, lo que indica una estabilidad física. Los depósitos aluviales presentes al sureste del salar están protegidos de vegetación, lo que impide la erosión. Al sur del salar, los sedimentos presentan vegetación y formas erosivas como pavimentos desérticos, lo que indica presencia de viento y agua durante grandes periodos de tiempo.

En cuanto a la vegetación, espejos de agua y cobertura del suelo, el salar se encuentra cubierto por 52 ha, lo que representa el 1.2% del salar. La vegetación se distribuye principalmente por el extremo norte y sur del salar. Se observa un patrón estacional de ciclos de expansión y contracción.

Por otro lado, la superficie cubierta por espejos de agua se extiende a 200 ha, la excepción del año 2017, donde excepcionalmente los espejos de agua cubrieron un 30% de la superficie del salar. Los espejos se encuentran en los dos extremos verticales, más próximos al borde oeste del salar.

En cuanto a la hidrología, al igual que el Salar de Aguas Calientes Norte y Centro, la cuenca del Salar de Aguas Calientes Sur corresponde a una unidad hidrográfica de forma alargada, con las mismas características que las detalladas anteriormente en los anteriores salares.

Por último, en cuanto a la composición fisicoquímica, las imágenes satelitales permiten reconocer tres tipos de costras: costra húmeda de sulfatos y con contenido en cloruros, costra de sulfatos con limos, y costra de sulfatos. Adicionalmente, en el estudio geoquímico de aguas en cuencas cerradas, se concluye que existen tres tipos de aguas de aporte por su contenido en sulfato, todos ellos con una salinidad elevada. Además, es probablemente existan varias napas con diferentes composiciones que se mezclan en el salar. Asimismo, existen en las lagunas dos tipos de soluciones evaporadas, cálcicas al norte y sulfatadas al sur.

2.1.2.2 Salares de Interés para la Explotación de Litio

De los 7 salares en la cuenca, el Sernageomin¹¹ determinó como de interés para la explotación de litio a los Salares de Aguas Calientes Norte, Pujsa, Loyoques o Quisquiro, Aguas Calientes Centro, El Laco Y Aguas Calientes Sur, según se aprecia en la Tabla 2-2.

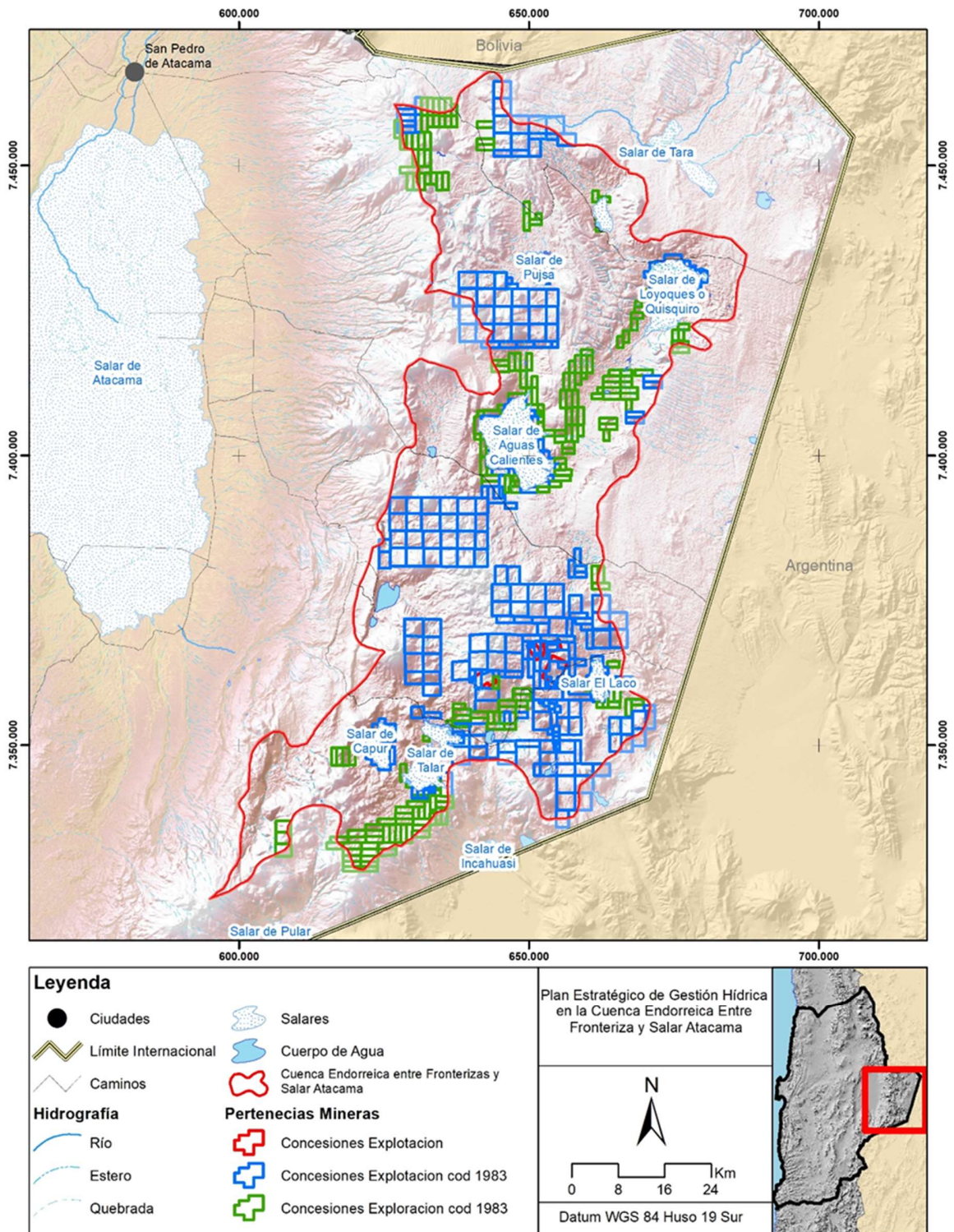
Tabla 2-2. Contenidos de elementos en los Salares.

Salar	Li [mg/L]		K [mg/L]		Li/K		Li/Mg	
	Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.
Aguas Calientes Norte	25	130	6,5	1.020	0,13	0,5	0,1	0,5
Pujsa	1	400	16	3.400	0,04	0,12	0,04	0,26
Loyoques o Quisquiro	6	435	22	1.650	0,17	3,32	0,13	0,18
Aguas Calientes Centro	5	45	150	1.025	0,02	0,05	0,01	0,03
El Laco	2	32,5	95	1.850	0,03	0,03	0,01	0,06
Aguas Calientes Sur	0,5	17,5	45,5	900	0,06	0,06	0,01	0,03

Fuente: Potencial-de-Litio-en-Salares-de-Chile. Sernageomin

En cuanto a las pertenencias mineras en el área en estudio, del link <https://portalgeominbeta.sernageomin.cl/>, se obtuvo un kmz agregado que muestra que existen numerosas pertenencias vigentes. Estas delimitaciones se presentan en la Figura 2-1.

¹¹[http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Potencial-de-Litio-en-Salares-de-Chile\(AnibalGajardo\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Potencial-de-Litio-en-Salares-de-Chile(AnibalGajardo).pdf)



Fuente: Elaboración propia a partir de información SERNAGEOMIN.

Figura 2-1. Pertenencias mineras vigentes en la cuenca.

De la revisión adicional sobre este tema se obtuvo que la empresa Wealth Minerals tiene cuatro iniciativas de exploraciones y explotación de litio en salares y lagunas del área en estudio: Aguas Calientes Norte, de la Reserva Nacional Los Flamencos; Salar Quisquiro, que no tiene protección; Salar Pujsa, de la Reserva Nacional Los Flamencos y sitio Ramsar; Laguna Lejía, que es un bien nacional protegido, y sitio prioritario en virtud de la Ley 19.300.

2.1.2.3 La Explotación de Litio

Para entender el contexto de la explotación de litio en salares es necesario tener en cuenta algunas consideraciones a fin de entender su contexto histórico en cuanto a su extracción en el país.

Como contexto cabe señalar que el interés inicial en los isótopos de litio en Chile se basó en el hecho que permiten la producción de combustible para reactores de fusión como el tritio que se obtiene a partir de la reacción de captura de neutrones del isótopo litio-6 (${}^6\text{Li}$). El isótopo más pesado de litio, el litio 7 (${}^7\text{Li}$) también se puede utilizar como agente de transferencia de calor y controlador de pH, para refrigerantes en reactores de fisión nuclear. Cabe mencionar que, en la naturaleza, el isótopo ${}^7\text{Li}$ es el más abundante, encontrándose en una concentración aproximada de 92,5 %, mientras que el ${}^6\text{Li}$ de 7,5%, siendo ambos isótopos estables de litio. Ambas reacciones nucleares (fusión y fisión) liberan la energía almacenada en el núcleo de un átomo. La fisión nuclear es la separación de un núcleo pesado en núcleos más pequeños, mientras que la fusión nuclear es la combinación de núcleos ligeros para crear uno más grande y pesado.

En términos de residuos peligrosos las reacciones de fisión nuclear producen núcleos inestables que emiten radiactividad por periodos de tiempo muy prolongados que pueden ser superiores a los 30 años que son un peligro para la salud humana y para el medio ambiente, siendo uno de los más tóxicos el plutonio (Pu).

La fusión nuclear en tanto, en sus reacciones no produce residuos radiactivos, por lo que se considera una energía limpia. Sin embargo, la fusión nuclear no ha podido ser desarrollada a nivel comercial, sino que solamente a nivel de investigación, principalmente por la dificultad para controlar con absoluta precisión las enormemente exigentes condiciones que es necesario materializar para que la fusión tenga lugar.

Sin embargo, lo señalado acerca de la energía nuclear fue rápidamente reemplazado por el exponencial interés y explotación de litio obedece a la acelerada y creciente demanda

generada por el desarrollo de la electromovilidad de vehículos pequeños que requieren de litio para sus baterías. Sin perjuicio de ello, el interés por el desarrollo de la fusión nuclear está emergiendo nuevamente en el mundo lo que se debe tener en cuenta en este análisis.

Por ello, la gigantesca producción de litio que se hace actualmente en Salar de Atacama (aunque hay aprobaciones ambientales en otros salares para su extracción, pero ningún proyecto de ellos está en operación), se debe principalmente a sus condiciones especiales que permiten la producción de carbonato de Litio a costos muy competitivos a nivel mundial.

Las condiciones de evaporación y radiación solar, la disponibilidad de agua dulce y lo simple y barato de producir litio en enormes lagunas de evaporación han hecho que la extracción de salmuera sea intensiva y extensiva en estos cuerpos salares sin que las prevenciones ambientales hayan abarcado todos los potenciales efectos e impactos ambientales.

2.1.2.4 Posibles Impactos en los Salares y Cuerpos de Agua e Importancia de sus Ecosistemas

De lo anterior se tiene que la actual ventaja competitiva de Chile en la producción de productos básicos de litio está basada en el uso de tecnología a muy bajo costo que permite extraer una salmuera de muy buena calidad a través de pozas de evaporación gracias a la sequedad ambiental y la alta radiación solar, lo que permite la separación de otras sales por cristalización.

Es decir, gracias a recursos naturales que confluyen positivamente en los distintos salares del país, es posible producir litio y otros productos a muy bajos costos pero debe considerarse la enorme fragilidad ecosistémica que estos cuerpos de agua tienen, dado que la extracción de salmueras tiene el potencial de afectar los recursos hídricos, incluyendo los sistemas lagunares y el medio biótico asociado, además de tener impactos potenciales sobre los grupos humanos y comunidades indígenas asentados en el entorno de la cuenca del salar o que ocupan dichos territorios, a lo que se suma la vulnerabilidad frente al cambio climático y el efecto que éste pueda tener sobre estos ecosistemas.

Esta fragilidad ecosistémica, y la particularidad de la explotación de la salmuera no está adecuadamente cubierta o protegida por la institucionalidad ambiental ni sectorial por lo que aún se requiere de una política específica para la explotación de los salares, de modo de preservar su sustentabilidad en el largo plazo.

En las cuencas salares donde se plantea explorar y explotar litio, poseen un enorme valor natural y biológico ya que, producto de la evolución en los salares, se han generado organismos únicos, llamados extremófilos, que no existen en ninguna otra parte del planeta y que viven en condiciones ambientales que son muy hostiles porque están adaptados a vivir ahí, soportando bajas y altas temperaturas, alta radiación solar, entre otras cosas.

La explotación del litio desde los salares altera estos ecosistemas, pues bombea la salmuera y la distribuye en grandes piscinas de evaporación para concentrar el litio, provocando cambios de temperatura de tal magnitud que provocan que finalmente estos organismos desaparezcan para siempre ya que se alteran, como se dijo, de distintas maneras lo que provoca finalmente un daño ambiental importante que afecta a la biodiversidad, el paisaje y la afectación a las comunidades atacameñas que han habitado o pastoreado en esas cuencas.

Estos sistemas son altamente complejos. Al estar ubicados en un ambiente con condiciones consideradas extremas, se configura una biota única y altamente diversa. A nivel microbiano, esta diversidad se manifiesta con la presencia frecuente de grupos de bacterias, arqueas y hongos específicos para cada salar, los cuales son la base de funcionamiento energético y trófico de estos ecosistemas acuáticos.

Estos microorganismos tienen un gran potencial en la producción de compuestos bioactivos que podrían ser usados en la industria farmacológica o biotecnológica en general, y podrían contribuir a la valorización de estos ambientes, además de su valor natural intrínseco, y poder dar mayores argumentos científicos para una protección urgente.

Si los ambientes de estos microorganismos no se encuentran en reservas o parques nacionales en donde poseen protección no tienen estatus suficiente como para proteger estos ecosistemas frágiles

El agua sustenta la vida en el desierto y cualquier gota de agua puede ser un micro hábitat para el desarrollo de algún microorganismo, que tendría una función ecosistémica específica e importante. Nuevos avances tecnológicos, como la secuenciación masiva de ácidos nucleicos, se está entendiendo cada vez más lo intrincado de las relaciones microbianas y su efecto a escala mayor, incluyendo efectos globales como el cambio climático.

Tan relevantes son, que muchos estudios sobre la microbiología del desierto de Atacama han investigado las adaptaciones que tienen los microorganismos a estas condiciones ambientales a fin de utilizarse ese conocimiento en estudios de astrobiología.

Aun cuando se ha avanzado en su conocimiento falta aún comprender integralmente la magnitud de la diversidad microbiana en estos ambientes, su significado funcional y cómo se pueden adaptar a condiciones límites o extremas.

Aparte de entender la ecología microbiana, estudiarlos y protegerlos permiten valorar y cuantificar aún más estos ecosistemas acuáticos únicos en el mundo que se adaptan a las condiciones extremas que poseen y que son remanentes de un pasado muy diferente al de hoy y que nos muestran cómo fue la vida en la Tierra en sus comienzos sin ozono, sin oxígeno, con grandes cambios de temperatura y con mucho arsénico. Han desarrollado adaptaciones para no explotar o secarse en presencia de muchísima sal, son resistentes a todo y han habitado la Tierra hace 3.400 millones de años.

Prueba de la importancia ecológica de estos sistemas naturales, es la declaración de la "laguna de Tebenquiche", como Santuario de la Naturaleza la cual fue promulgada por el Ministerio del Medio Ambiente, bajo el decreto N°95 del año 2018, esta laguna se encuentra ubicada en el sector norte del Salar de Atacama, considerada además como un humedal altoandino, y uno de los mayores cuerpos de agua salobre del Salar de Atacama que ejerce un rol relevante en la dinámica ecológica del Salar de Atacama por cuanto corresponde a cuerpos de afloramientos permanentes que permiten sostener una biodiversidad adaptada para desarrollarse en condiciones ambientales extremas.

El único fundamento tenido a la vista para dicha declaración, fue que el área a declarar como santuario de la naturaleza, de acuerdo con los antecedentes acompañados en el respectivo expediente, posee ecosistemas microbianos extremófilos de tipo: biofilms, tapetes, fitomicrobialsitos y evaporitas cuya importancia radica en la capacidad de soportar condiciones ambientales extremas de alcalinidad, salinidad y alta radiación ultravioleta, lo que constituye un laboratorio natural de las condiciones que existían en la tierra primitiva y guarda información valiosa para entender procesos ocurridos en escala geológica.

Adicionalmente, en la demanda por daño ambiental presentada por el Consejo de Defensa del Estado en contra de Minera Escondida en el salar de Punta Negra, se tiene que en el Informe de Análisis y Evaluación Aprobación de Indemnidad En Propuesta De Acuerdo De Conciliación en La Demanda Por Daño Ambiental Caratulada "Consejo De Defensa Del Estado Con Minera Escondida Ltda." Rol D-6-2020, se reconoce que entre los hábitats presentes en el salar destacan bofedales y manantiales, que en conjunto con las lagunas del salar son los más importantes hábitats, no solo para la reproducción de especies de flamencos y rutas de vicuñas, sino que para organismos extremófilos únicos del desierto.

Agrega que, así las cosas, los Ecosistemas Microbianos Extremófilos (EME) asociados a minerales son asociaciones de diatomeas, bacterias, cianobacterias, haloarqueas, hongos y protozoos, que influyen o inducen la precipitación de minerales, o se desarrollan asociados a los mismos en lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna e incluyen tapetes microbianos, microbialitos (estromatolitos, oncolitos y leiolitos), biopelículas y endoevaporitas.

En particular, los humedales del Salar de Punta Negra se consideran de jerarquía de categorización I.C., es decir, EME de capas multilaminares de tapetes microbianos, situación que configura un ecosistema particular y muy vulnerable.

En consecuencia, en dicho informe se consideró la realización de un catastro ambiental que microorganismos presentes en los cuerpos de agua que incluyó organismos extremófilos, de acuerdo con la Guía para la Conservación y Seguimiento de Ecosistemas Microbianos Extremófilos: Tapetes Microbianos, Microbialitos y Endoevaporitas, además de un informe de caracterización de ecosistemas de microorganismos.

Se incluyó además un programa de protección de microorganismos, incluyendo extremófilos, a fin de generar un levantamiento y evaluación del estado de y en base a la evaluación, desarrollar un plan de protección a sectores de riqueza de microorganismos (incluyendo extremófilos)

Similares consideraciones sobre los extremófilos se hicieron en el caso del Salar de Llamara, proyecto de SQM denominado Pampa Hermosa, ubicado en la comuna de pozo Almonte, ante el Primer Tribunal Ambiental, en donde se consideraron algunos elementos relevantes para la profundización del conocimiento científico de los Ecosistemas Microbianos Extremófilos en humedales de la macrozona norte del país y el mejor resguardo ambiental de los Puquíos del Salar de Llamara.

En el salar de Atacama igualmente, SQM se encuentra desarrollando monitoreo de los extremófilos.

Igualmente, ALBEMARLE Ltda. desarrolla el "Estudio de Ecosistemas Extremófilos", como parte de sus Compromisos Ambientales Voluntarios (CAV) adquiridos a través de la aprobación ambiental de su Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama" (RCA N°21/2016).

2.1.2.5 Protección Legal y Ambiental de los Salares y Cuerpos de Agua en Cuencas Endorreicas

El informe final de la Comisión Nacional del Litio del Ministerio de Minería del año 2015 concluyó que se requiere de una gestión sustentable de los salares, basada en asegurar que las funciones ecológicas de los sistemas naturales allí existentes puedan mantenerse a lo largo del tiempo, teniendo en consideración aspectos sociales, económicos y ambientales.

Planteó además que la gobernanza sustentable e inclusiva de los salares debe constituir el principio inspirador de la acción coordinada de los organismos públicos competentes para cumplir el rol normativo, regulador y fiscalizador del Estado sobre las actividades productivas que allí se realicen, para lo cual se requiere de una institucionalidad pública coordinadora, dotada de los recursos y la necesaria especialización técnica y legal en estas materias.

Agrega dicho informe que de la revisión de los antecedentes bibliográficos disponibles se puede concluir que hay una falta de una institucionalidad que aborde el manejo de los salares, que lo que existe está fragmentado; que, por la naturaleza del litio, su explotación debe ser realizada integralmente y no de forma fragmentada o sectorial; que los salares constituyen ecosistemas de gran complejidad y fragilidad, de gran interés ambiental, sociocultural y económico para el país, respecto de los cuales el Estado debe ejercer acciones para su protección, conservación y manejo sustentable; que existe una falta de control y de conocimientos de los salares por parte del Estado lo que hace necesario una política de salares más que una política de litio.

En consecuencia, una adecuada gobernanza, entendida como la capacidad institucionalidad adecuada que permita su manejo integral, debe establecer en los organismos públicos competentes la coordinación necesaria para la gobernanza sustentable de los salares conducente a establecer las modalidades de exploración y explotación, los flujos máximos de extracción de salmueras y los programas anuales máximos de comercialización de litio.

Para el cumplimiento de dicho rol, es esencial disponer y generar capacidad de recopilar, analizar y actualizar la información científica de los salares necesaria para el cabal conocimiento de sus características y los requerimientos de su protección, recibiendo la información disponible en las entidades públicas y privadas relacionadas con la explotación de los salares, completarla en lo que sea pertinente y mantenerla actualizada.

2.2 Dimensión Física

2.2.1 Geomorfología

La zona donde se emplazan las cuencas de estudio presenta un marco geomorfológico particular, propio de toda la unidad Altiplano-Puna de la región norte de Chile, caracterizado por la presencia de cuencas hidrográficas endorreicas, situadas en una planicie de altura (sobre los 4000 m.s.n.m.) formada por el alzamiento tectónico de esta región y una gran actividad volcánica en un ambiente de subducción.

Los rasgos físicos particulares de la superficie del territorio de estudio tienen su origen en los fenómenos morfológicos de carácter endógeno y exógeno que modelan el relieve de esta zona.

Los fenómenos exógenos dependen de factores climáticos, con características particulares para la zona de la Puna de Atacama, tales como: extremas oscilaciones diarias de temperatura, precipitaciones estivales (mayores al resto de la región), vientos constantes y de alta velocidad, entre otros, los cuales inducen a un sistema de erosión particular y a la formación de lagunas y salares activos en las zonas deprimidas. Por otra parte, los fenómenos endógenos tienen relación con la importante acumulación de materiales volcánicos que conforman terrazas y sectores de relieves positivos que han terminado por obstruir, limitar y formar las distintas cuencas endorreicas.

Geoformas de Relieve Positivo

La intensa actividad volcánica que se desarrolla en la zona de estudio desde el mioceno ha originado la acumulación de importantes depósitos piroclásticos y lávicos, los cuales modelan todo el sector generando relieves volcánicos dando lugar a accidentes morfológicos, edificados con gran rapidez, y que construyen un relieve característico que permite la formación de las cuencas aisladas.

Algunas de estas geoformas descritas en la zona de estudio (Cervetto, 2012) se presentan a continuación:

Cordón Volcánico

Unidad de relieve mayoritariamente de acumulación, formado por el conjunto de materiales volcánicos y subvolcánicos. Abarca un conjunto de estrato-volcanes, conos volcánicos, coladas de lava y domos. En la zona de estudio, se reconocen una serie de cordones volcánicos, formados lineamientos de aparatos volcánicos o cuerpo ignimbrítos en altura, entre los cuales destacan el Cordón de Puntas Negras, entre los salares de Aguas Calientes Centro y Laguna Tuyajto-Aguas Calientes Sur, Cordón de Chuculaqui, entre el salar de Atacama y las lagunas Miscanti y Meñiques, Cordón de Ceja Alta, entre los salares de Aguas Calientes Centro y Loyoques, y las cuencas fronterizas que drenan al salar argentino Jama, y el Cordón Quilapana que separa las cuencas de los Aguas Calientes Norte y Tara.

Estrato-Volcán

Corresponden a estructuras volcánicas conformadas por erupciones de lava alternadas con la expulsión de materiales piroclásticos, conformando una superposición de capas en base a estos materiales sólidos, vale decir, cenizas, coladas de lava y otros materiales. Para su formación se requiere de un largo periodo de actividad eruptiva o la repetición de numerosas erupciones en un área restringida. Los estrato-volcanes más destacados en la zona de estudio corresponden a los volcanes Aguas Calientes (5.924 m.s.n.m.), Pili (6.046 m.s.n.m.), y Puntas Negras (5.852 m.s.n.m.).

Cono Volcánico

Un cono piroclástico es un cono volcánico que se levanta a partir de fragmentos volcánicos sueltos de tamaño ceniza (pómez, piroclastos, tefra). El edificio volcánico se construye a partir de la eyección y acumulación de coágulos de partículas y burbujas de lava eyectados a través de un conducto único. A medida que la lava rica en gases es expulsada violentamente hacia la atmósfera, ésta se rompe en pequeños fragmentos que solidifican y decantan como ceniza alrededor del cráter, formando así un cono circular u ovalado. La mayoría de los conos piroclásticos tienen en la cima un cráter con forma de tazón. Los conos de ceniza raramente superan los 500 -750 m de potencia, y como son depósitos no-consolidados, tienden a ser vulnerables a la erosión. Se identifica un cono que aflora principalmente en la cuenca Salar El Laco, y denominado cerro Overo.

Domo Volcánico

Los domos volcánicos corresponden a cuerpos sub-redondeados conformados por acumulaciones de rocas incandescentes muy densas y viscosas que no son expulsadas como coladas de lava, sino que se acumulan en cuanto extruyen, formando peñascos inestables que luego se derrumban. Los domos del sector resisten por más tiempo a la intemperie debido a su composición vitrofírica (Gardeweg y Ramírez, 1985). Los mejores ejemplares reconocidos en el sistema de cuencas piloto son el conjunto de domos de orientación N-S, ubicados hacia el costado oriental del Salar de Aguas Calientes Centro. Corresponden, de norte a sur, a los cerros Bola, Purifican, Arenoso, Chivato Muerto y Chamaca.

Colada de Lava

En ocasiones se reconocen flujos de lava que se denominan coladas. La colada, más o menos fluida, es más rápida en las proximidades del punto de efusión, que después de cierto recorrido, ya que, al enfriarse, se vuelve más viscosa y disminuye la velocidad hasta detenerse. Se reconocen varias de estas coladas en las faldas de los volcanes modernos reconocidos por forma cónica característica.

Plataforma Ignimbrítica

En la Puna de Atacama, los depósitos ignimbríticos se disponen formando extensas mesetas inclinadas entre 1° y 4°, preferentemente hacia el este. Se las reconoce formando delgadas "mesas" sobre unidades menos resistentes a la erosión, o adosadas a relieves positivos (Gardeweg y Ramírez, 1985). Esta unidad se compone principalmente por las mesetas ignimbríticas Cordón Alto de Toro Blanco, Alto de Lari, Alto de Caballo Muerto, Loma La Cantera y Loma Las Torres.

Domo Intrusivo

Son afloramientos rocosos cristalinos, de carácter intrusivo, que dan forma a domos lisos y rocosos. La pendiente de estos domos es alta, y tienen forma parabólica. Se reconoce un afloramiento rocoso de carácter intrusivo en el límite entre las cuencas Laguna Tuyajto y Pampa Colorada.

Caldera

Esta geoforma corresponde a una gran depresión volcánica de forma de circular limitadas por fallas que corresponde a estructuras de hundimiento o colapso, en las cuales el bloque hundido después de la subsidencia inicial puede alzarse, generalmente en la forma de un domo estructural. El domo estructural puede estar fracturado radial o concéntricamente, o ambos. Estas calderas comúnmente exhiben volcanismo resurgente o post-resurgente a lo largo de las fracturas anulares o a lo largo de las fracturas dentro del domo estructural.

En la zona de estudio se reconoce una gran caldera elíptica, denominada La Pacana, con un tamaño de unos 60 x 35 km, con el eje mayor orientado N-S, que cubre todo el sector centro-norte del área de estudio conformada por las cuencas de los salares Aguas Calientes Centro, Pujsa, Aguas Calientes Norte y Loyoques. El margen topográfico de esta gran estructura está bien definido hacia los costados este, sur y oeste, y se describen como acantilados compuestos por unidades pre-caldera, que son cubiertas por los depósitos de la Ignimbrita Atana, alcanzando relieves de hasta 1.000 m de espesor, por sobre la depresión topográfica de la caldera (Lindsay et al., 2001). Las áreas relativamente planas que se ubican entre el domo resurgente y el margen topográfico se definen como el foso de la caldera. Es una cuenca irregular de unos 2 – 10 km de ancho, que rodea al domo resurgente en sus flancos oeste, sur y este. El foso está parcialmente relleno por depósitos sedimentarios que derivan de la misma erosión del domo resurgente y de las paredes de la caldera, y por rocas volcánicas post-caldera. Las partes más bajas del foso son ocupadas por salares, en donde se han depositado sedimentos aluviales, lacustres y evaporíticos (Gardeweg y Ramírez, 1987).

Geoformas de Acumulación

Los relieves de acumulación están originados por los procesos de degradación y agradación que se producen en las distintas cuencas endorreicas. Estos procesos están controlados, en la zona de estudio, por agentes exógenos como la precipitación, escorrentía, hielo y viento. Dichos agentes contribuyen a su vez con el transporte de materiales de unos lugares a otros para determinar la agradación, que corresponde a la acumulación de sedimentos que como consecuencia permite la construcción de otros relieves. Algunos de estas geoformas, descritas en el área de estudio (Cervetto, 2012), se presentan a continuación:

Conos Aluviales

Los conos aluviales se reconocen por su forma en abanico, y son formados producto de los cauces torrenciales que se originan con los deshielos, que transportan a los sedimentos que provienen desde las altas cumbres de los cordones volcánicos, y que descienden en dirección a la llanura aluvial. Siendo que la pendiente disminuye drásticamente en las zonas bajas de las cuencas, la velocidad del agua disminuye, es incapaz de seguir transportando a los materiales, y por lo tanto deposita a los sedimentos en la zona terminal del abanico. Estos depósitos se reconocen en todas las cuencas y se disponen en forma individual o formando una coalescencia, en los piedemontes, entre las pampas y los cordones o edificios volcánicos.

Llanura Aluvial o Pampa

Este relieve sedimentario, peniplanizado, se forma por el aporte de la erosión que rebaja las altas cumbres, y que mediante los cursos de agua o a través de procesos gravitatorios, deposita material detrítico en las zonas bajas de las cuencas. En estas zonas se distinguen grandes conos aluviales superpuestos a estas zonas de baja pendiente. Su composición heterogénea y clástica, les confiere un alto potencial hidrogeológico, puesto que la mayor parte de las recargas acuíferas suelen infiltrarse en estas zonas, como ocurre en todas las cuencas que componen al sistema piloto. Es por este motivo, que suelen tener una red de drenaje poco desarrollada o ausente.

Salar

Los salares son un rasgo hidrográfico presente en gran parte de las cuencas endorreicas. Estos se forman producto de la acumulación de aguas en cuencas cerradas presentes en regiones áridas, donde la descarga por evaporación, que en el largo plazo es mayor que recarga por precipitación. Predominan sales tales como cloruros, sulfatos, nitratos, boratos, entre otros. En el área de estudio se reconocen, de norte a sur, los salares de Aguas Calientes Norte, Pujsa, Loyoques, Aguas Calientes Centro, El Laco, Laguna Tuyajto, Aguas Calientes Sur-Talar y Capur, identificando en sus bordes vertientes que dan lugar a escorrentías superficiales permanentes y lagunas, además de cuerpos vegetacionales.

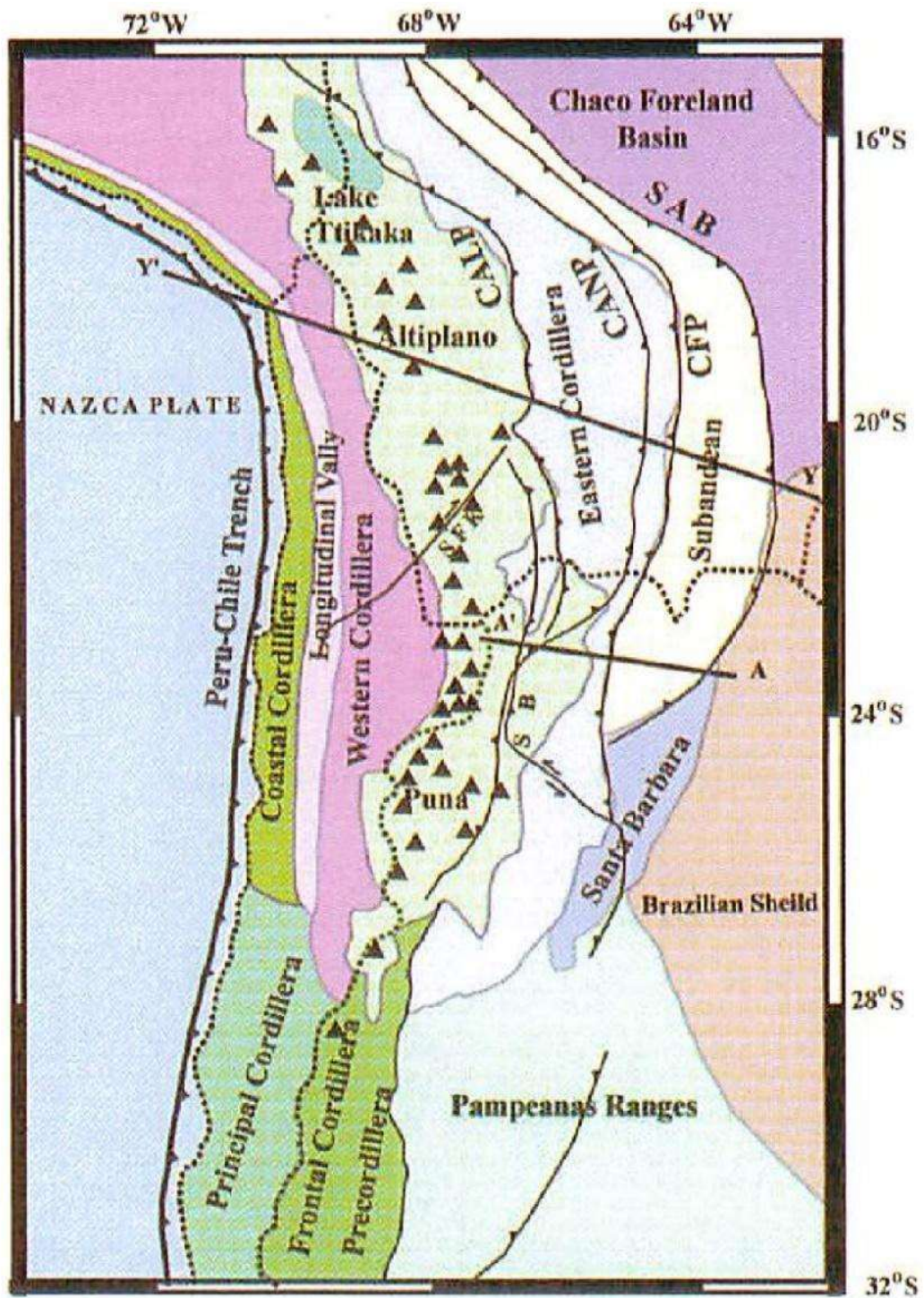
2.2.2 Geología del Área de Estudio

2.2.2.1 Marco Geotectónico

Las cuencas Endorreicas entre el Salar de Atacama y Fronterizas se encuentran ubicadas sobre un rasgo morfoestructural distintivo de los Andes Centrales denominado Altiplano-Puna, consistente en una gran planicie de altura (promedio 3700 m.s.n.m.) con una

extensión superficial de 350 a 400 Km de ancho y 1500 km de largo. Este rasgo se encuentra entre los paralelos 15° y 27° latitud Sur, desde las regiones de Ayacucho (Perú) y Atacama (Chile) (Allmendinger et al., 1997; Talukder & Hayashi, 2006). Es coincidente, en profundidad, con un segmento de la placa de Nazca que inclina 25°-30° por debajo de América del Sur (Jordan et al., 1983).

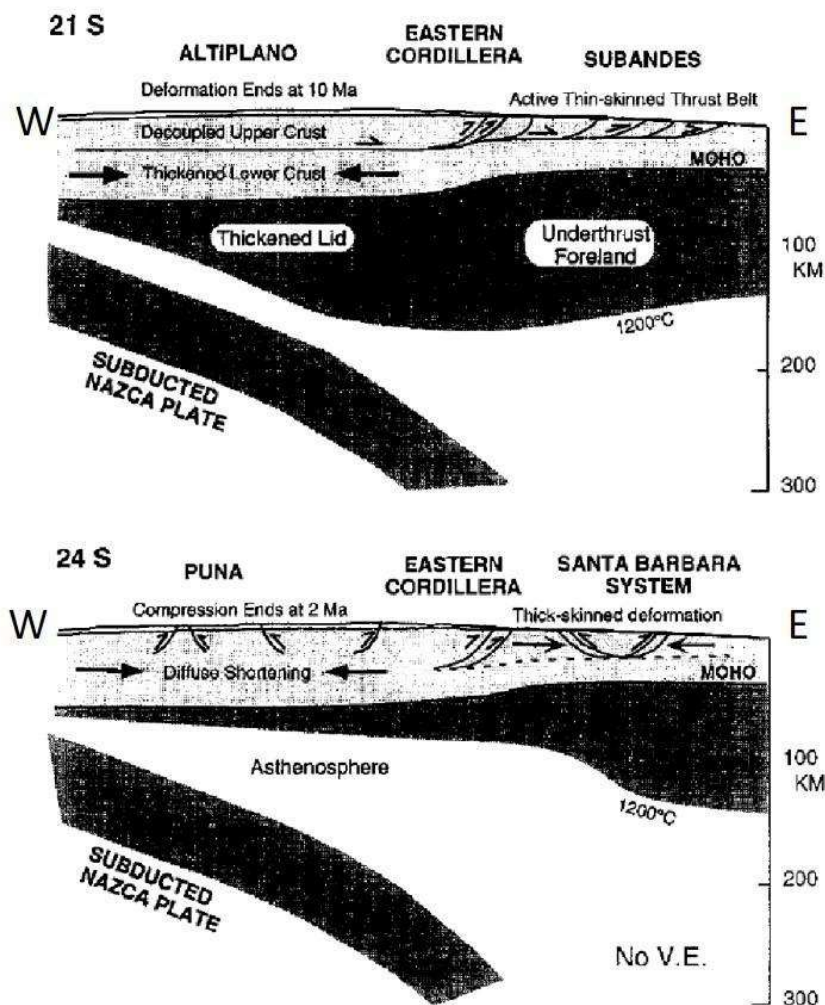
Este gran "plateau" se subdivide en Altiplano, en su mitad norte, y Puna, en la mitad sur, basado en sus rasgos geomorfológicos como tectónicos distintivos, ubicándose el límite, entre ambos rasgos orográficos, en la latitud cercana a los 23° S, donde el sistema de antepaís de las Sierras Subandinas (tectónica de capa delgada) pasa transicionalmente al Sistema de Santa Bárbara (tectónica de capa gruesa) (Allmendinger et al., 1997). La Puna, unidad morfoestructural donde se dispone el área de estudio (Figura 2-2), se caracteriza por bloques de basamento plegados de manera inversa separados por cuencas intramontanas, las cuales han desarrollado drenaje interno y potentes rellenos sedimentarios y evaporíticos desde el Mioceno (Chernicoff et al., 2002).



Fuente: Talukder and Hayashi, 2006.

Figura 2-2. Mapa morfotectónico y de estructuras regionales de los Andes Centrales y zonas adyacentes.

El alzamiento del Altiplano-Puna se debería a fuertes presiones de la placa oceánica de Nazca, que habrían forzado a este bloque de los Andes Central, a elevarse cabalgando hacia el Este y el Oeste de las rocas adyacentes mediante dos sistemas divergentes de fallas Inversas (ver Figura 2-3) (Whitman, et al., 1996). Sumado a esto, en esta región, se ha registrado una intensa actividad volcánica explosiva, iniciada en el Oligo-Mioceno (alrededor de 25 Ma.), que dio origen a una serie de mantos ignimbríticos sobre los cuales se desarrollaron los numerosos volcanes que confieren a esta unidad orográfica su característico actual relieve.

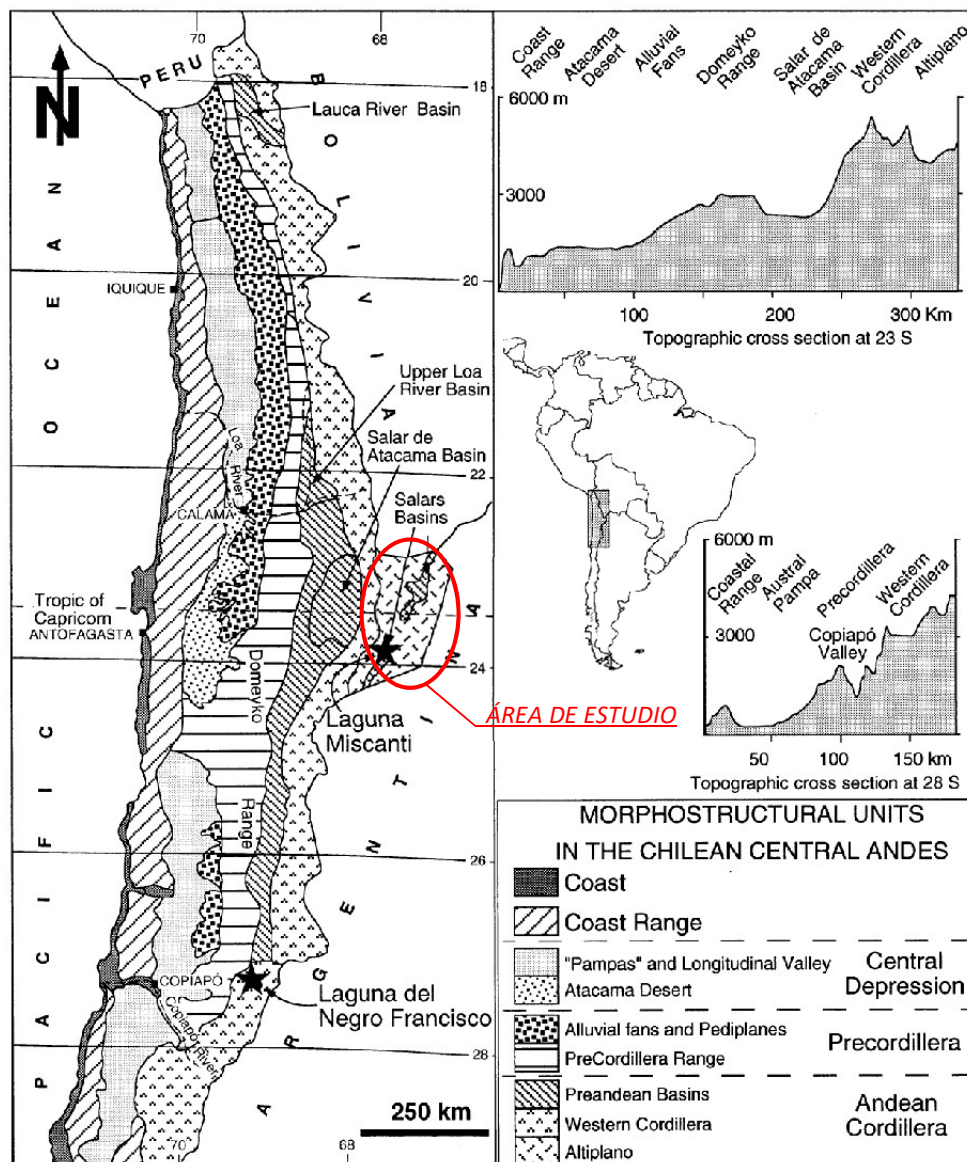


Fuente: Whitman et al., 1996

Figura 2-3. Modelo tectónico que muestra las estructuras y segmentación de Altiplano-Puna con el espesor de la litósfera.

Los Andes Centrales constan de varias cadenas montañosas, orientadas NS y cuencas intramontanas que resultaron de la subducción de la placa de Nazca del Pacífico desde el Pérmico hasta el presente (Ramos, 1988). Cuatro arcos magmáticos sucesivos se han desplazado hacia el este durante la evolución de este margen convergente y una variedad de cuencas sedimentarias evolucionaron bajo diferentes condiciones tectónicas y magmáticas.

Estas condiciones han modelado el paisaje del norte de Chile, generando las unidades morfoestructurales regionales que se presentan en la Figura 2-4, (Valero-Garcés, 1999), en la cual se puede observar, de oeste a este, en particular a la latitud del área de estudio, Farellón Costero, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia (Desierto de Atacama), Precordillera (Cordón de Domeyko con pie de montes y abanicos aluviales) y Cordillera de los Andes, segmentada en tres franjas de dirección NS que de oeste a este corresponde a: Cuencas Preandinas (salares de Turi, Atacama, Punta Negra, entre otros), Cordillera Occidental (límite oeste de las cuencas endorreicas) y Altiplano (que en este sector corresponde a la Puna, donde se emplazan las cuencas endorreicas).



Fuente: Valero-Garcés, 1999

Figura 2-4. Unidades morfoestructurales en los Andes Centrales de Chile.

Los volcanes antiguos, erosionados e inactivos, y los volcanes recientes, con escasa o sin erosión y activos forman la llamada Cordillera Occidental (Figura 2-4) y se desarrollaron en la superficie del Altiplano por encima de la cubierta de cenizas (responsable en parte de la nivelación final del terreno) mencionada anteriormente. En la zona de la puna de Atacama estos volcanes han sido agrupados en 4 grupos principales, en base, principalmente, a criterios geocronológicos y estratigráficos, los cuales corresponden a las unidades Estrato-

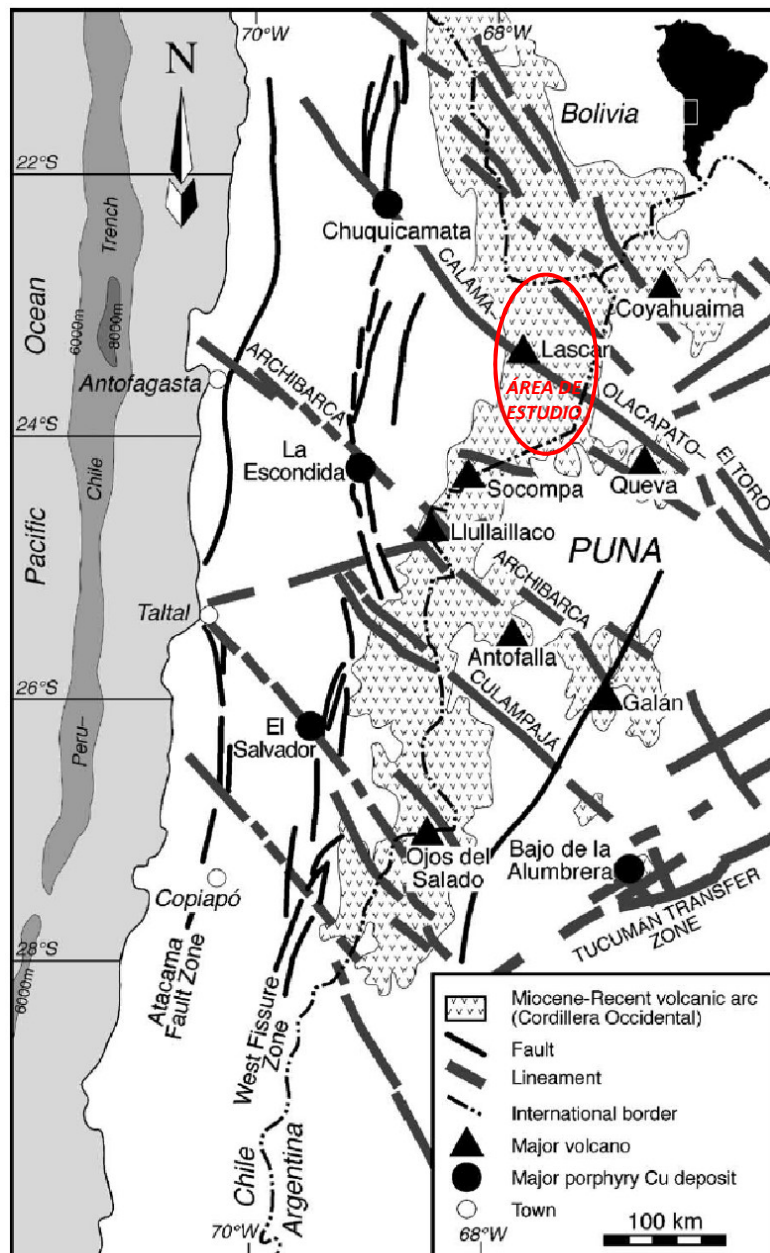
Volcanes I, II, III y IV, de más antiguo a más reciente, todos conformados, principalmente, por andesitas afectadas por distintos grados de erosión dependiendo de la edad (Sernageomin, 1982).

Finalmente, es necesario señalar que, si bien la actual superficie del Altiplano es bastante plana en general, durante el Neogeno Superior se formaron amplias cuencas subsidentes (Kött et al, 1995) como las de la Fm. Lauca (al norte del área de estudio), de 300 m de espesor y de edad pliocénica, y de los grandes salares. Así mismo, este autor señala que la Fm. Lauca presenta evidencias de una deformación compresiva que no se manifiesta en los depósitos cuaternarios. Si se extendiesen estos procesos hacia la zona de estudio, esto significaría que simultáneamente con algunos de los procesos puramente volcánicos tan evidentes en superficie, se desarrollan otros procesos tectónicos de más difícil reconocimiento, cuyas evidencias se encontrarían principalmente bajo las cubiertas volcánica y sedimentaria más recientes.

2.2.2.2 Principales Estructuras del Área de Estudio

Dentro de la Puna, y en particular en el centro del área de estudio, existe una subdivisión estructural importante, definida como un lineamiento de dirección NW-SE denominado falla Calama-Olacapato-El Toro (Alonso et al., 1984; Salfity, 1985; Chernicoff et al., 2002) que limita la Puna Norte de la Puna Sur (Caffe et al., 2002), como se puede ver en la Figura 2-5. Ambas zonas presentan diferencias en la deformación y el volcanismo, como consecuencia de las diferencias mecánicas de los conjuntos de rocas en las regiones Norte y Sur (Seggiaro y Hongn, 1999) y de las estructuras preandinas existentes ante la orogenia andina (Allmendinger et al., 1983; Kley et al., 1999). Esta mega estructura se emplaza dentro del área de estudio, al sur del cordón de Puntas Negras y divide la Puna de Atacama en un sector norte que contiene las depresiones que albergan los salares de Pujsa, Aguas Calientes Norte, Quisquiro (o Loyoques) y Aguas Calientes Centro; y un sector sur, donde se emplazan los salares El Laco, Tuyajto, Aguas Calientes Sur (o Talar) y Capur.

Este lineamiento de escala regional atraviesa todo el territorio chileno y coincide, en dirección y extensión, con otros lineamientos situados al sur y norte del área de estudio (Figura 2-5).

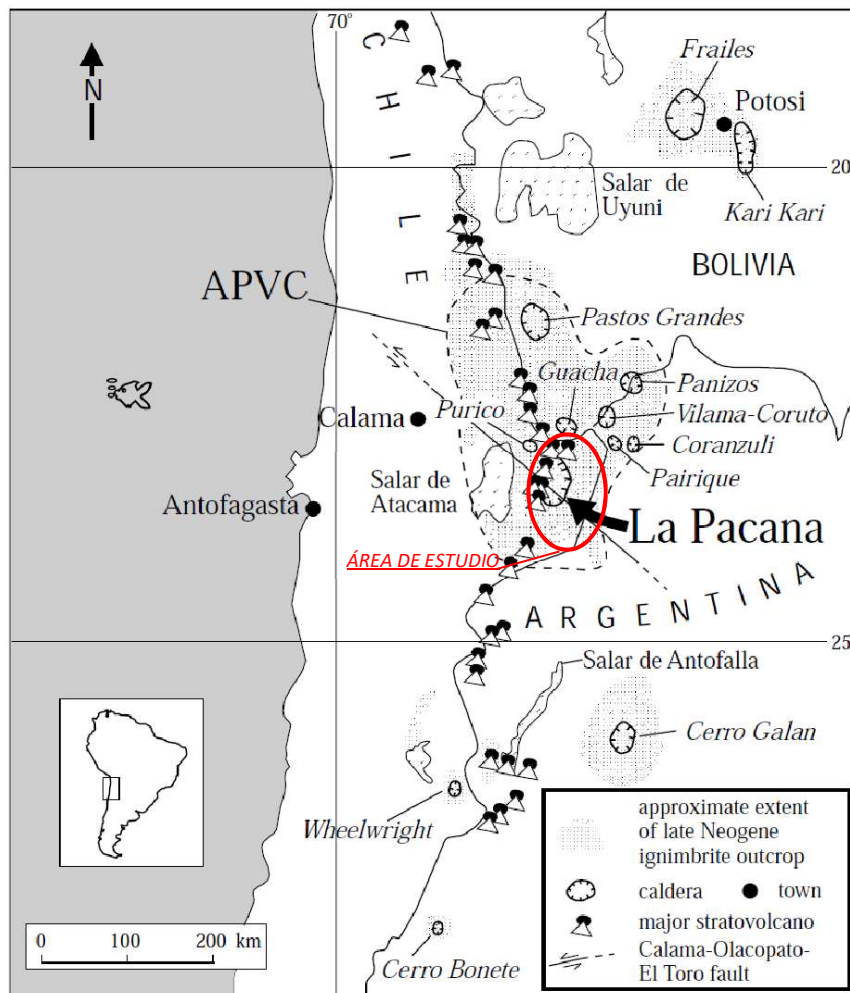


Fuente: Chernicoff et al., 2002.

Figura 2-5. Mapa del norte de Chile con las fallas y lineamientos de escala regional.

Otra estructura importante, observada y descrita en el área de estudio, corresponde a la caldera La Pacana, situada junto a otras calderas dentro del Complejo Volcánico Altiplano-Puna (ver Figura 2-6) (APVC), la cual corresponde a una estructura volcánica de colapso

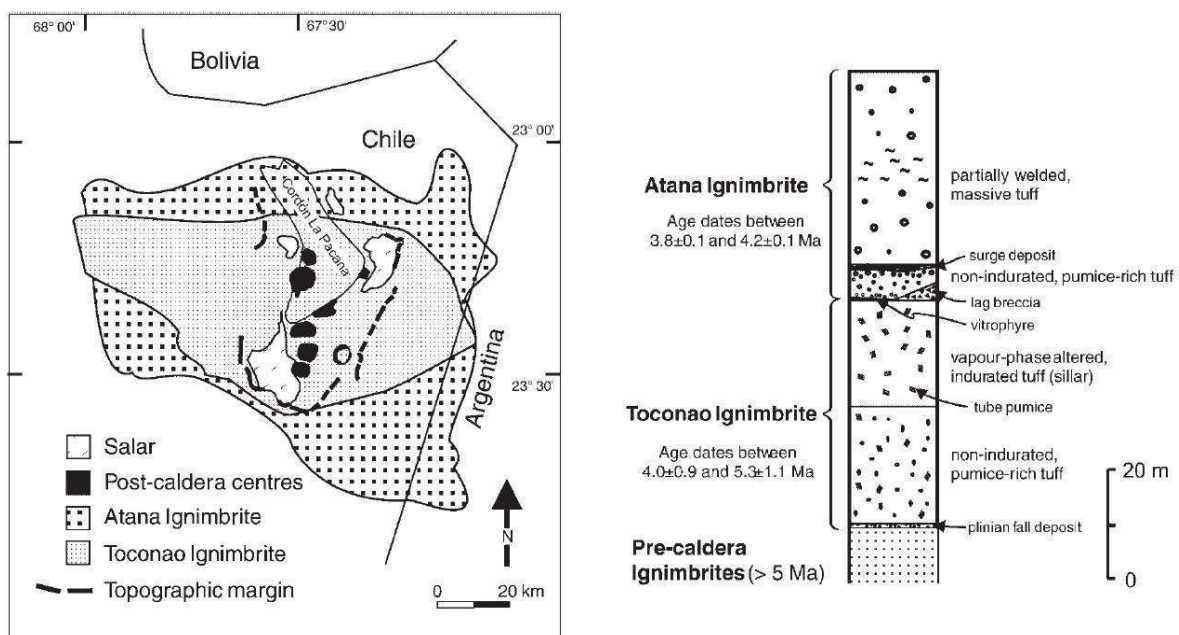
de 65 km de largo por 30 km de ancho, aproximadamente, lo que la transforma en una de las calderas más grandes y mejor conservada del mundo. Los volúmenes de material eruptado por esta caldera llegan a 2500 km³, aproximadamente, con un VEI (índice de explosividad volcánica) de 8,7, lo que la hace la quinta erupción más grande de la que tenga registro geológico, y cuyo relleno de ignimbritas intra-caldera tendría un espesor entre 0,9 y 2 km. Esta estructura volcánica tiene una orientación aproximada NS, cuyos límites E, S y SW corresponden a un borde topográfico, mientras que los límites N y W no se observan, al encontrarse cubiertos por unidades volcánicas más jóvenes. El centro de la caldera está ocupado por un domo resurgente elongado en direcciones NW-SE y NE-SW, de 48 km de largo por 12 km de ancho.



Fuente: Lindsay et al., 2001.

Figura 2-6. Mapa esquemático del Complejo Volcánico Altiplano-Puna y caldera asociadas.

Esta gran depresión alberga a los salares de Aguas Calientes Centro y Norte, Pujsa y Quisquiro, y su actividad desde los 5 Ma. (millones de años) dio origen a dos flujos piroclásticos principales (Figura 2-7), la ignimbrita de Toconao riolítica con un volumen de 180 km^3 y 4-5 Ma., pobre en cristales, con delgada unidad inferior de caída ($<10 \text{ cm}$) con piedra pómez tubular vítrea ($<3\%$) y una unidad gruesa superior de flujo (30 m), mostrando, localmente, dos facies que son causadas por diversos grados de alteración de la fase de vapor; y la ignimbrita dacítica de Atana, con un volumen de 2500 km^3 y una edad de 4 Ma., rica en cristales (40-50%), homogénea, relativamente pobre en piedra pómez y soldada. Después del colapso de la caldera y la formación del resurgimiento del bloque Atana, se formaron varias cúpulas dacíticas-riolíticas, ricas en cristales, a lo largo del margen del bloque resurgente. Las edades K-Ar de estas unidades (Lindsay et al., 2001), muestran que el vulcanismo posterior a la caldera continuó de 4 a 2 Ma, lo que indica que el sistema magmático de La Pacana estuvo activo durante al menos 2 Ma después de la erupción principal.

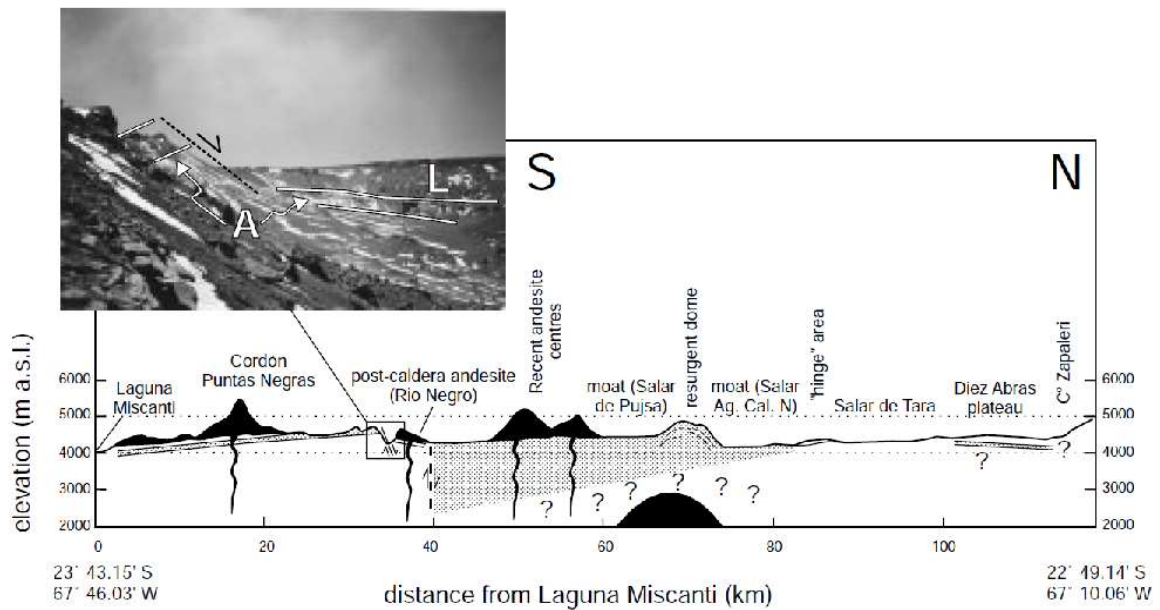
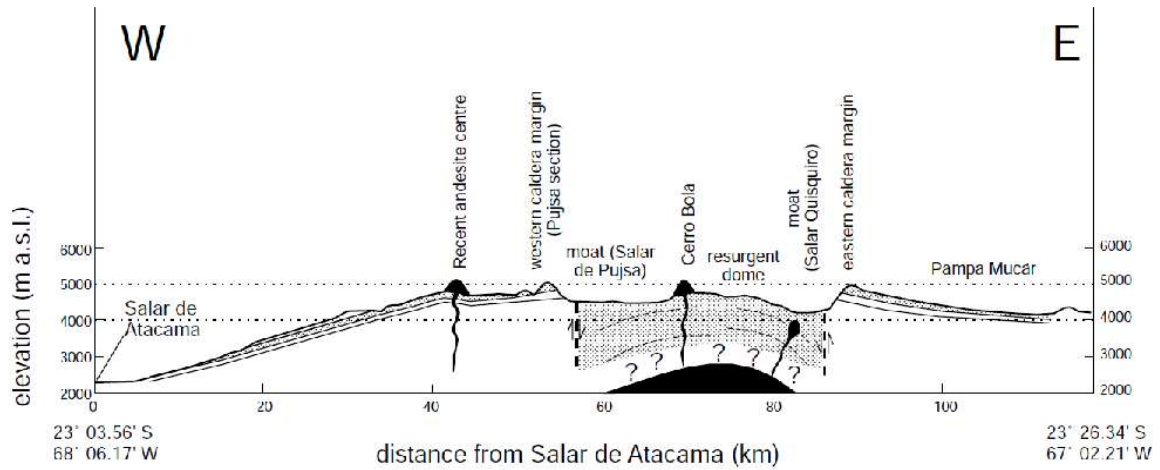


Fuente: Lindsay et al., 2001

Figura 2-7. Esquema de la caldera La Pacana y distribución de las ignimbritas asociadas a su formación.

En la Figura 2-8 se pueden observar 2 perfiles geológicos, direcciones EW y NS, con la forma de la estructura de colapso Caldera La Pacana, la distribución de los flujos

piroclásticos (estratos de ignimbrita), emplazamiento del domo surgente La Pacana y los centros volcánicos cuaternarios.



Fuente: Lindsay et al., 2001.

Figura 2-8. Perfiles esquemáticos de la Caldera La Pacana, estructuras y depósitos volcanoclásticos.

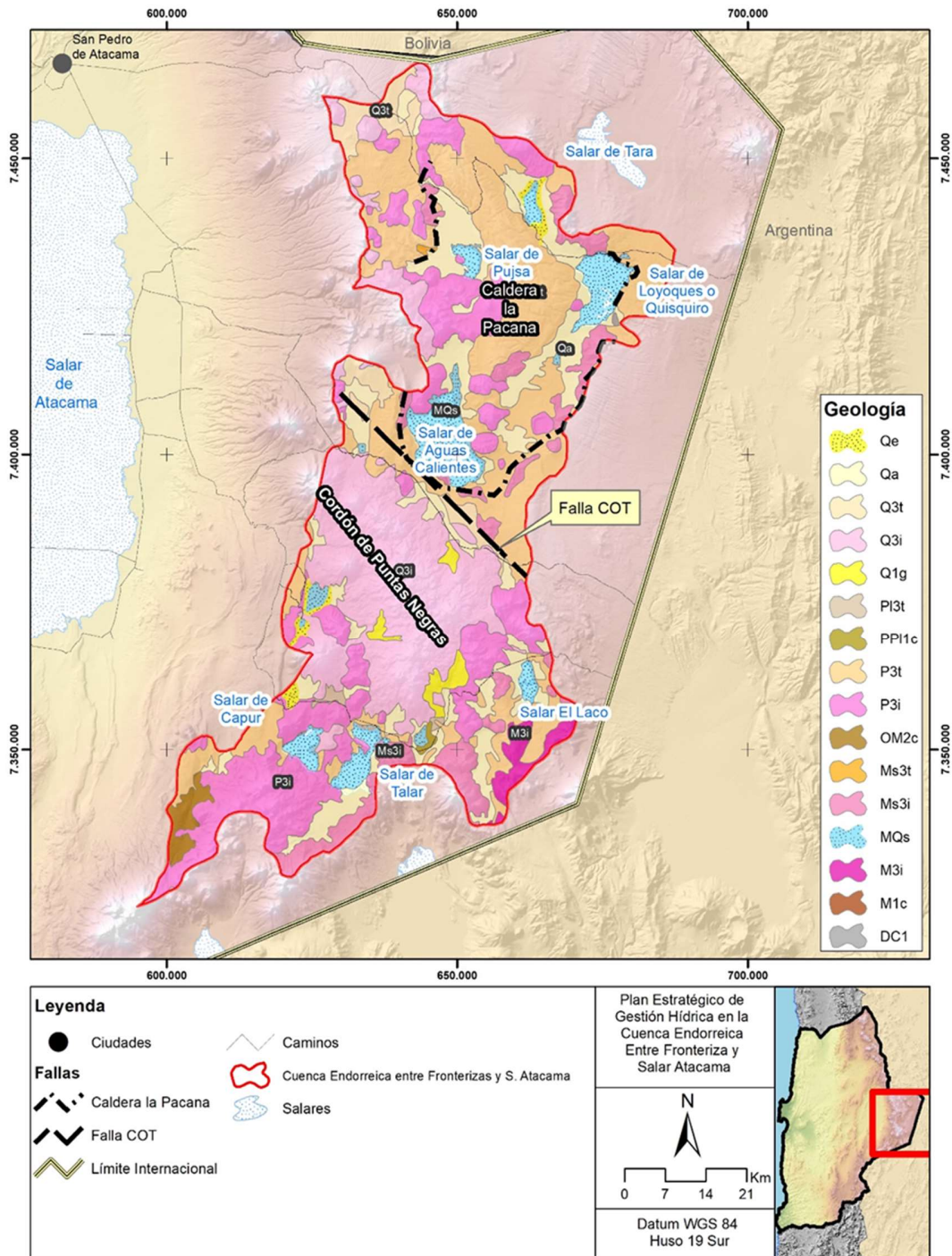
2.2.2.3 Marco Geológico de las Cuenas Endorreicas

A continuación, se presenta un resumen de las formaciones geológicas dentro de la cuenca en estudio y descritas en el Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2002). La Tabla 2-3 y la Figura 2-9 son complementarios.

Tabla 2-3. Resumen de formaciones dentro de la cuenca y descritas en el Mapa Geológico de Chile.

LITOLOGIA	CODIGO	EDAD	UNIDAD
Depósitos sedimentarios no consolidados	Qa	Pleistoceno-Holoceno	Depósitos aluviales
	Qe	Pleistoceno-Holoceno	Depósitos eólicos
	Q1g	Pleistoceno-Holoceno	Depósitos morrénicos
	MQs	Mioceno-Cuaternario	Depósitos evaporíticos
Rocas Volcánicas Lávicas	Q3i	Cuaternario	Estratovolcanes y complejos volcánicos
	P3i	Plioceno	Centros volcánicos
	Ms3i	Mioceno superior	Centros y secuencias volcánicas
	M3i	Mioceno inferior-medio	Complejos volcánicos
Rocas Volcanoclásticas	Q3t	Cuaternario	Depósitos de flujos piroclásticos
	Pl3t	Pleistoceno	Depósitos piroclásticos
	P3t	Plioceno	Depósitos piroclásticos dacíticos y riolíticos
	Ms3t	Mioceno superior	Ignimbritas dacíticas y riolíticas
Rocas Sedimentarias	PP1c	Plioceno-Pleistoceno	Conglomerados, areniscas, limonitas y arcillolitas
	M1c	Mioceno inferior-medio	Secuencias sedimentarias aluviales
	OM2c	Oligoceno-Mioceno	Secuencias volcanosedimentarias
	DC1	Devónico-Carbonífero	secuencias sedimentarias marinas

Fuente: Elaboración propia en base a SERNAGEOMIN, 2002.



Fuente: Sernageomin, 2002 (modificado)

Figura 2-9. Mapa geológico de las cuencas endorreicas entre el salar de Atacama y Fronterizas.

2.2.3 División Político Administrativa

La región de Antofagasta limita al Norte con la Región Tarapacá, al este con la República de Argentina y la República de Bolivia, al sur con la Región de Atacama y al oeste con el océano Pacífico. Cuenta con una superficie de 126.069 km², una población total de 607.534 hab. (INE, 2017), y una densidad de población de 4.82 habitantes/km². La región cuenta con 3 Provincias, Antofagasta, El Loa y Tocopilla. La capital regional es la ciudad de Antofagasta, con una población de 348.517 habitantes (INE, 2017) la cual encabeza también la Provincia de Antofagasta, la provincia de El Loa por su parte la encabeza la ciudad de Calama con 157.575 habitantes (INE, 2017), mientras que la provincia de Tocopilla, la encabeza la comuna del mismo nombre con 24.521 habitantes (INE, 2017).

La cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama es una cuenca cerrada ubicada en la comuna de San Pedro de Atacama, en Tabla 2-4 se ve el detalle de superficie de la cuenca respecto a la comuna que la contiene.

Tabla 2-4. Superficie de Cuenca y Comuna.

Región	Provincia	Comuna	Superficie comunal [Km²]	Superficie cuenca [Km²]
Antofagasta	El Loa	San Pedro de Atacama	23.544,5	5.307,5

Fuente: Elaboración Propia en base a Mapoteca DGA.

2.2.3.1 San Pedro de Atacama.

La comuna de San Pedro de Atacama administrativamente forma parte, junto a otras dos comunas, de la Provincia de El Loa, hábitat tradicional de las etnias Atacameñas y Quechua. San Pedro de Atacama limita al norte con la comuna de Calama y con la República de Bolivia, al sur con la comuna Antofagasta y con la República de Argentina, al este con la República de Argentina, y al oeste con la comuna de Sierra Gorda.

Situada en medio del desierto y a más de 2.436 metros sobre el nivel del mar, esta comuna fronteriza presenta una clara vocación turística, que ha sabido conjugar su importante herencia prehispánica con sus imponentes paisajes naturales, lo que le ha permitido posicionarse como uno de los destinos turísticos más relevantes del país La principal vía de acceso a la comuna es la Ruta internacional 23-CH, que la conecta con el resto del territorio regional, siendo también relevante la presencia de una serie de pasos fronterizos que

comunican a la comuna con las vecinas Repúblicas de Argentina (Pasos Jama, Sico y Guatiquina) y de Bolivia (Paso Portezuelo del Cajón).

La comuna de San Pedro de Atacama posee una superficie de 23.544,5 km², la cual representan el 18,59% de la superficie total regional y el 55,81% de la superficie total de la Provincia de Calama, siendo, la comuna de San Pedro de Atacama, la segunda comuna de mayor tamaño de toda la Región de Antofagasta y la quinta a nivel nacional.

El sistema de centros poblados de la comuna se constituye de ocho localidades de gran antigüedad y con un pasado histórico-cultural común, que se presentan de manera discontinua sobre el territorio y cuyo emplazamiento está fuertemente condicionado por las características físicas del territorio; la totalidad de estas localidades se ubican en la vertiente oriental del Salar de Atacama, tanto en los sectores más planos con poca o nula pendiente asociados a la cuenca de Atacama, como es el caso de las localidades de Toconao, Peine, Camar y San Pedro de Atacama, o bien asociados a sectores de mayor altura, junto a quebradas profundamente encajonadas, como es el caso de las localidades de Socaire, Talabre, Río Grande y Machuca.

La localidad de San Pedro de Atacama, la capital comunal, es la de mayor extensión y a la vez la que concentra la mayor cantidad de población que habita en la comuna.

2.2.4 Antecedentes Demográficos

La población residente en la comuna de San Pedro de Atacama alcanza, según resultados del Censo del año 2017, a las 10.996 personas, que constituyen el 1,81% de la población total de la Región de Antofagasta y el 6,21% de la población de la Provincia de El Loa. De la población total de la comuna 6.161 son hombres y 4.835 mujeres, y el 50,2% de la población es urbana mientras el 49,8% es rural, según se ve en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5. Población Total, por género y urbana y rural.

Comuna	Pobl. Urbana	Pobl. Rural	Población Total	Total Hombres	Total Mujeres
San Pedro de Atacama	5.524	5.472	10.996	6.161	4.835

Fuente: INE 2017

La Comuna de San Pedro de Atacama ha mostrado una evolución creciente de su población desde la década de los 80 en adelante, con dos períodos bien marcados; el primero de ellos se da entre los censos del año 1982 y 1992, donde la población comunal apenas aumentó,

y el segundo entre este último censo (1992) y los censos posteriores de los años 2002 y 2017, en el que la población aumentó a un ritmo muy alto que le permitió doblar su población entre cada período censal. Este crecimiento demográfico ha estado asociado fundamentalmente a los cambios producidos por los emprendimientos mineros y turísticos que se han desarrollado, los que han impactado en una comuna que se había caracterizado por bajos crecimientos demográficos, ver Tabla 2-6.

Tabla 2-6. Crecimiento de Población

Comuna	Censo 1982	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2017
San Pedro de Atacama	2.578	2.829	4.969	10.996

Fuente: PLADECO San Pedro de Atacama 2017 - 2021.

Al interior de la comuna existen tres cuencas hidrográficas: "Salar de Atacama" (15.577 km²), que contiene el salar más grande de Chile (3.000 km²) y el más seco del mundo (5 mm/año); "Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama" (5.308 km²); y "Fronterizas Salares Atacama - Socompa" (4.056 km²); y que determinan en gran medida el patrón de distribución de la población en este territorio (DGA, 2004 y 2012; RIDES, 2005; Games, 2013).

Las relaciones entre los grupos humanos se estructuran espacialmente en base a las tres cuencas existentes, conformando una apropiación del espacio que vincula sectores del salar (vegas y lagunas marginales), con los oasis agrarios bajos, las quebradas intermedias o pre-cordilleranas y los sectores de tolares existentes en la puna. Un patrón de asentamiento ancestral andino que se caracteriza por la integración o complementariedad de los diferentes pisos ecológicos (Murra, 1975; Hidalgo, 1978; Pourrut y Núñez, 1995; Castro y Martínez, 1996).

La cuenca "Salar de Atacama" es la de mayor superficie en la comuna, abarca el 66,5% de la superficie comunal, y en ella se encuentra la mayoría de la población comunal: 10.806 habitantes que representan el 98, 27% de la población comunal (INE, 2017).

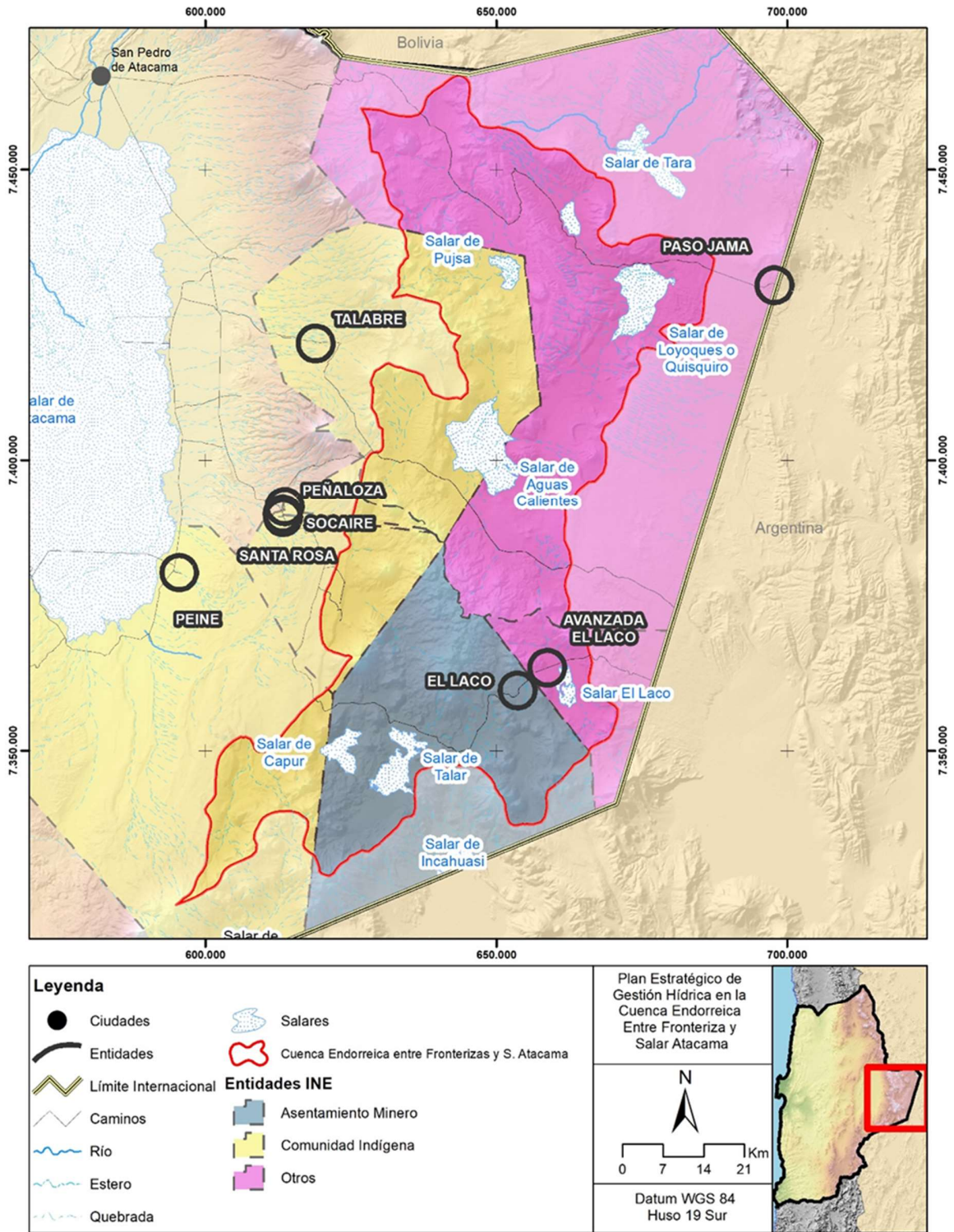
Según los últimos datos del INE (2017) y su división geográfica censal, la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama, se encuentra comprendida por los Distritos Censales dos y tres de la comuna de San Pedro de Atacama, ambos distritos están catalogados como rurales con una población total de 2.776 habitantes, es importante destacar que la superficie de estos distritos es mayor al de la cuenca en estudio, por lo que, la población

de los distritos no necesariamente se encuentra dentro de la cuenca en estudio, ya que abarcan poblados rurales como Socaire, Peine, Tilomonte, Talabre y Tumisa. Todos ellos se encuentran fuera de los límites de la cuenca.

Para poder tener más detalles se verificaron las Entidades Censales realizadas por el INE para el Censo de Población y Vivienda 2017. De estas se encontraron las siguientes entidades:

- Comunidades Indígenas
- Otros
- Asentamiento minero

Las entidades se presentan en la Figura 2-10. En la Tabla 2-7 se muestra el detalle de las entidades y la población.



Fuente: INE, 2017

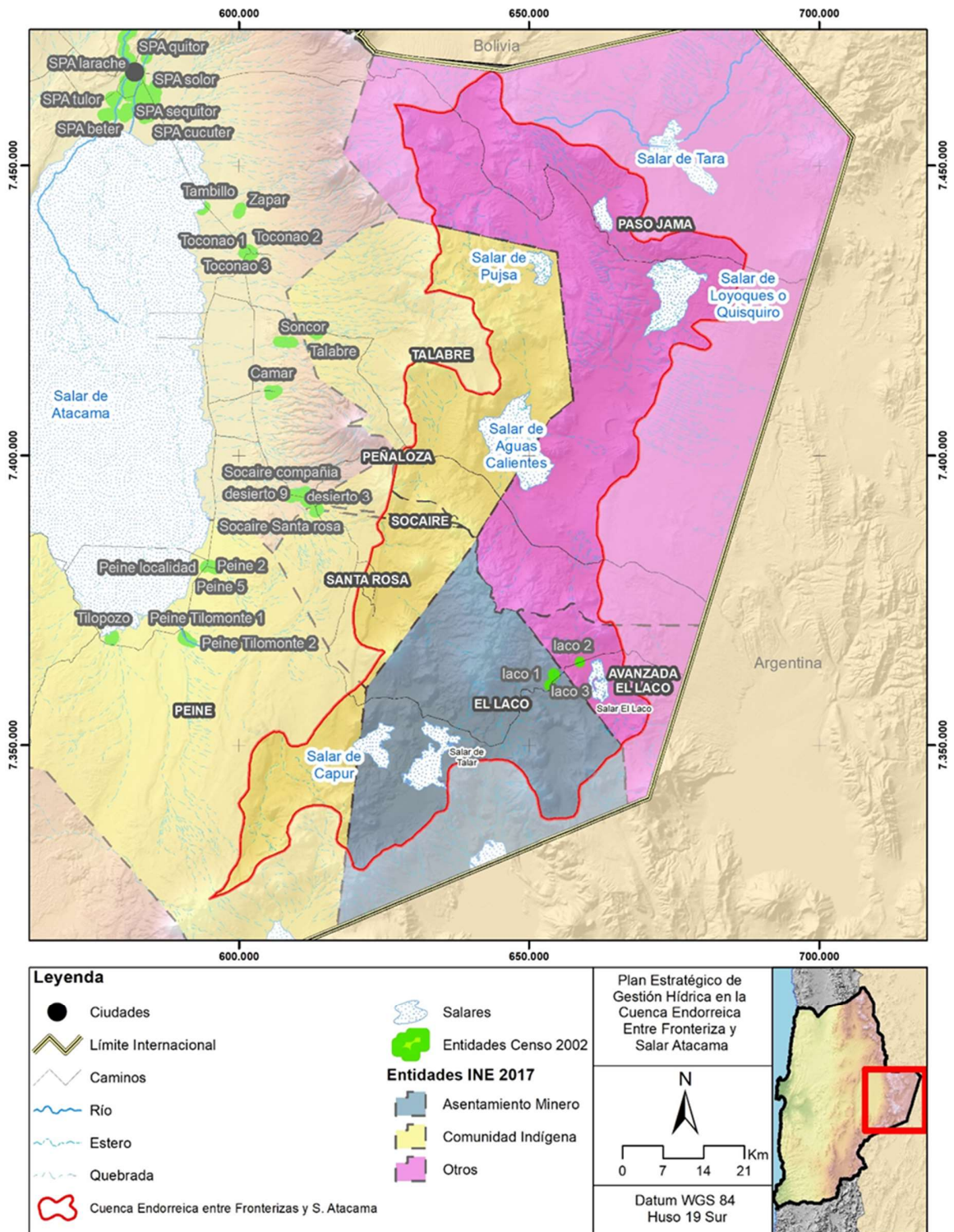
Figura 2-10. Entidades INE 2017 en la cuenca.

Tabla 2-7. Entidades en el área de Estudio, Comuna de San Pedro de Atacama.

Localidad	Entidad	Categoría	Personas	Hombres	Mujeres
Talabre	Talabre	Comunidad Indígena	55	28	27
Paso Jama	Paso Jama	Otros	1	Indeterminado	Indeterminado
El Laco	Avanzada El Laco	Otros	6	6	0
El Laco	El Laco	Asentamiento o Minero	6	6	0
Peine	Peine	Comunidad Indígena	475	350	125
Socaire	Peñaloza	Comunidad Indígena	23	14	9
Socaire	Santa Rosa	Comunidad Indígena	28	14	14
Socaire	Socaire	Comunidad Indígena	303	193	110

Fuente: INE 2017

Según lo visto y ya que los perímetros de las entidades definidos por el INE sobrepasan los límites de la cuenca, se optó por utilizar la cartografía geográfica censal del INE 2002, la cual encierra cada entidad en un polígono, lo que ayuda a espacializarla y definirla de mejor manera. Para el Asentamiento Minero El Laco se infiere que este no se encuentra funcionando, ya que el sector presenta una población de 6 habitantes, número insuficiente para hacer funcionar un proyecto minero de esas dimensiones. En la categoría de Otros se identifica la Avanzada El Laco con 6 habitantes, los cuales son todos hombres, pudiéndose inferir que corresponde a la avanzada de Carabineros que se encuentra en la zona, mientras que en Paso Jama se identifica un solo habitante. Para las categorías de Comunidad Indígena, se identifican La Comunidad de Talabre cuyo polígono abarca los centros poblados de Talabre y Tumisa, ambos fuera del área de la cuenca. Al sur de la cuenca, se identifica la comunidad de Peine, en la cual se reconocen 2 centros poblados rurales, Peine y Tilomonte, ambos fuera del área de la cuenca. Por último, se ubica la localidad de Socaire, la cual también es categorizada como comunidad indígena, ella se divide en 3 entidades Peñaloza, Santa Rosa y Socaire, siendo esta última la más importante con 303 habitantes. Esta es la única identificada como poblado, y se encuentra fuera de los límites de la cuenca. Las entidades se presentan en la Figura 2-11.



Fuente: Elaboración propia a partir de INE, 2002.

Figura 2-11. Entidades Censo 2002 en la cuenca.

Con lo visto anteriormente, se infiere que la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama no presenta centros poblados ni poblados rurales en ella, teniendo una escasísima población estimada de no más de 13 habitantes, siendo un sector de tránsito para los pasos de Jama y el paso Sico.

2.2.4.1 Pueblos Originarios

De acuerdo a los datos recogidos en el Censo 2017, en la comuna de San Pedro de Atacama 5.523 personas, equivalentes al 50,23% de la población total, declaran pertenecer a algún grupo étnico. De los cuales 2.788 son mujeres y 2.735 hombres. Esta cifra es muy superior al promedio regional, que alcanza a un 13,57% de la población total y al promedio provincial que llega al 25,68%. A nivel nacional, el porcentaje de población que declara pertenecer a alguno de los grupos étnicos considerados en el Censo alcanza al 12,44%, estando San Pedro de Atacama entre las comunas con mayor proporción de población perteneciente a algún pueblo originario en el país.

De las 5.523 personas que declaran pertenecer a alguna de las etnias consideradas en el Censo, la gran mayoría corresponden a la etnia Atacameña o Likan Antai, los que representan 73,66% del total. Las comunidades Atacameñas se ubican en su mayoría en la actual Provincia El Loa, repartidas mayoritariamente entre las comunas de Calama y San Pedro de Atacama, donde coexisten con poblaciones de raigambre altiplánica de influencia Quechua (9,61%) y Aymara (6,07%), que llegaron a la zona, estimuladas en una pasada época, por el desarrollo de una auspiciosa minería de altura, principalmente azufrera, actividad que en la actualidad ya no se desarrolla. Adicionalmente, y producto de los flujos migratorios por motivos laborales, también están presentes en la comuna personas pertenecientes a las etnias Diaguita, Mapuche, Colla, Kaweshkar y Rapa Nui.

En cuanto a la distribución de la población indígena dentro de la comuna, el 37,99% de este grupo está en el área urbana, mientras que el restante 62,01% habita en el área rural. Dentro de la población indígena asociada a las zonas urbanas de la comuna, son las mujeres que presentan una leve mayoría (53,2%), mientras que en las áreas rurales predominan ligeramente los hombres (51,3%).

A continuación, en la Tabla 2-8 se presenta la población Indígena en la comuna de San Pedro de Atacama, tanto en su zona urbana como rural. En la tabla se ve un claro predominio de la etnia Lican Antai sobre todo en los sectores rurales donde alcanzan a los 2.165 habitantes mientras que en la zona urbana alcanzan los 1.903 habitantes, la segunda

etnia con mayor población en la comuna es la Quechua con 531 habitantes en toda la comuna encontrándose gran parte de estos en la zona urbana con 415 habitantes.

Tabla 2-8. Población indígena en sector urbano rural y comunal.

Pueblo indígena u originario	Hombre Rural	Mujeres Rural	Total Rural Indígena	Hombres Urbanos	Mujeres Urbanas	Total Urbano Indígena	Total Hombres	Total Mujeres	Total Indígena
Mapuche	116	48	164	93	84	177	209	132	341
Aymara	73	39	112	104	119	223	177	158	335
Rapa Nui	1	2	3	1	-	1	2	2	4
Lican Antai	1.067	1.098	2.165	912	991	1.903	1.979	2.089	4.068
Quechua	61	55	116	171	244	415	232	299	531
Colla	5	4	9	7	9	16	12	13	25
Diaguita	21	10	31	26	23	49	47	33	80
Kawésqar	1	-	1	2	2	4	3	2	5
Yagán o Yamana	-	1	1	1	-	1	1	1	2
Otro	36	27	63	37	32	69	73	59	132
Total	1.381	1.284	2.665	1.354	1.504	2.858	2.735	2.788	5.523

Fuente: INE 2017.

2.3 Clima

2.3.1 Caracterización climática

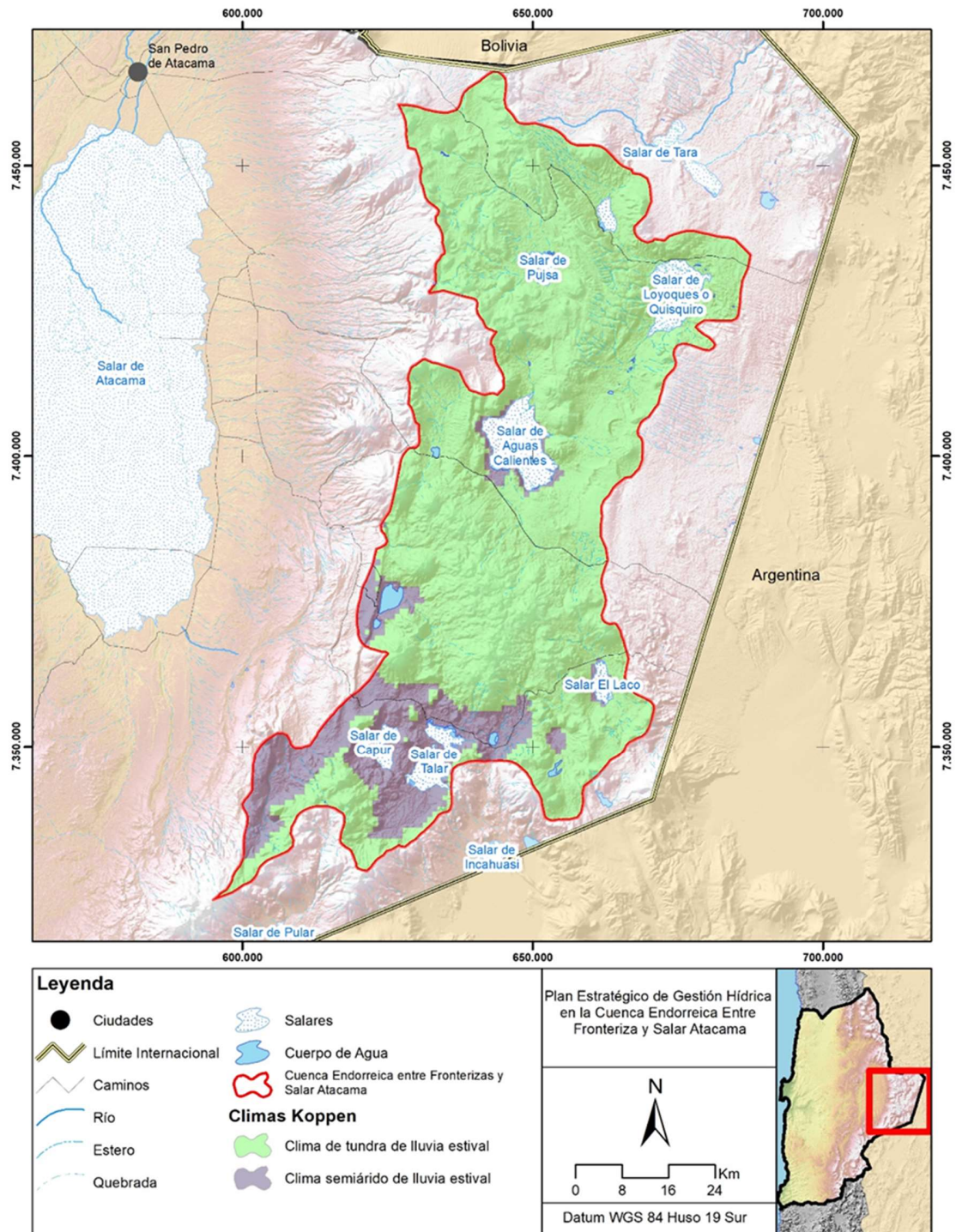
Este acápite describe, desde distintas fuentes, el clima presente en la zona de estudio.

En primer lugar, se tiene la división de zonas climáticas propuesta por Köppen-Geiger, y descrita para todo Chile por la Pontificia Universidad Católica de Chile en 2016. En la cuenca, se tiene la presencia de 2 clases de climas: Tundra de lluvia estival (ET (w)) y Semiárido de lluvia estival (BSk (w)), ambas zonas identificadas en la Figura 2-12.

La clase de clima de Tundra con lluvias estivales describe una temperatura media en los meses más cálidos entre 0 y 10°C, con una media anual de tan sólo 4°C. La precipitación estaría en torno a 120 mm anuales.

La clase de clima semiárido de lluvia estival se presenta en sectores acotados en la cuenca, con una precipitación media de 65 mm anuales y una temperatura media anual de 8,5 °C.

Por otro lado, en DICTUC (2008), se menciona que el clima de la cuenca es del tipo tundra por efecto de altura con precipitaciones estivales, caracterizado por bajas temperaturas y humedad relativa, aire muy seco y de baja densidad, relativo al aire a nivel del mar. La oscilación térmica diaria es importante debido a la baja capacidad del aire seco de retener calor.



Fuente: Elaboración propia en base a mapa "Zonas Climáticas de Chile según Köppen-Geiger, escala 1:1.500.000".

Figura 2-12. Climas presentes en la zona de estudio, según la clasificación de Köppen.

2.3.2 Eventos Extremos y Variabilidad Climática

Este acápite pretende describir el comportamiento de las variables hidroclimatológicas en base a la información disponible, además de definir la presencia y magnitud de los eventos extremos, asociados principalmente al invierno altiplánico.

Con respecto a la información meteorológica in-situ disponible, se cuenta con 1 estación meteorológica DGA dentro de la cuenca en estudio, Paso Sico, con 3 años de data y a una altitud de 4.295 m.s.n.m., su ubicación se presenta en la Figura 2-21. Existen otras estaciones fuera de la cuenca, pero a similares latitudes, como lo son Camar, Socaire y Talabre, entre otras, todas ubicadas bajo los 3.600 m.s.n.m.

Además, con motivo de la realización del estudio del DICTUC (2008), se establecieron y monitorearon 4 estaciones en la zona de estudio, presentando información entre los meses de octubre de 2007 y febrero de 2009.

Finalmente, en DICTUC (2008) se analizaron 6 estaciones de particulares, en especial GeoAguas, asociadas al proyecto Pampa Colorada. Estas estaciones tendrían no más de 2 años de data, registrada entre 2005 y 2006.

Dado la falta de información descrita anteriormente, lo que sigue se desarrolla en base a DGA (2018) y los productos grillados asociados al balance hídrico para el período histórico (1985-2015), basado en el producto grillado CR2MET.

2.3.2.1 Variabilidad Intra-anual

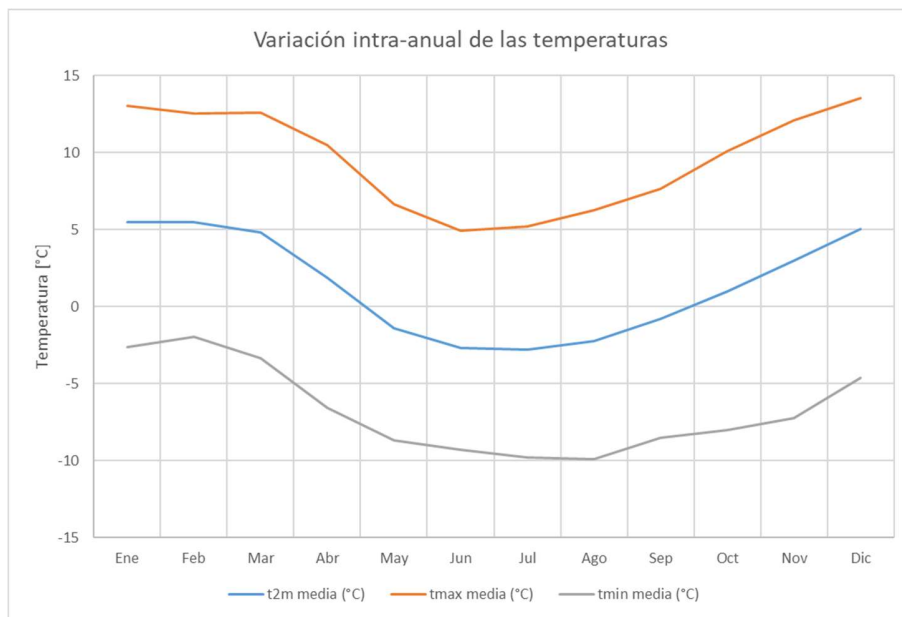
La cuenca presenta una precipitación media de 46,5 mm anuales, con una variabilidad intra-anual representada por la Figura 2-13. Se aprecia que la precipitación es significativamente mayor en los meses estivales (dic-mar), fenómeno explicado por el invierno altiplánico.

Por otro lado, las temperaturas medias mensuales (Figura 2-14) siguen el comportamiento normal para la latitud, con las mínimas presentes en los meses de invierno (may-jul) y las máximas en los meses de verano. La relación entre las 3 temperaturas (temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria y temperatura media a 2 m sobre el suelo) se mantiene constante a lo largo del año, con una amplitud media cercana a los 16 °C.



Fuente: Elaboración propia en base a Actualización del Balance Hídrico Nacional Macrozonas Norte y Centro DGA (2018).

Figura 2-13. Variabilidad intra-anual de la precipitación media mensual en la cuenca.



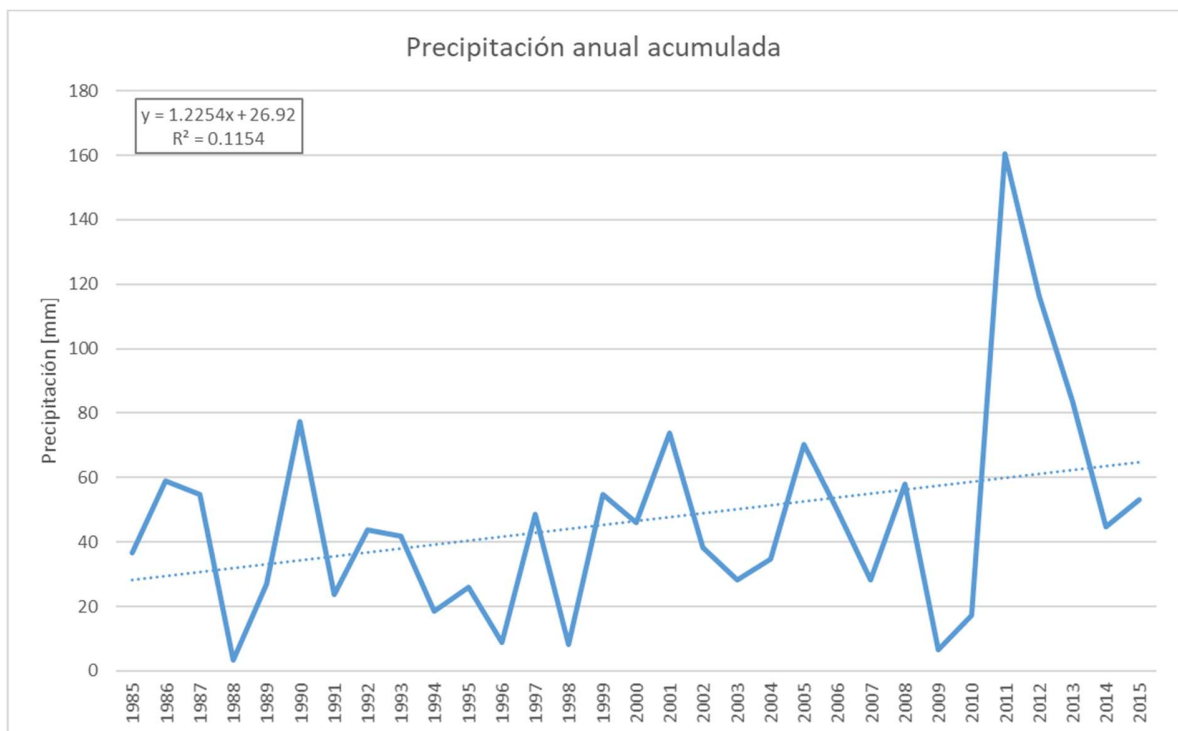
Fuente: Elaboración propia en base a Actualización del Balance Hídrico Nacional Macrozonas Norte y Centro DGA (2018). t2m: temperatura a 2 metros del suelo; tmax: temperatura máxima; tmin: temperatura mínima.

Figura 2-14. Variabilidad intra-anual de las temperaturas medias mensuales en la cuenca.

2.3.2.2 Variabilidad Inter-anual

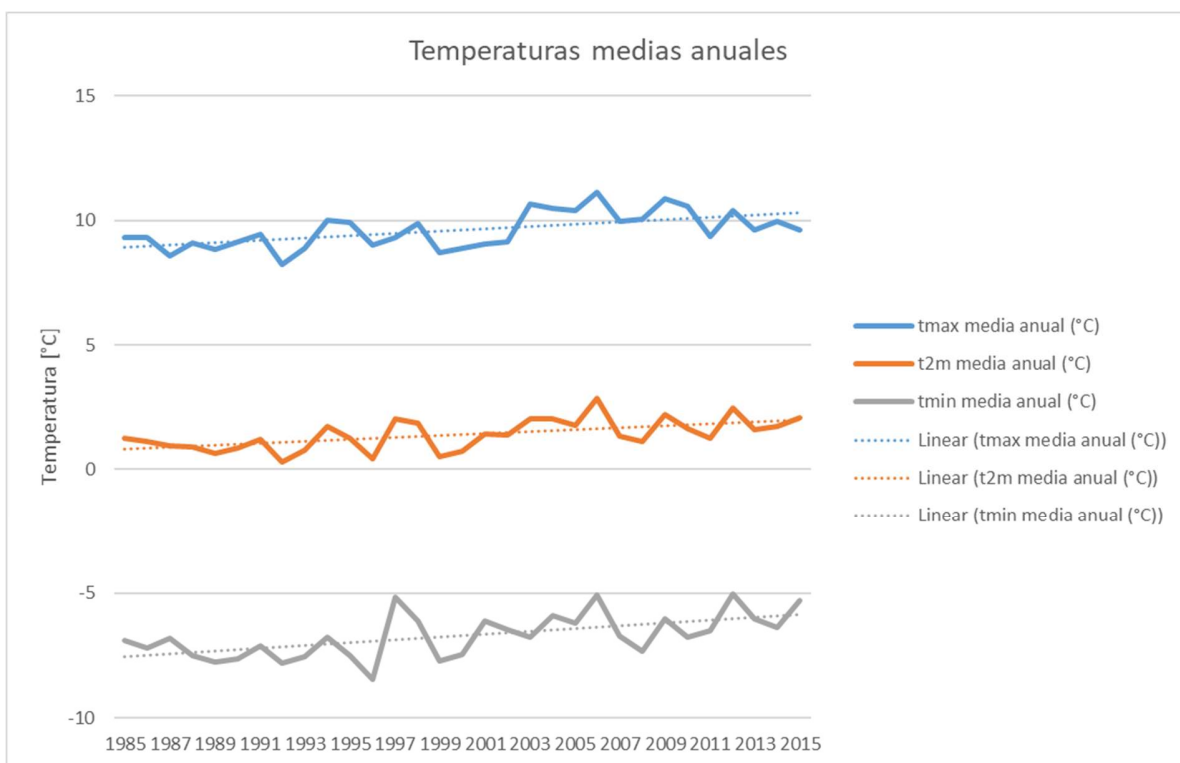
Con respecto a la variabilidad inter-anual de la precipitación, no se observan tendencias relevantes en el período de análisis (ver Figura 2-15), destaca el año 2011, donde se registraron 160 mm caídos, justo después de 2 años particularmente secos. Cabe destacar que, debido a la poca precipitación relativa que cae en la cuenca, los eventos extremos tienen una mayor participación en la precipitación anual, lo que en este caso distorsiona la tendencia de las precipitaciones.

La variabilidad inter-anual de las temperaturas sí evidencia un aumento sostenido a lo largo del período de análisis como se muestra en la Figura 2-16.



Fuente: Elaboración propia en base a Actualización del Balance Hídrico Nacional Macrozonas Norte y Centro DGA (2018).

Figura 2-15. Variabilidad inter-anual de la precipitación en la cuenca.



Fuente: Elaboración propia en base a Actualización del Balance Hídrico Nacional Macrozonas Norte y Centro DGA (2018).

Figura 2-16. Variabilidad inter-anual de las temperaturas en la cuenca.

2.3.2.3 Eventos extremos

Dado que el análisis se hace sobre información a nivel mensual, no es posible caracterizar eventos extremos de corta duración, tales como tormentas particulares u olas de calor. Por lo tanto, en lo que sigue se destacan aquellos meses en los que se presentaron fenómenos que resultan en que el valor medio mensual se aleje significativamente de la media total.

En la Tabla 2-9 se presenta la serie completa de las precipitaciones medias mensuales. La escala de color representa la relación de la celda con respecto a los demás valores. Como se adelantaba, las mayores precipitaciones se encuentran en los meses estivales y en febrero de 2011 se presentó la mayor precipitación de la serie, con 87,8 mm caídos, seguido de febrero de 2012 con 70 mm.

Tabla 2-9. Serie completa de precipitaciones medias mensuales.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1985	3,5	25,9	1,1	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	1,0
1986	18,9	3,9	4,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,5	0,0	0,0	2,6	27,5
1987	20,5	11,8	11,0	0,0	4,8	0,0	2,1	0,1	4,4	0,0	0,0	0,0
1988	0,5	0,0	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	2,4	14,8	0,0	4,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,4
1990	20,4	6,7	2,1	0,0	2,1	0,4	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	45,2
1991	12,7	3,9	3,0	0,8	0,0	1,6	0,4	0,3	0,0	0,1	0,6	0,2
1992	25,2	3,8	0,0	1,8	5,1	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	6,0
1993	32,3	0,8	0,0	0,0	1,1	0,0	0,1	7,4	0,0	0,0	0,0	0,1
1994	3,3	0,0	2,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	11,9
1995	20,2	0,0	2,4	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	1,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	4,1	0,0	0,0	0,4	4,2
1997	10,1	33,2	3,4	0,1	0,3	0,4	0,0	0,4	0,8	0,0	0,0	0,0
1998	2,0	1,6	0,0	1,8	0,0	1,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,8
1999	0,5	29,2	19,9	0,0	0,9	0,2	0,7	0,0	0,0	0,6	0,0	2,6
2000	42,1	0,3	1,1	0,1	1,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
2001	19,0	34,4	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,0	3,2
2002	0,0	6,1	22,0	0,0	3,1	0,7	4,7	0,1	0,0	1,2	0,3	0,1
2003	4,7	0,3	13,9	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,7
2004	6,0	24,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,2
2005	31,8	23,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,1	0,0	0,0	1,4
2006	30,6	11,3	5,6	0,7	0,0	0,8	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1

Tabla 2-9. Serie completa de precipitaciones medias mensuales.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2007	10,3	14,1	0,7	0,0	0,2	2,3	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0
2008	52,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	2,0
2009	0,3	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
2010	1,4	9,6	0,0	0,7	5,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	30,4	87,8	10,9	1,8	0,2	3,9	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5
2012	16,4	70,0	13,5	2,9	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1
2013	38,6	30,8	0,0	0,0	6,1	0,3	1,4	4,1	0,2	0,0	0,0	2,0
2014	24,2	13,1	0,0	1,0	4,9	0,0	0,2	0,1	0,2	1,0	0,0	0,0
2015	14,7	16,5	17,8	0,8	0,8	0,0	0,5	0,8	0,0	1,1	0,1	0,0

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

Con respecto a las temperaturas, se menciona que la media mensual a 2 metros máxima se registra en enero de 1998, con 9,3 °C, mientras que la mínima se presenta en agosto de 1992, con -4,6 °C.

La temperatura máxima media mensual máxima se presenta coincidentemente en enero de 1998, con 16,9 °C, mientras que la mínima se presenta en julio de 2011, con 2,3 °C.

La temperatura mínima media mensual máxima se presenta coincidentemente en febrero de 2010 y 2012, con 0,4 °C, mientras que la mínima se presenta en agosto de 1992, con -12,9 °C.

2.3.3 Escenarios de Cambio Climático

2.3.3.1 Generalidades

El escenario de cambio climático a estudiar es el RCP 8,5 (Representative Concentration Pathway), asociado a una forzante radiativa sobre la atmósfera igual a 8,5 W/m². Este escenario fue definido y utilizado en el quinto *Assessment Report* del IPCC en 2014. De entre los escenarios propuestos para la evaluación, este es el más pesimista, en donde la actividad humana, y por lo tanto el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero, sigue en el tiempo con las tasas actuales y hacia un futuro próximo (2100), sin adopción de medidas de captura o reducción de las emisiones.

Para este y los otros escenarios, se han desarrollado diversas modelaciones climáticas que pretenden, a diferentes escalas espaciales y temporales, definir el comportamiento de la atmósfera y el clima en el futuro, y en particular las variables hidrometeorológicas.

A nivel local, la Dirección General de Aguas realizó la actualización del Balance Hídrico Nacional (entre 2017 y 2020), considerando distintos modelos de circulación general (GCM) para incorporar los efectos del cambio climático. En estos estudios se generaron series pasadas y futuras de variables hidrometeorológicas para un período futuro (2030-2060) basadas en modelos de circulación general escalados al territorio nacional. Se escalaron 4 GCM en todo el territorio y se presentaron productos grillados con información entre los años 1979 y 2060.

Cabe destacar que, en el mencionado estudio, además del escalamiento de los GCM, se realizó una modelación VIC, de la cual se obtuvieron algunas componentes del balance hídrico como la evapotranspiración y la escorrentía superficial. Esta información será utilizada a modo referencial en el desarrollo del presente estudio.

Las variables contenidas en el producto grillado utilizado presentan una resolución espacial de 5 km y una resolución temporal mensual.

2.3.3.2 Situación en la Cuenca

En el Anexo F de DGA (2018), se presentan tablas resumen de los principales flujos del balance hídrico, adaptados para el presente estudio en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10. Flujos hidrológicos (en mm) para distintos períodos, y modelos de circulación general.

Período	Precipitación (mm)					Escorrentía (Régimen Natural, VIC) (mm)					Evapotranspiración (Régimen Natural, VIC) (mm)				
	85-15	30-40	40-50	50-60	30-60	85-15	30-40	40-50	50-60	30-60	85-15	30-40	40-50	50-60	30-60
CSIRO	45,1	22,6	30,0	28,5	27,0	1,6	0,8	0,8	0,8	0,8	43,9	22,1	29,4	27,8	26,4
CCSM	45,0	41,6	48,8	54,9	48,4	1,3	1,1	1,0	1,3	1,1	44,2	40,8	47,9	53,6	47,4
MIROC	43,1	47,8	43,2	33,8	41,6	1,4	1,2	1,2	0,8	1,0	42,4	46,7	42,4	33,2	40,8
IPSL	44,1	43,7	40,4	53,9	46,0	1,3	1,1	1,1	1,4	1,2	43,3	42,8	39,6	52,9	45,1

Fuente: Adaptado de DGA (2018).

En la Tabla 2-10 se aprecian distintos comportamientos. En primer lugar y el más relevante para los usos que se les darán a estos productos en el presente trabajo, el modelo CSIRO adelanta una disminución importante en las precipitaciones medias anuales en la zona de estudio, de en torno a un 40% entre el período histórico (1985-2015) y el período futuro (2030-2060). Este modelo difiere de sus semejantes, en donde la variabilidad no pasa de $\pm 7,5\%$, aun cuando la misma precipitación para el período histórico se presenta en torno a 44 mm anuales.

Los otros dos flujos hidrológicos presentados en la tabla muestran un comportamiento acorde a la precipitación y sus anomalías ya descritas, toda vez que son salidas de un modelo que fue forzado con dicha variable.

2.4 Dimensión Ambiental

En este acápite se realizó un levantamiento, recopilación y análisis de la información de la componente ambiental en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama, donde por una parte se realiza un reconocimiento de los sistemas ecológicos, la identificación y descripción de áreas protegidas o prioritarias de conservación presentes en la zona de estudio. En tercer lugar, se realizó una recopilación de información del estado del medio ambiente a través de un análisis de la situación actual en la materia, respecto de las actividades y proyectos que se ingresan al SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) y análisis de las fuentes de emisión del SNIFA (Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental).

El análisis de la información se orientó de manera de poder formular un diagnóstico de la situación ambiental de los sistemas hídricos en las cuencas de estudio, que sirva como base para posteriormente lograr determinar las posibles o futuras situaciones de conflictos, los territorios más susceptibles, las problemáticas atingentes, los instrumentos de gestión y protección del recurso y otros antecedentes que permitan determinar en qué estado se encuentra el tema ambiental relacionado con los recursos hídricos y así ser un input que permita formular las bases de un Plan Estratégico de Gestión Hídrica realista y sustentable.

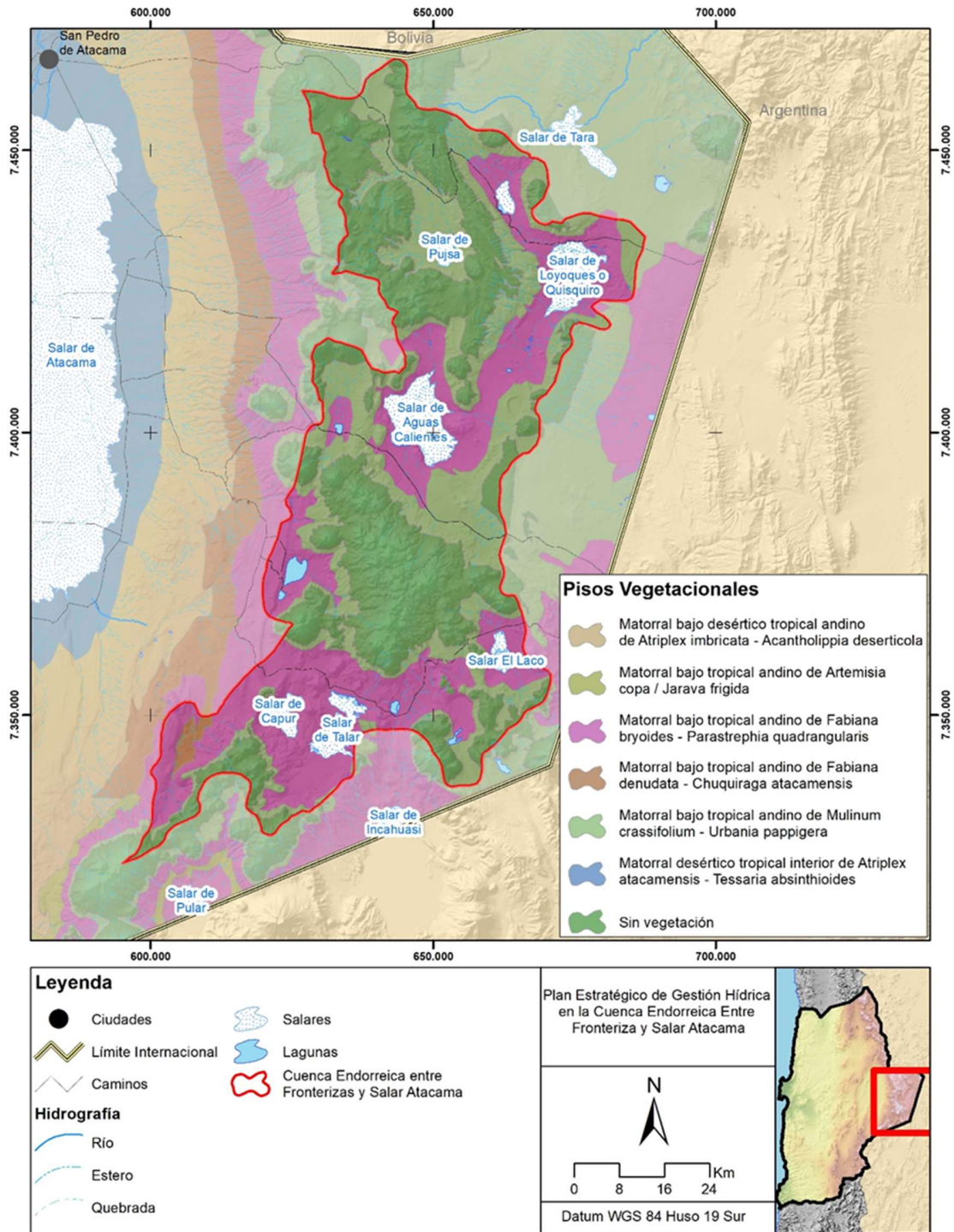
2.4.1 Sistemas Ecológicos

La vegetación, en esta zona, está fuertemente determinada por la variación altitudinal y la intensidad de las precipitaciones, que tienen la característica de ser predominantes en la estación estival. La combinación de estos factores produce una vegetación de matorrales

bajos dominados por especies del género *Parastrephia* que se va transformando en un matorral más abierto, dominado por gramíneas (CIREN, 2016).

Se consideró como unidad de análisis los "Pisos de Vegetación" (Luebert-Pliscoff, 2017). En la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama se pueden observar 2 formaciones vegetacionales de Matorral Bajo de Altitud. En Anexo J.2: "Caracterización del Medio Ambiente" se describen las unidades con mayor representación dentro de la cuenca.

Hacia la parte más alta de la cuenca se encuentra el piso vegetacional de Matorral Bajo Tropical Andino de *Mulinum crassifolium* y *Urbania pappigera*. Marcando el límite de la vegetación vascular, este piso se encuentra ampliamente distribuido entre los 4.200 y 4.900 m.s.n.m. Luego entre los 3.800 y los 4.200 m.s.n.m. se encuentra el matorral bajo Tropical Andino de *Fabiana bryoides* y *Parastrephia quadrangularis*. Cabe mencionar que el 36,4% de la superficie total de la cuenca se presenta sin vegetación. En la Figura 2-17 se aprecia su distribución espacial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-17. Pisos vegetacionales Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Las condiciones extremas sólo permiten que subsista una vegetación especializada, con pocos requerimientos hídricos y capaces de soportar amplias oscilaciones térmicas. Los bofedales conforman sistemas adaptados a estas condiciones, conocidas como vegetación de estepa o esteparia, que minimizan la transpiración debido a la reducida superficie de sus hojas, algunas de las cuales han evolucionado transformándose en espinas.

2.4.2 Áreas Protegidas o Prioritarias de Conservación

En la cuenca es posible identificar 3 sitios prioritarios de conservación tal y como se aprecia en la Figura 2-18. Estos son:

- i. Reserva Nacional: Reserva Nacional Los Flamencos
- ii. Sitios Ramsar: Salar de Pujsa
- iii. Sitio prioritario de Conservación de la Biodiversidad: Laguna Lejía

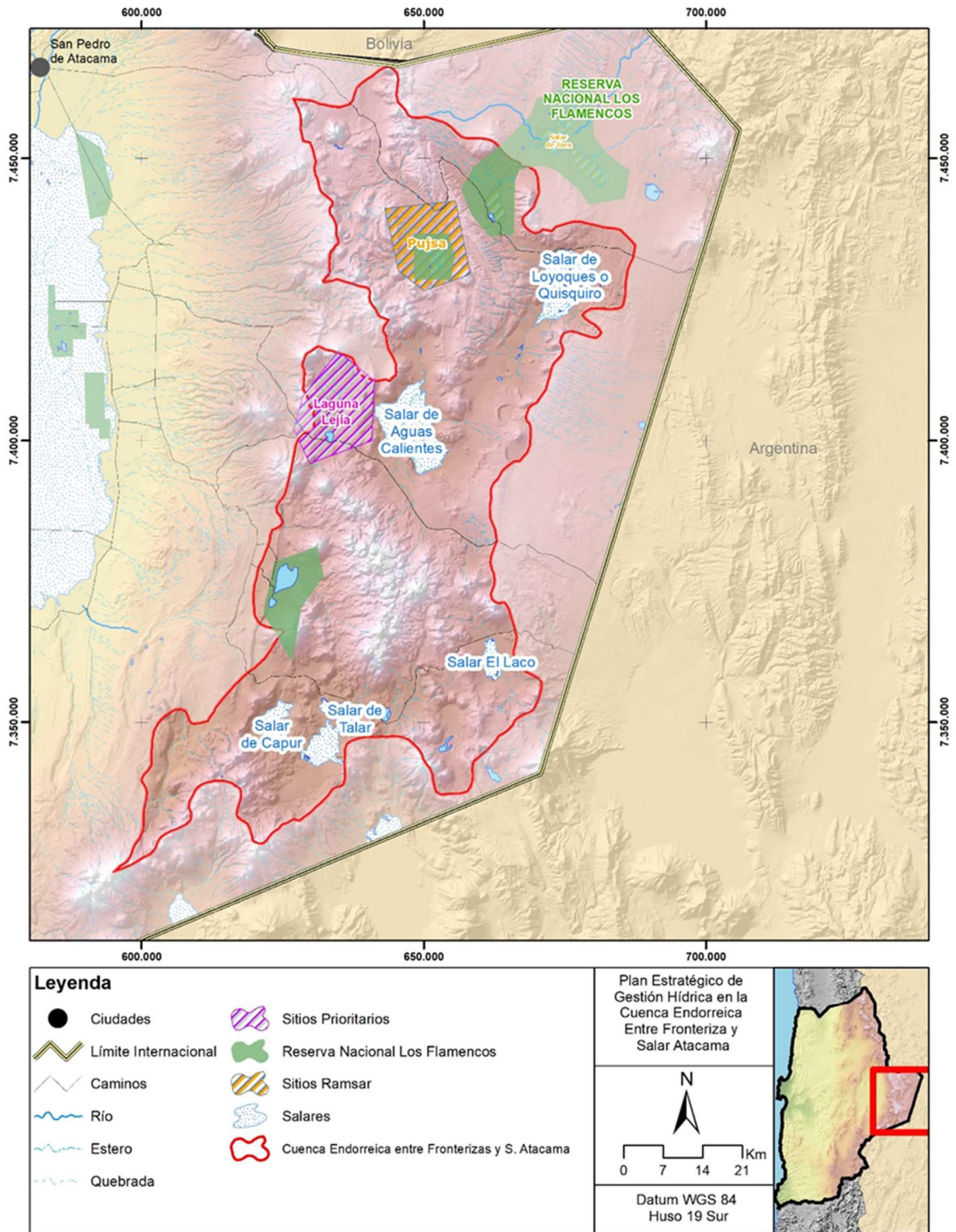
Los humedales son ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren y la diversidad biológica que sustentan. Entre los humedales más destacados dentro del área de estudio se encuentran: Salar de Tara, Salar de Pujsa y el Salar Aguas Calientes, todos ubicados en la zona altoandina de la región.

En la cuenca existen actualmente 44 ecosistemas de humedales protegidos por Resolución DGA N°529/03 que considera la protección y delimitación de los acuíferos alimentadores de vegas y bofedales de la cuenca. Lo anterior es relevante debido a que los humedales y sus acuíferos alimentadores, son el sustento de las actividades agroganaderas y de sobrevivencia de las comunidades andinas y son ecosistemas únicos e invaluables. El listado de vegas y bofedales protegidos presentes en la cuenca se encuentra en el apéndice J 2.1

La descripción de los sitios prioritarios ubicados dentro de la cuenca, así como las especies de flora y fauna representativa de cada unidad se presentan en Anexo J.2: "Caracterización del Medio Ambiente".

Cabe mencionar como un hecho inédito y que se desprende del "Estudio de diversidad de fauna y salud del ecosistema" que aún no ha sido publicado por CONAF, donde se hace referencia a la presencia de una nueva especie de felino, monitoreado en las inmediaciones del R.N Los Flamencos, según los expertos señalan que se podría tratar de una sub especie del gato Colo-Colo (*Leopardus colocolo*) o del Gato Andino (*Leopardus garleppi*). Este hallazgo da cuenta de la importancia que tiene el seguimiento y monitoreo que CONAF realiza en las áreas protegidas y cómo deben duplicarse los esfuerzos para continuar

protegiendo estos ecosistemas ricos en biodiversidad en uno de los lugares más inhóspitos del mundo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-18. Áreas Protegidas o Prioritarias de conservación en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

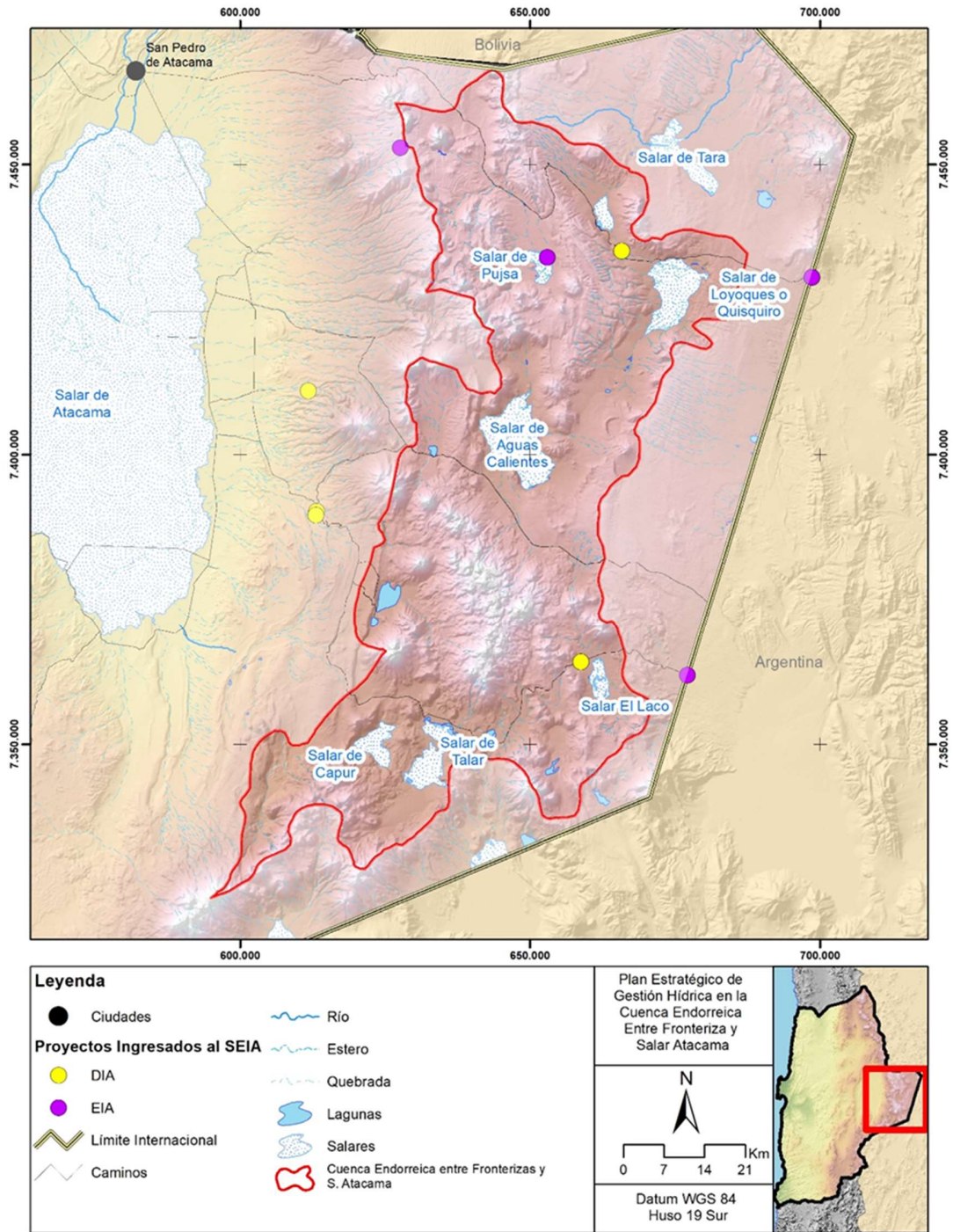
2.4.3 Revisión SEA, SMA, Tribunales Ambientales

En este acápite se realiza un análisis de la situación actual del medio ambiente en relación a los impactos y presiones sobre los recursos hídricos, respecto de las actividades y proyectos que se ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

2.4.3.1 Revisión SEIA

Se realizó una revisión de los proyectos ingresados al SEIA, con injerencia sobre los recursos hídricos. Cabe mencionar que, desde 1997 a la fecha se han ingresado sólo 14 proyectos al sistema de evaluación de impacto ambiental en las cercanías de la cuenca en estudio, de los cuales 5 ingresan como Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) y 9 en calidad de Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs).

De los 14 proyectos ingresados al sistema de evaluación ambiental, sólo 8 de ellos han sido aprobados, el último en el año 2012, desde esta fecha en adelante no se han presentado más requerimientos, ni solicitudes de pertinencias en la cuenca de estudio. En la Figura 2-19, es posible apreciar la distribución espacial de los proyectos dentro de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-19. Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

En la Tabla 2-11 se presentan los proyectos aprobados en el área de estudio indicando nombre del proyecto, tipo, es decir si ingresa como DIA o EIA, año de resolución aprobatoria y sector productivo

Tabla 2-11. Proyectos por Tipo y Sector Productivo en Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Número RCA	Nombre	Tipo	Año	Sector productivo
0118/2013	Prospección Minera El Iaco	DIA	2012	MINERIA
	Extracción de Sulfato de Sodio en el Salar de Pujsa	EIA	2002	MINERIA
0049/2003	Gran Radiotelescopio de Atacama o The Atacama Large Millimeter Array ALMA	EIA	2002	EQUIPAMIENTO
112/1998	Variante cordón la Pacana	DIA	1998	EQUIPAMIENTO
121/99	Habilitación de un Vertedero Artesanal para la Disposición de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Localidad de San Pedro de Atacama y Toconao	DIA	1998	SANEAMIENTO AMBIENTAL
02/99	Habilitación de un Vertedero Artesanal para la Disposición de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Localidad de Socaire	DIA	1998	SANEAMIENTO AMBIENTAL
038/97	Gasoducto Atacama	EIA	1997	EQUIPAMIENTO
032/97	Sistema de Transmisión Eléctrica SICO-S/E Atacama	EIA	1997	ENERGIA

Fuente: Elaboración propia, en base a información del SEIA.

2.4.3.2 Revisión del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA)

De la revisión del SNIFA de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), es posible recopilar información que permita conocer las principales temáticas relacionadas con el incumplimiento ambiental de los proyectos aprobados ambientalmente en la zona de estudio. En esta plataforma se obtiene información sobre unidades fiscalizables, expedientes de fiscalizaciones, procesos sancionatorios, programas de cumplimiento y programas de seguimiento ambiental. Sin embargo, se deja de manifiesto que la información disponible en la plataforma del SNIFA no es suficiente para hacer un análisis de incumplimiento ambiental dada la falta de fiscalización a las unidades presentes en la

cuenca. En la Tabla 2-12 se presenta en resumen la información recopilada para la cuenca en estudio.

Tabla 2-12. Unidades Fiscalizables (U.F.A.) en la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Nombre UF	Expediente Fiscalización	Proceso sancionatorio	Programa de cumplimiento	Seguimiento ambiental
Minera El Iaco	SIN EXP	-	-	-
SML Salar de Pujsa	SIN EXP	-	-	-
Proyecto ALMA	1	-	-	37 informes
Variante cordón la pacana	SIN EXP			
Transporte Interregional de sustancias peligrosas	SIN EXP	-	-	-
Vertedero Artesanal Socaire	SIN EXP			
Sistema de Transmisión Eléctrica SICO-S/E Atacama	SIN EXP			

Fuente: Elaboración propia, en base a información del SNIFA.

De acuerdo a la información disponible en la cuenca podemos encontrar 7 U.F.A. de las cuales 6 de ellas no han sido fiscalizadas en ninguna oportunidad por tanto no existe informado un seguimiento ambiental de los proyectos. En el caso del Proyecto ALMA este fue fiscalizado en una oportunidad y en la actividad de inspección ambiental realizada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) el día 13 de agosto de 2015 existió oposición al ingreso a la instalación por motivos de inmunidad diplomática. Sin embargo, la U.F en cumplimiento y concordancia con la RCA N° 049/2003 que aplica a este proyecto, ha presentado desde 2013 informes trimestrales de seguimiento ambiental para la componente flora, vegetación y fauna terrestre, los 37 informes ingresados al sistema se encuentran disponibles en línea y en cumplimiento con los requerimientos.

2.4.4 Sistematización de Conflictos Ambientales y Demandas por Daño Ambiental

Para conocer las demandas de reclamación por daño ambiental y cualquier tipo de causa pertinente sobre conflictos ambientales se revisa el Primer Tribunal Ambiental. Para estos

efectos las causas se encuentran georreferenciadas y no existen en la cuenca Endorreica entre fronterizas y Salar de Atacama causas ambientales asociadas. Sin embargo, se pueden mencionar en este apartado los cuestionamientos y oposiciones permanentes de las comunidades indígenas en contra de los proyectos mineros que han intentado situar sus faenas en la cuenca.

Observaciones de las Comunidades Atacameñas en el SEIA. Entre las principales observaciones ingresadas al SEIA en los últimos 11 años destacan:

- i. Solicitud de iniciar un proceso de "Negociaciones de Buena Fe" bajo los estándares de la Corporación Financiera Internacional o IFC por sus siglas en inglés (Peine et al., 2007);
- ii. Impulsar la Participación Ciudadana (PAC) Anticipada con las comunidades que le permita mejorar el EIA y generar confianzas (Toconao, 2009);
- iii. Molestias por iniciar trabajos de entrevista con gente de la comunidad sin informar a la directiva, les preocupa la interpretación de la información (Peine, 2013);
- iv. El Consejo de Pueblos Atacameños (CPA), solicita ser parte de los organismos informados en caso de eventos no deseados y entrega de reportes medioambientales (CPA, 2016);
- v. Reclaman que las PAC realizadas en las comunidades solo se presente la Línea de Base y las medidas, y de manera muy técnica, y se requiere que también se presente una matriz de conclusiones reconociendo los impactos, las medidas de mitigación y compensación (CPA, 2016);
- vi. En relación a las medidas voluntarias de realizar "monitoreos participativos" la comunidad señala que "no solo se requiere ir a mirar sino realizar monitoreos paralelos que validen la información generada y modernizar los sistemas de medición de niveles con nuevas tecnologías -medición en línea y en tiempo real" (Toconao, 2017);
- vii. Existe una dificultad de parte de la comunidad para comprender la hidrogeología planteada por los proyectos, y que no se resuelve mediante la contratación de un especialista y/o una Consulta Indígena, pues la comunidad además presenta una sobrecarga de proyectos en evaluación (Peine, 2017);
- viii. El CPA propone que la empresa celebre consultas indígenas para obtener su consentimiento informado, aun cuando este no sea estrictamente obligatorio,

pues es una salvaguardia de otros derechos fundamentales como el de participación y libre determinación (CPA, 2017);

- ix. La implementación del Convenio 169 es una oportunidad de participación y cooperación de buena fe en beneficio mutuo y con respeto a los derechos indígenas y en pro de la sustentabilidad, se solicita que se cumpla con la "diligencia debida", esto es entregar la información completa y veraz (Socaire, 2017).

El Consejo de Pueblos Atacameños ha aumentado su influencia en la zona a raíz del acuerdo alcanzado el año 2016 con la minera Rockwood que le entrega el 3% de sus ventas, las que serán destinadas a proyectos de educación, innovación y emprendimiento a favor de las 18 comunidades indígenas del Salar de Atacama. Además, este convenio conforma una Mesa de Trabajo Permanente (MTP). Hasta antes de la divulgación del acuerdo entre la empresa y CORFO, el CPA esperaba alcanzar con SQM un acuerdo similar que con Rockwood.

Convenio CORFO-SQM. El reciente convenio suscrito entre la empresa y CORFO ha generado rechazo por parte del CPA y las comunidades ya que ven en el convenio una autorización del Estado al aumento de la cuota de explotación de litio en el Salar de Atacama sin el consentimiento de las comunidades atacameñas. "Este es nuestro territorio, toda el área de Atacama La Grande y la cuenca del Salar de Atacama está dentro de las demandas territoriales que el gobierno se comprometió en solucionarlo desde cuando se promulgó la Ley Indígena, además no estamos de acuerdo en que hayan llegado a un convenio sabiendo de sus malas prácticas" (Ramos, 2018).

Cabe mencionar que si bien las comunidades indígenas altoandinas, no habitan directamente la zona de estudio, si corresponde para ellas un territorio de uso ancestral vinculante para el desarrollo de sus actividades agroganaderas, pastoreo y de supervivencia que están estrechamente ligadas a los recursos hídricos de vegas, bofedales y acuíferos alimentadores. Es por este motivo que se oponen con firmeza a la ocupación del territorio de agentes externos en cualquier ámbito productivo, sobre todo del sector minero por experiencias vecinas y la indudable afectación al medio ambiente que significan este tipo de proyectos en el área.

Es fácil de comprender que en un ambiente tan frágil y vulnerable como la puna altiplánica cualquier intervención antrópica es sinónimo de deterioro y perturbación del ecosistema y por ende de su sustento y patrimonio.

2.4.5 Fuentes Emisoras DS 90/2000 y DS 46/2003

Respecto de las fuentes emisoras fiscalizadas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, no hay plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) en el área de estudio. Aquellas fuentes que por resolución de calificación ambiental (RCA) debiesen informar sus descargas de residuos a cursos y cuerpos de agua no existe evidencia del cumplimiento con la norma a través de los sitios oficiales de gobierno.

2.5 Infraestructura Hídrica

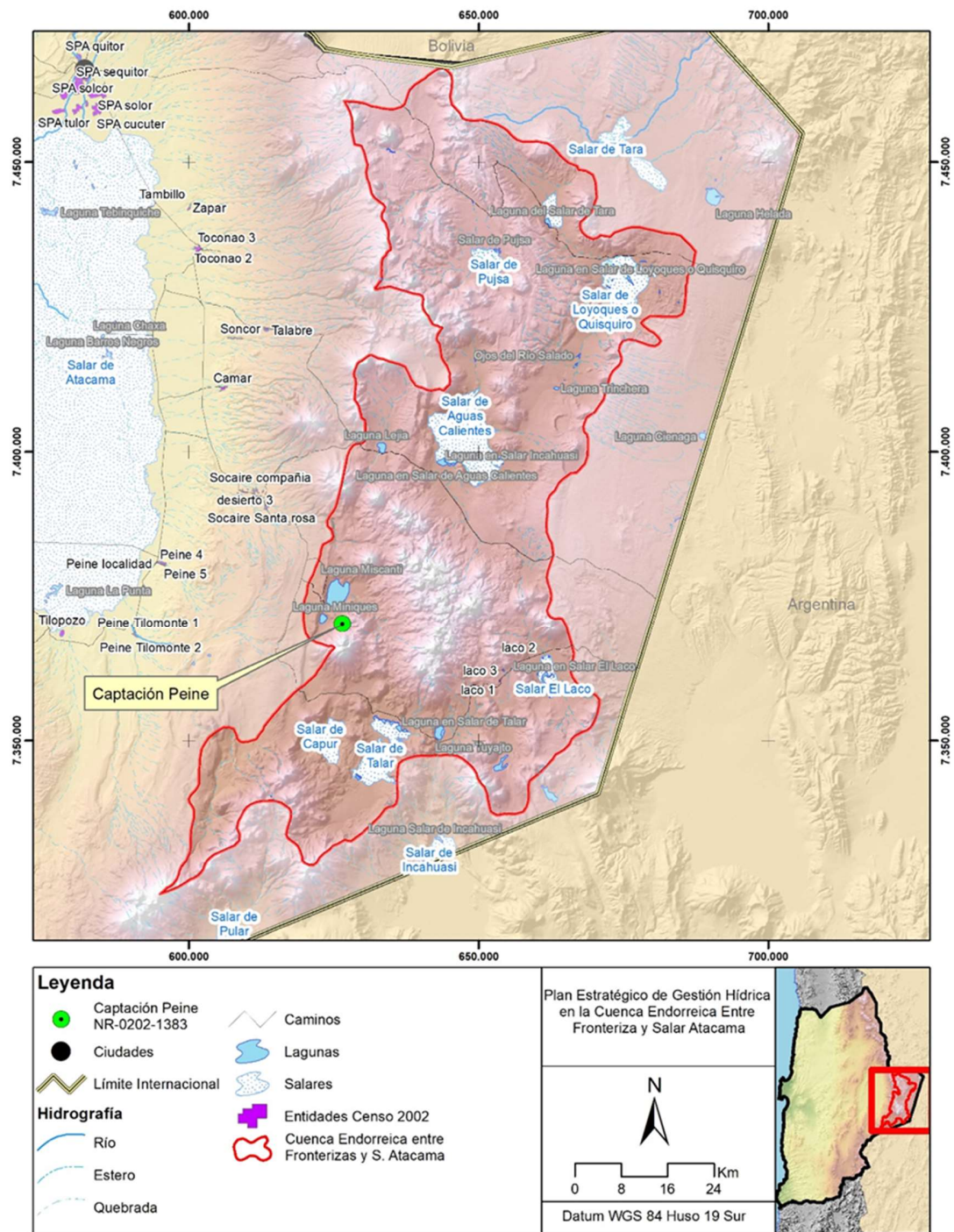
2.5.1 Embalses, Bocatomas y Canales.

En cuanto a la infraestructura hídrica de embalses, bocatomas y canales, se pudo constatar la carencia de dichas infraestructuras, considerando que no existen cauces permanentes, como tampoco Organizaciones de Usuarios de Agua y proyectos hidroeléctricos en la cuenca.

Además, se realizó una revisión de los sitios web del Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema Interconectado Central CDEC-SIC, el catastro de obras menores y mayores de la DGA y el sistema de información territorial de la CNR, constatando que no existe este tipo de infraestructura reconocidas y autorizadas por las autoridades competentes.

Sin embargo, en la zona sur de la cuenca, existe un derecho de agua de la Comunidad de Peine, el cual según lo mencionado por Núñez (2015), existe una captación rústica en la cuenca, la cual abastece con agua el sector de Peine, donde presentan el siguiente relato "El viaje del agua desde Miñiques (Socaire) a Peine, significó un largo trabajo comunitario ejecutando a pala y rastrillo. Esta titánica obra comenzó en abril del año 1995 y terminó un año después, trayendo consigo – y paralelamente- la construcción de un camino aledaño a propósito del transporte de las cañerías. Este nuevo camino proyectado por don Vicente (al igual que la detección de la vertiente hecha por él), se inicia desde un desvío del camino internacional, bajando por la quebrada Corquepe hasta llegar a los altos de Peine, remontando la propia localidad. Este arduo trabajo es un notable ejemplo para demostrar que las iniciativas locales son posibles. Después de traer agua a la localidad, se inició la construcción del estanque que almacenaría las aguas de la cordillera.

A continuación, en Figura 2-20 se muestra la ubicación del punto de captación mencionado, el cual se vincula a la solicitud de regularización de derecho de aprovechamiento de agua superficial de la comunidad Peine.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-20. Punto de captación comunidad Peine, cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

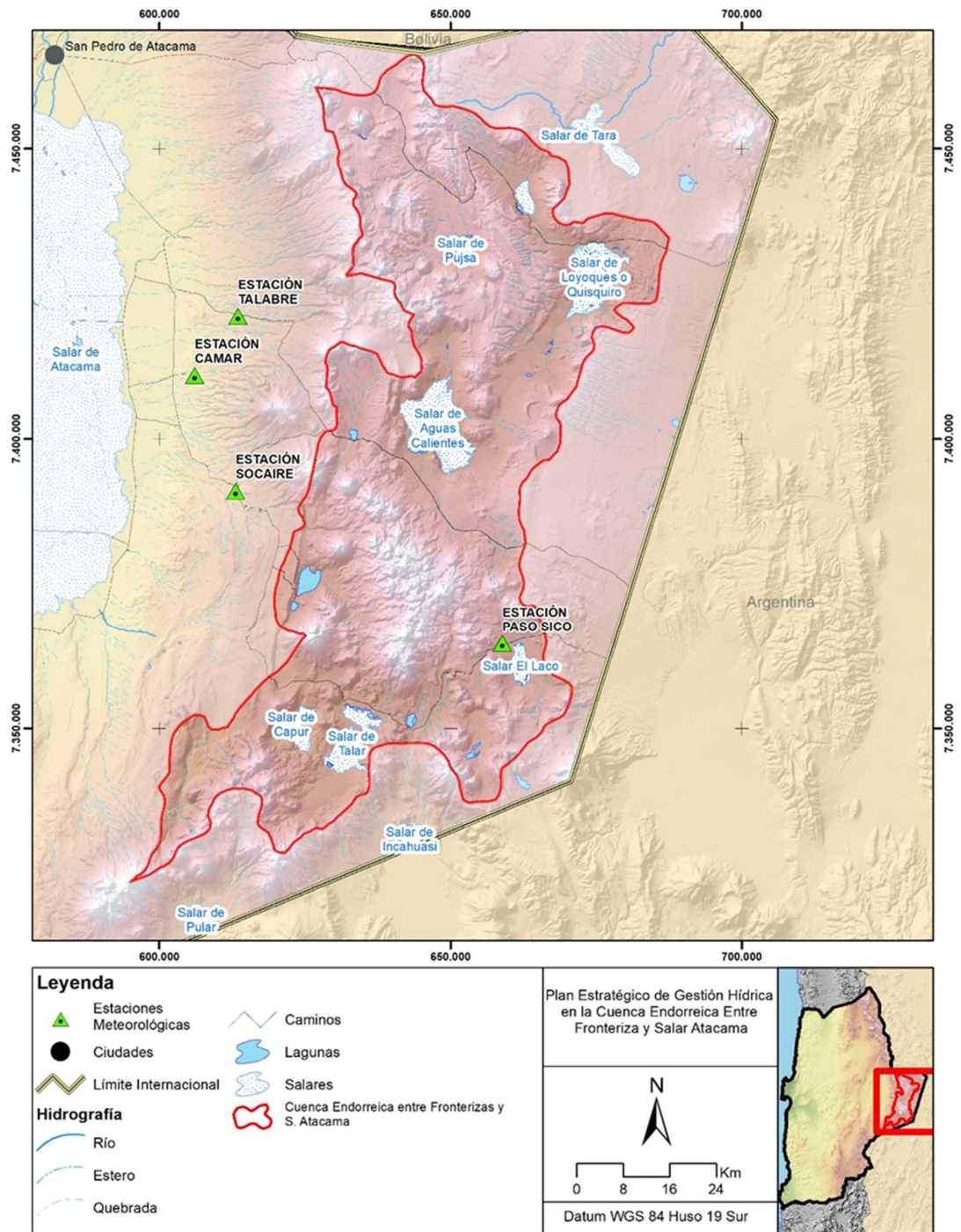
2.5.2 Red Hidrométrica.

La información hidrometeorológica en la cuenca está representada por solo una estación, denominada Paso Sico, la cual fue construida por la DGA el año 2016, con el objetivo de aportar a una Red Meteorológica de Emergencia, sistema de medición que proporciona información climatológica en tiempo real, vía transmisión satelital, que monitorea la cantidad de agua caída por lluvia, temperatura, humedad del aire, dirección y velocidad del viento.

La estación Paso Sico, código BNA 02450000-4, se encuentra a 4.295 metros sobre el nivel del mar, y está en funcionamiento desde el año 2016. Las variables que monitorea son Temperatura y Precipitaciones, también cuenta con sistema de transmisión satelital en tiempo real. La estación es parte de la Red Meteorológica de Emergencia

Respecto a la información disponible, al revisar Información Oficial Hidrometeorológica de la DGA, se pudo constatar, que existen registros de precipitaciones diarias desde noviembre del 2017 hasta marzo del 2019, donde se observan numerosos vacíos de información y un significativo número de registros iguales a cero (0)

A continuación, en la Figura 2-21 se muestra la ubicación de la estación Paso Sico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Ubicación estaciones meteorológicas dentro y cercanas a la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

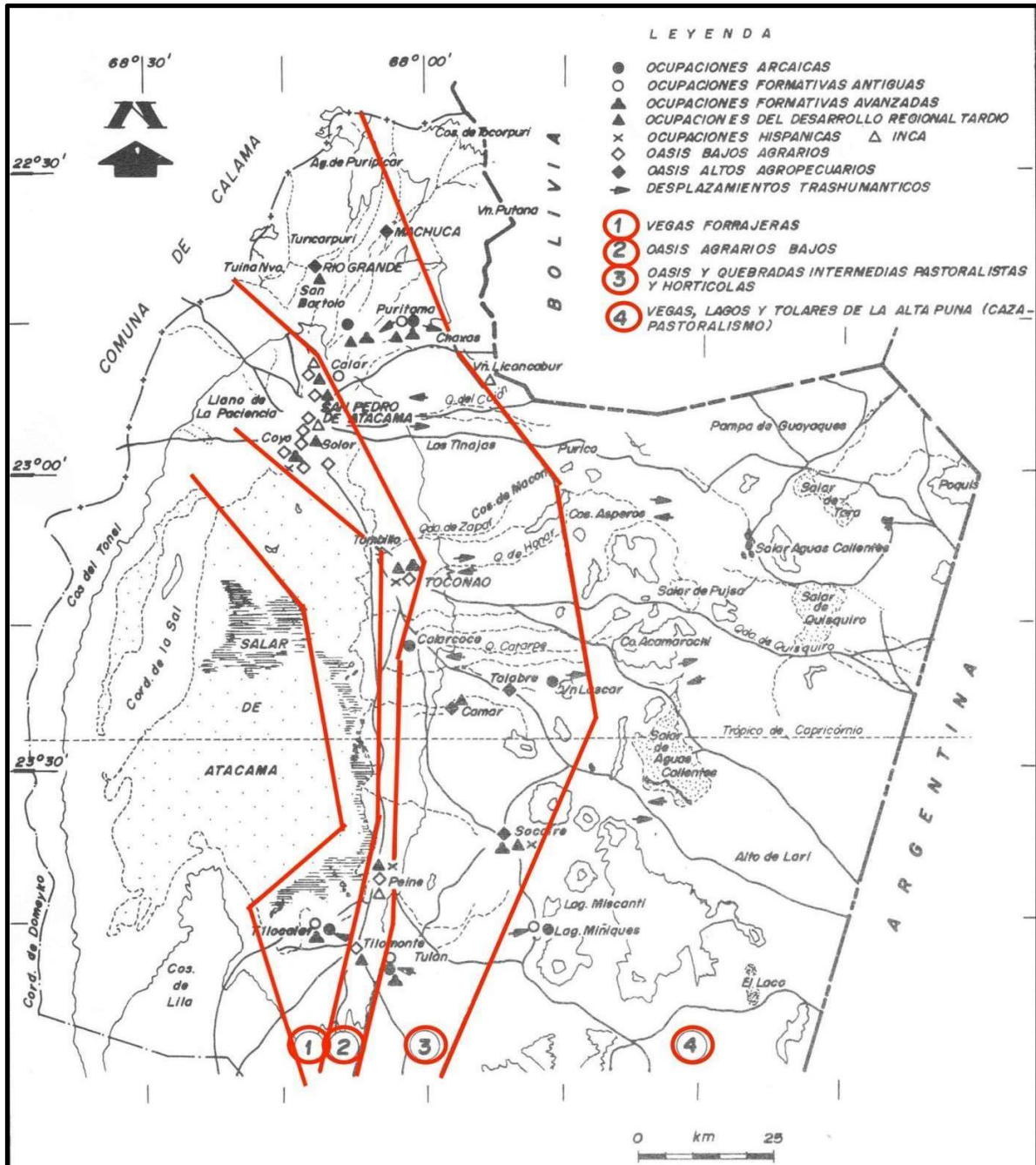
Además, en la cuenca, existe una estación meteorológica, la que corresponde al Parque Astronómico del Llano de Chajnantor, donde el vapor de agua precipitable es el parámetro crucial que determina la transparencia atmosférica para las observaciones astronómicas. Las variables que mide la estación son temperatura, humedad, presión, velocidad del viento.

A partir de la infraestructura hidrométrica identificada en la cuenca, se visualiza una brecha, respecto a la identificación y cuantificación de parámetros meteorológicos e hidrológicos en la cuenca

2.6 Caracterización Sociocultural

La cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama se ubica al interior del Área de Desarrollo Indígena (ADI) Atacama La Grande; declarada como tal por el Decreto 70 de 1997. Esta declaración señala que la comuna San Pedro de Atacama es un territorio habitado de manera ancestral por el pueblo atacameño en estrecha dependencia con su medio ambiente y sus recursos naturales existentes, presentando una alta densidad de población indígena cercana al 95% del total de los habitantes y una homogeneidad ecológica del tipo desértico andino (D.S. Nº 70/1997).

La geografía del ADI Atacama La Grande está conformada por tres cuencas hidrográficas, estas son: la "Salar de Atacama" (15.577 km²), la "Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama" (5.308 k km²); y "Fronterizas Salares Atacama – Socompa" (4.056 km²). La mayoría de los asentamientos humanos se emplazan en la cuenca "Salar de Atacama", mientras que la cuenca en estudio denominada "Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama" solo presenta pequeños campamentos mineros, puestos de aduana y lugares de pastoreo ancestrales. Estos últimos propios de un patrón de asentamiento andino caracterizado por la integración o complementariedad de los diferentes pisos ecológicos. En la siguiente imagen, Figura 2-22, se observan los principales sitios arqueológicos y asentamientos humanos históricos en la comuna de San Pedro de Atacama que articulan los diversos recursos naturales existentes en los diferentes ambientes naturales (Murra, 1975; Hidalgo, 1978; Pourrut y Núñez, 1995; Castro y Martínez, 1996; RIDES, 2005; Games, 2013).



Fuente: Pourrut y Núñez, 1995:60.

Figura 2-22. Ubicación de sitios arqueológicos e históricos entre los años 3000 aC y 1995 dC en los distintos pisos ecológicos en San Pedro de Atacama: 1) Vegas Forrajeras, 2) Oasis Agrarios Bajos, 3) Oasis y Quebradas Intermedias y 4) Alta Puna

El pueblo Atacameño o Lickan Antai posee una larga historia de ocupación en la región, principalmente a lo largo de la cuenca hidrográfica del río Loa (Núñez, 1991). Los primeros grupos humanos que ocuparon este territorio se dedicaron originalmente a la caza y recolección en las quebradas intermedias, tal como lo evidencian los sitios arcaicos de Puripica (Guatín) y Tulan (Peine). Sin embargo, el desarrollo posterior de la agricultura y la domesticación de camélidos configuraron los principales rasgos culturales de lo que hoy conocemos como Atacameños. La agricultura comenzó a desarrollarse en sectores como San Pedro, Toconao, Socaire y Tilomonte, produciendo maíz, quínoa, frijoles y papas, entre otros. La ganadería y criancera de llamas y alpacas, permitieron la obtención de carne y lana, pero además estos animales se convirtieron en el medio de transporte de una serie de productos, integrando distintos pisos ecológicos de la región, desde la costa al altiplano, tanto en lo comercial como en lo cultural (Castro y Martínez, 1996).

La conquista española reconfiguró y alteró significativamente las relaciones sociales, culturales y económicas del mundo indígena, ya que se persiguió su religiosidad y su cultura tradicional (Martínez, 1998). Posteriormente, en el periodo colonial la producción agrícola de las tierras del Loa y San Pedro de Atacama se reorientó hacia el abastecimiento de productos alimenticios y pasto para los mulares de las salitreras instaladas en la pampa. En el caso de la explotación minera de Chuquicamata desde principios del siglo XX, afectó a la sociedad atacameña de forma significativa, pues muchos hombres abandonaron las actividades agropecuarias y se insertaron en la industria minera como mano de obra asalariada. Además, comienza una mayor conexión con la emergente ciudad de Calama y con ello la condición rural de este territorio comienza a transformarse de forma radical (Núñez et al., 2004).

Los antecedentes históricos indican que la integración económica atacameña a la Región de Antofagasta hasta 1930, tiene relación con la producción agropecuaria practicada principalmente por las comunidades indígenas. Después de la crisis económica de 1930, se desarrolla el asalariamiento minero, lo que produce un cambio profundo en las relaciones sociales, económicas y culturales. Esto se relaciona con una acentuada migración de atacameños a las ciudades más cercanas, como Calama y Chuquicamata (Sanhueza y Gudermann, 2009).

A pesar de que el desplazamiento hacia nuevas fuentes laborales se explica en parte por el declive de las actividades productivas tradicionales, también es un factor determinante la reducción del tamaño predial y la disminución del recurso hídrico. Esto último se acentúa

con el Código de Agua -D.F.L. N° 1.222 del año 1981- que introdujo la privatización del recurso hídrico (Gundermann y González, 1995).

En 1980 se crea la comuna de San Pedro de Atacama, comenzando un desarrollo social e identitario de los habitantes de este territorio. Desde la Municipalidad se comienzan a establecer mecanismos de articulación entre las localidades mediante mejores transportes y caminos de acceso. Esto permitió generar mayores lazos con el resto de las comunidades y así continuar con el desarrollo de la comuna (ESO, 2016).

A partir de la promulgación de la Ley Indígena en 1993 se inicia un proceso de etnificación, es decir, un proceso de valoración y reconstrucción identitaria étnica apoyada desde el Estado y otros agentes externos. Proceso que se suma a una etnogénesis –proceso interno de construcción identitaria- que tiene como base las comunidades históricas o locales, y sus históricas Juntas de Vecinos que en algunos casos datan de fines del siglo XIX (ej. Peine 1890). En la década de 1970, los habitantes del Salar de Atacama se identificaban con su comunidad de origen, y no como “atacameños”. Si bien con los años esta identificación local no ha desaparecido, con el correr de los años los propios habitantes se reconocen como miembros de la etnia “atacameña”, con una cultura, una historia y un territorio común (Núñez, 2000; Gundermann, 2003; Beltran, 2002 en Varas, 2005; Hernández y Thomas, 2006).

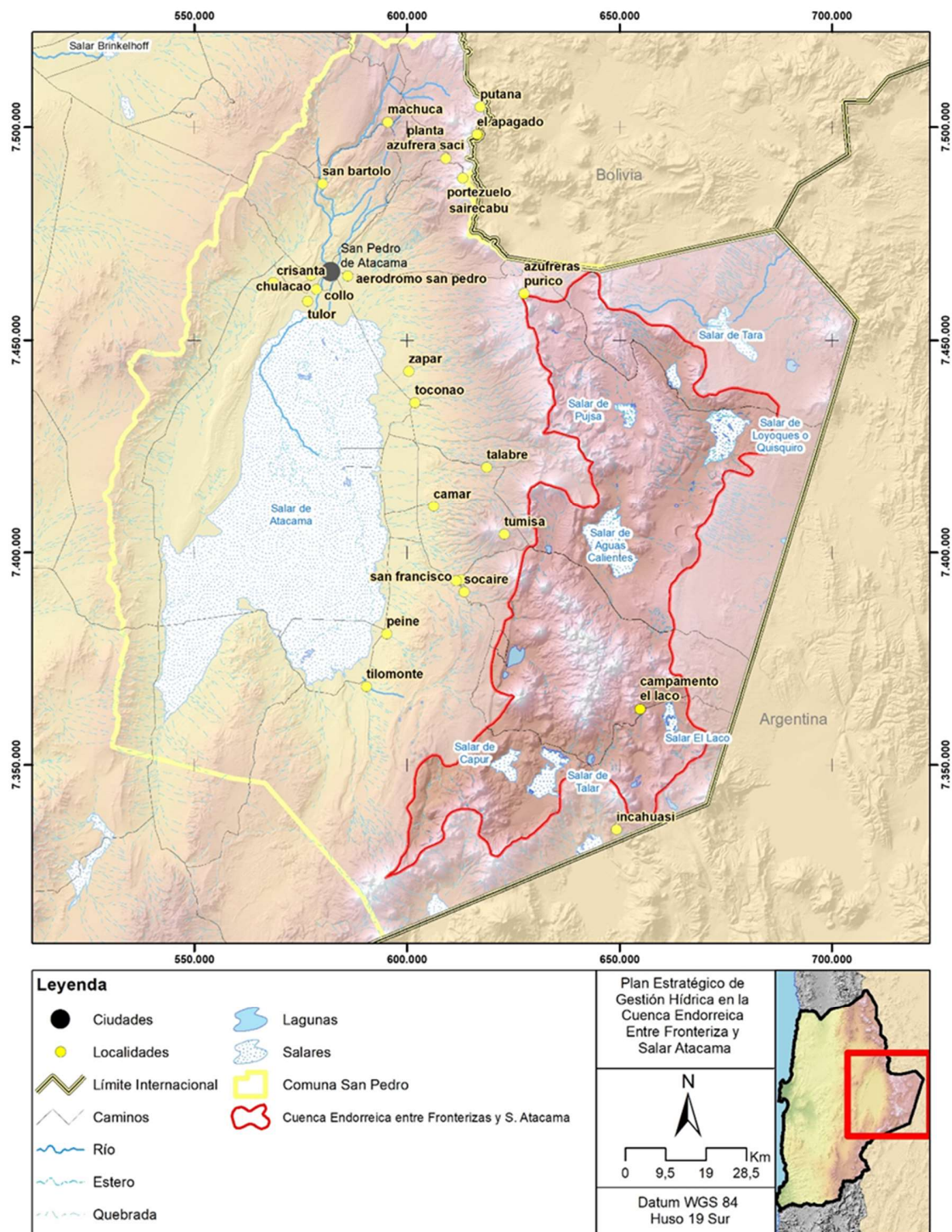
Es tal la relevancia histórica y cultural de la comunidad Atacameña en la zona, que el año 1997 se crea el Área de Desarrollo Indígena (ADI) denominada “Atacama la Grande”, que coincide territorialmente con los límites administrativos de la comuna de San Pedro de Atacama. Dentro de los criterios que se tienen para definir una ADI se encuentran; espacios territoriales en que han vivido ancestralmente las etnias indígenas; alta densidad de población indígena; existencia de tierras de comunidades o individuos indígenas; homogeneidad ecológica, y dependencia de recursos naturales para el equilibrio de estos territorios, tales como manejo de cuencas, ríos, riberas, flora y fauna.

Por lo tanto, se puede afirmar que la sociedad atacameña basa su economía no sólo en la productividad agroganadera (economía tradicional), sino que también en otras variables como los ingresos frutícolas, artesanales y extraprediales, tales como el salario en las áreas de la minería, el turismo y la construcción (Gundermann y González, 1995; INE, 2002; Núñez et al., 2004).

A pesar de los cambios vividos por la sociedad atacameña, persiste un apego a la tierra de los orígenes que le da sustento, refugio e identidad, convirtiendo el tema del “agua” en la

principal demanda de las organizaciones indígenas (Gundermann y González, 1995; Morales, 2014; MEL, 2017). Las comunidades atacameñas afirman que han visto el ascenso y ocaso de múltiples proyectos productivos, como el arrieraje y la explotación de la llareta, la sal y el azufre, por mencionar algunos, sin embargo, las prácticas tradicionales se mantienen en el tiempo y ofrecen proyecciones para el futuro. Tal como señala Juan González, presidente de la asociación de pastores de SPA e hijo del yatiri Cecilio González, "Cuando todo termine, lo único que tenemos es la tierra" (MEL, 2017: Observación Ciudadana de Solor, Coyo y Cucuter).

En términos territoriales, el 98% de la población comunal habita en la cuenca "Salar de Atacama" que es la de mayor superficie en la comuna (INE, 2017). A continuación, se presentan los asentamientos humanos y su ubicación en la comuna de San Pedro de Atacama. En la Figura 2-23 se presentan los asentamientos humanos antes referidos.



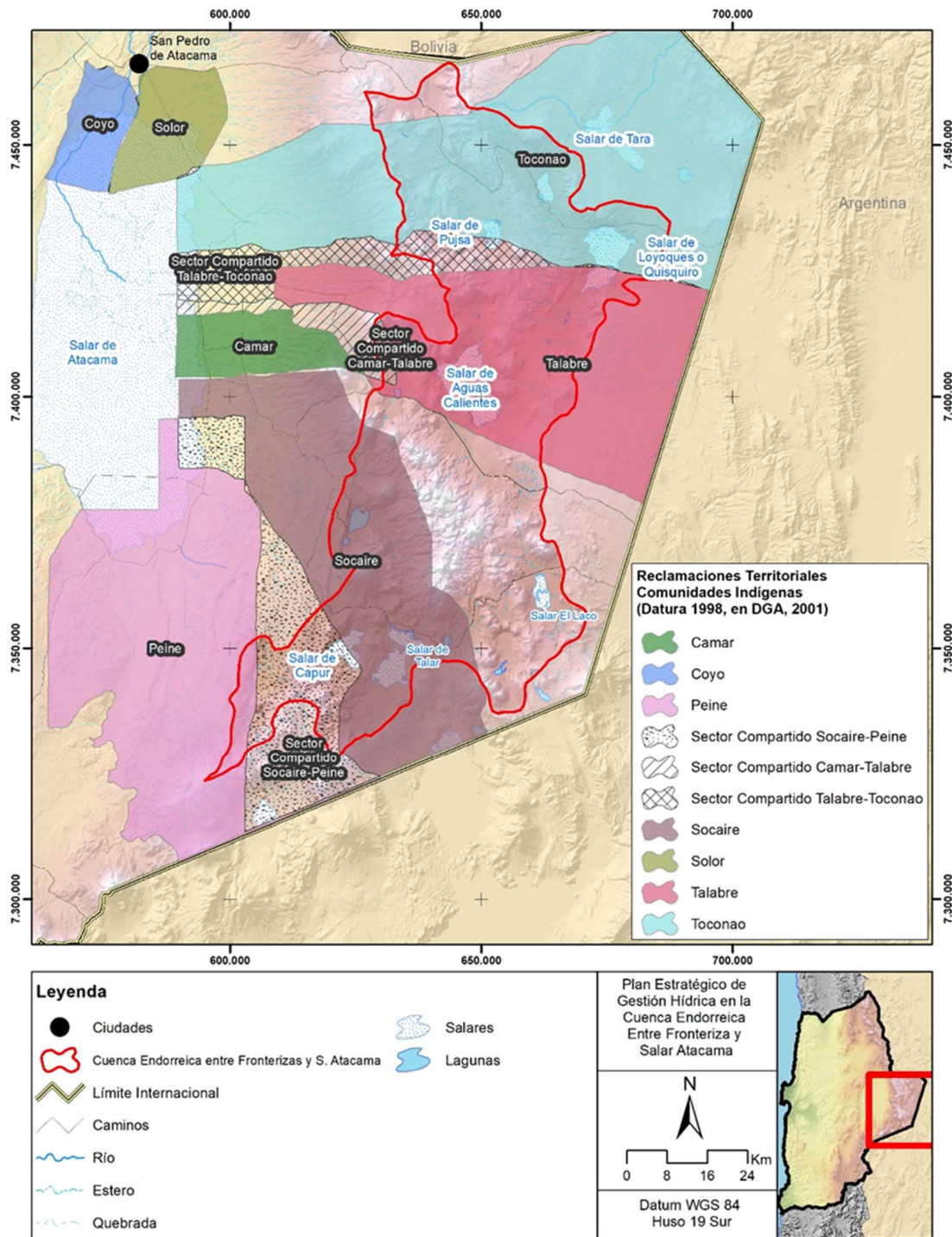
Fuente: INE, 2002; DGA, 2010.

Figura 2-23. Principales Asentamientos Humanos y Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Sobre las relaciones territoriales que se dan al interior de la comuna de San Pedro de Atacama, en términos generales destaca el hecho de que el pueblo de San Pedro de Atacama tiene una relación privilegiada frente a las otras localidades, pues centraliza la autoridad comunal, y la mayoría de los servicios públicos y privados. La situación antes señalada, produce una dependencia de las otras localidades con la capital comunal según el PLADECO 2006-2010 (IMSPA, 2006).

La centralidad del pueblo de San Pedro de Atacama con respecto a las otras localidades se ve reflejada en los últimos tres (3) Censos. En el año 1992 la localidad de San Pedro de Atacama representaba el 52% de la población comunal, el año 2002 este porcentaje aumentó al 63% y en el Censo del 2017 la población alcanzó el 73% (INE, 1992, 2002 y 2017).

Es importante mencionar que entre los años 1997-1998, se efectuaron estudios territoriales (CINPRO, 1997; DATURA, 1998), que permitió a cada comunidad atacameña delimitar su territorio ancestral, tomando en consideración las ocupaciones materiales y simbólicas. Como resultado de este proceso fue posible estimar que el territorio de las comunidades atacameñas ubicadas en la comuna de San Pedro de Atacama corresponde aproximadamente a 1.706.191 hectáreas, incluyendo sectores superpuestos o comunes. En la Figura 2-24 se observan las demandas territoriales de las comunidades atacameñas en ese periodo.



Fuente: Datura, 1998 en DGA, 2001.

Figura 2-24. Reclamaciones territoriales de las Comunidades Atacameñas en la Comuna de SPA.

Históricamente, la comuna de San Pedro de Atacama se ha caracterizado por el desarrollo de la actividad agropecuaria tradicional en la vertiente oriental del Salar de Atacama. La agricultura y la ganadería representan solo el 2,6% de la Población Económicamente Activa (PEA) según el Censo 2017. Estas actividades registraban en el año 2002 un 4,6% y en el año 1992 un 22,5%, evidenciando una transformación productiva del mundo atacameño (INE, 1992, 2002 y 2017). Transformación que se confirma con los datos del Censo Agropecuario del año 2007 que contabilizó un total 16.679 cabezas de animales en la comuna de SPA, y que según la Declaración de Existencia Animal ingresados al SAG el año 2018 contabilizó un total de 4.851 cabezas de animales, ratificando la disminución de esta actividad tradicional entre los habitantes de las comunas (INE, 2007; SAG, 2018).

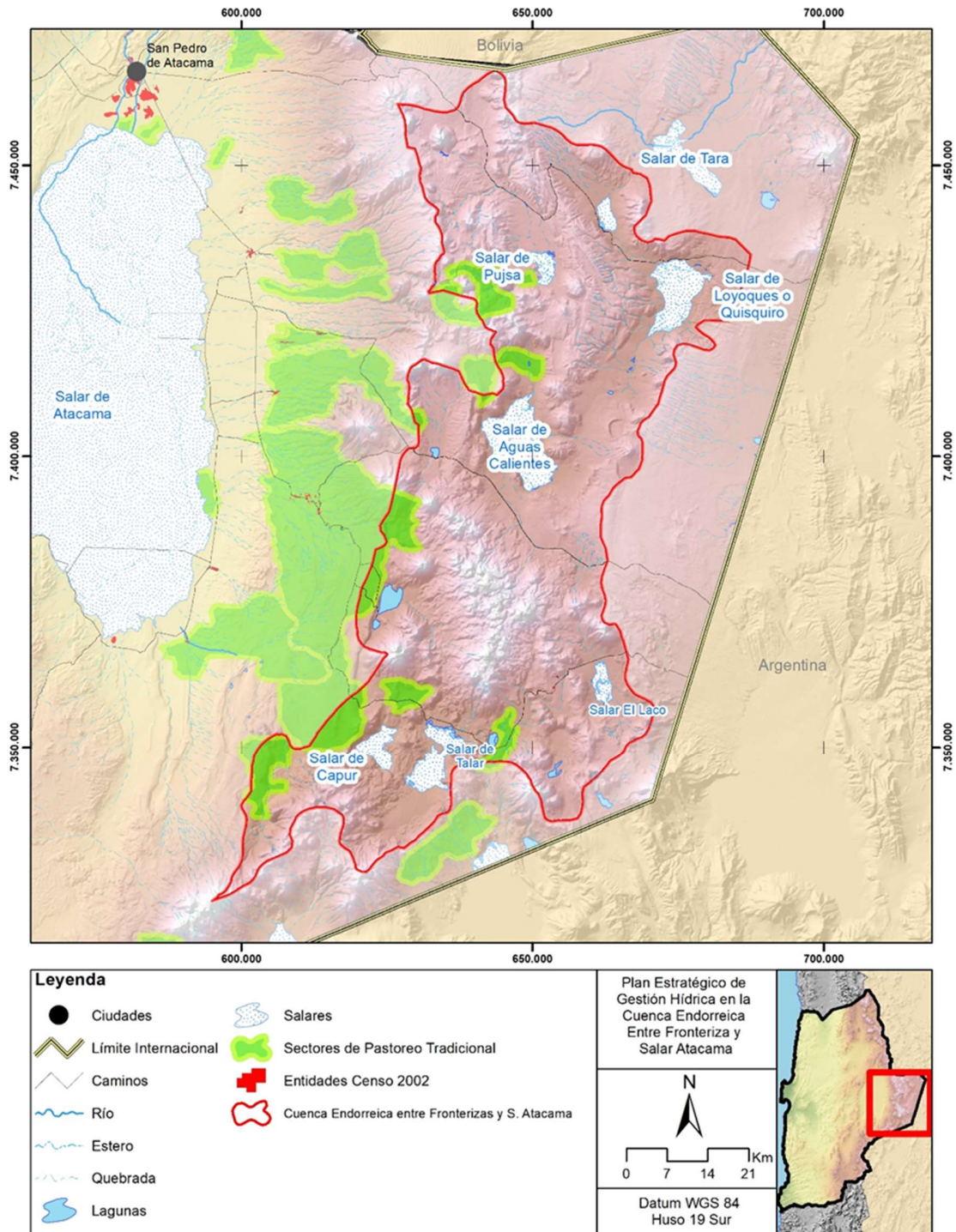
Por otro lado, han aumentado las actividades asociadas al ecoturismo, entre los años 2010 y 2012 la llegada de turistas se ha duplicado en SPA, alcanzando las 125.000 visitas anuales (CEAZA, 2015). San Pedro de Atacama es una comuna consolidada turísticamente, del tipo "Rural y de Naturaleza", con un flujo de turistas de manera constante todo el año, siendo la 9º comuna con mayor Índice de Intensidad Turística (IIT) en el año 2018 a nivel nacional (Subsecretaría de Turismo, 2018).

Las principales prácticas culturales atacameñas son la agricultura y la ganadería, además del manejo del agua en el marco de una extensa experiencia de adaptación al ambiente desértico (Hernández y Thomas, 2006).

La agricultura tradicional atacameña se ha desarrollado principalmente en zonas de oasis y en terrazas de quebradas intermedias mediante el sistema de andenerías. Desarrollando una horticultura orientada al autoconsumo y en menor medida comercializables en mercados locales, mientras que la trashumancia se caracteriza por la tenencia de llamas y alpacas, además de ovinos, caprinos y mulares. La introducción de ganado lanar, la disminución de camélidos domésticos producto del desecamiento de las vegas altoandinas y el trabajo asalariado, han llevado al progresivo abandono de las estancias pastoriles más alejadas y de los pisos ecológicos puneños (Chamorro y Tocornal, 2005; Núñez, 2015).

En relación al pastoreo, el Mapa Datura (1998) identifica 32 sectores de pastoreo ancestrales al interior de la comuna de San Pedro de Atacama, algunos de ellos se encuentran al interior de la cuenca de estudio (ver Figura 2-25). Estos son de norte a sur: Calachi cerca del salar de Pujsa, Rio Negro cercano al salar de Aguas Calientes 4 (quebrada. Chamaca), el cordón de Chuculaqui en las faldas de los cerros Chiliques y Miscanti, en las cercanías de los salares de Capur y Talar, en la laguna de Tuyajto y entre los cerros

Toloncha y Achulari cercanos al salar de Pular. También existen antecedentes de pastoreo por la comunidad de Peine en el sector de Pular en el periodo estival (M.Núñez, 2015).

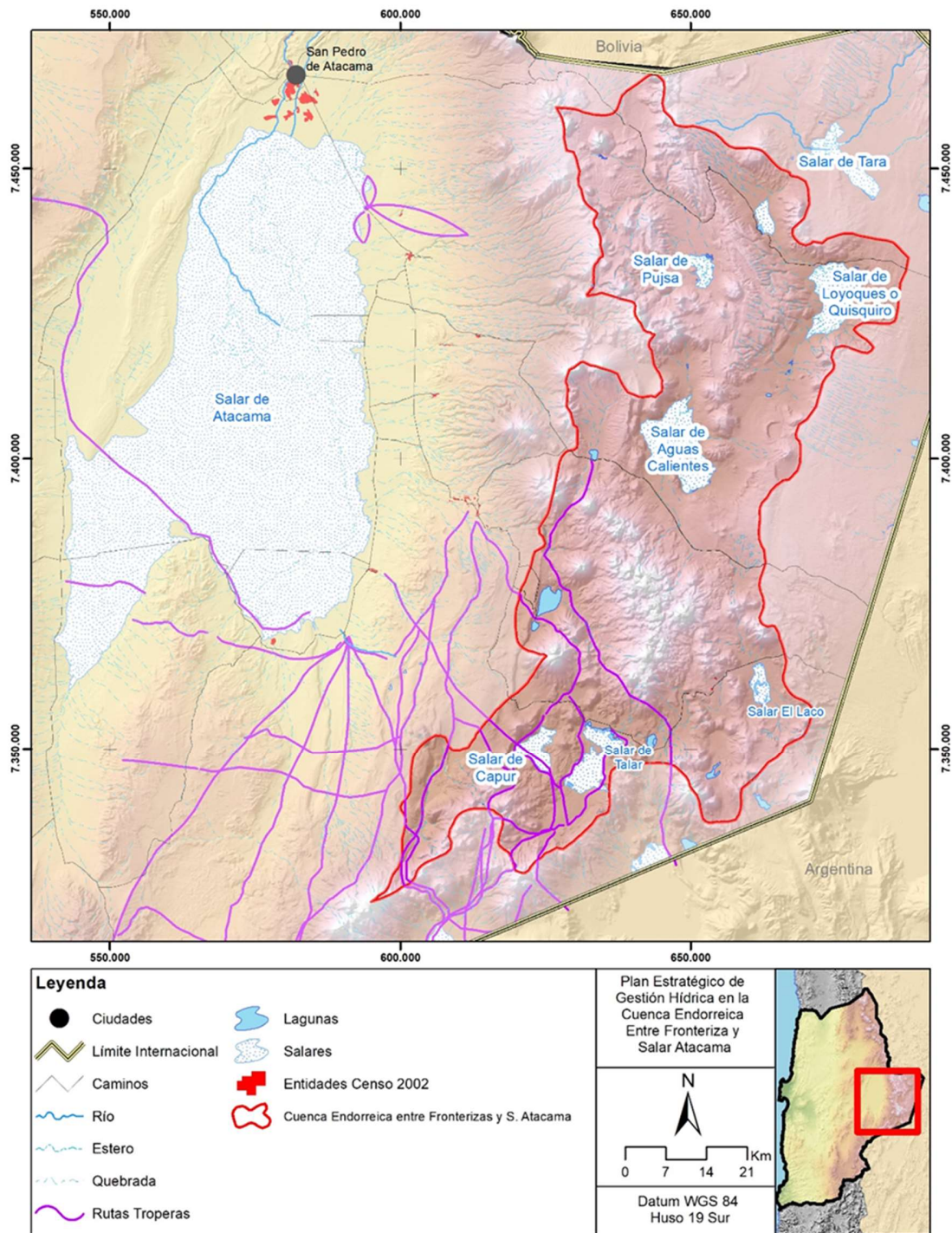


Fuente: Datura, 1998 en DGA, 2001.

Figura 2-25. Sectores de Pastoreo Tradicional en la Comuna de SPA.

Una de las pocas referencias bibliográficas sobre lugares de plantas medicinales en el Salar de Atacama es, el Plan de Manejo Participativo de la Reserva Nacional Los Flamencos que señala el Salar de Tara y el borde noroeste de las Lagunas Miscanti y Miñiques con presencia de plantas medicinales como la *lampaya medicinalis* (CONAF, 2008).

En cuanto a las rutas troperas utilizadas por los atacameños del Salar de Atacama en su trashumancia (Figura 2-26), existen algunas referencias bibliográficas que entregan datos geoespaciales. Destaca el trabajo realizado por Marinka Núñez en el territorio de Peine quien identificó seis (6) rutas principales, cinco (5) de las cuales se inician en Tilomonte en dirección al sur en dirección a: i) Antofagasta de la Sierra, ii) Monturaqui y Socompa, iii) Salín-Catamarca Argentina, iv) Pular, v) Lullaillaco, y una sexta ruta vi) que se inicia en Tilopozo y va en dirección nor-oeste hasta cerro Quimal para después continuar hasta Caracoles (M.Núñez, 2015). También existen datos geo-referenciados de rutas troperas para el sector de Tambillo, en las cercanías de Toconao y Socaire (ESO, 2016; CMZ, 2018).



Fuente: Núñez, 2015; ESO, 2016; CMZ, 2018.

Figura 2-26. Rutas Troperas en la Comuna de SPA.

Las estancias y áreas de pastoreo son parte de la ganadería trashumante que consiste en llevar al ganado a pastar en vegas cordilleranas de altura, durante el verano y posteriormente, y de forma estacional, se trasladaban hacia sectores más bajos donde crece gran cantidad de hierbas después de la lluvia. Algunas de estas estancias son utilizadas por más de una comunidad. La práctica trashumante, entendida como una forma de vida que implica desplazamientos estacionales en busca de pastos para la mantención del ganado, cumple diversas funciones culturales, tales como, reproducción económica y transmisión de conocimientos culturales de orden ideológico, tecnológico y organizacional (Molina et al., 2001; Moreno en ESO, 2016).

La comunidad de Toconao identificó estancias en las quebradas de Pakao, Silapeti, Cotabina, Chúlár, Tujliren, y las vegas de Tambillo, Tarar, Olar, Chalaiquiche, Ojos de Ekar y Mari (CONADI, 2008). Otras fuentes señalan adicionalmente los sectores de Oirintor, Zapaques, Amurto, Vilaco, Cotavina, Silatajna, Peana, Honar, Chapuraqui, Aguas Blancas y Quemala (ESO, 2016; MEL, 2017). En el año 1992, el Censo registró 12 personas habitando en el Salar de Loyoques o Quisquiro, lugar que es ocupado tradicionalmente para el pastoreo, así como también, los salares de Pujsa y Tara (INE, 1992; Games, 2013). También existen antecedentes de explotación artesanal de canteras de piedra, arena, ripio, arcilla y/o barro en la localidad de Toconao, específicamente en los sectores de Piedra Roja, Jeri, Zapaques y Cenizal de Tarar (CONADI, 2008).

En Camar se registraron las estancias de Casa Colorada, las ubicadas en las quebradas El Toro, Pepina, Querico, Chaile, Honda, en la vega de Allana, y las aguada de Tumiza, Linques y Agua Amarga (CONADI, 2008). Otros antecedentes señalan los sectores de Aguas Calientes II, al lado del Lascar, Lejía, Pili y Tipona (MEL, 2007). En relación con los derechos de agua, hasta el año 2008 la Comunidad de Camar contaba con aguas inscritas por un caudal de 26,6 l/s, provienen de la quebrada Pepina (2,7 l/s) y las vertientes de Corcate (3,4 l/s), Turbaca (6,9 l/s) y Camar 1 y 2 (13,6 l/s) (CONADI, 2008).

En Talabre están las estancias de Patos, Mari, Cerro Corona, quebradas Chaile, Querico y Lever (CONADI, 2008). Otros documentos señalan los sectores de Aguas Calientes, Ojos de Hécar, y el uso del camino hacia el Licancabur que le dicen, que pasa por Aguas Calientes y de ahí a Tara. Su principal estancia, o lugar de los pastores, está en el sector de Tumbre junto a los pozos de agua, y donde existe paja brava, suris o ñandú, vizcachas y cóndor, entre otros (MEL, 2007). Los sectores ocupados tradicionalmente para el pastoreo son la Quebrada de Patos por la familia Armella, el sector de Ojos de Hécar por los Soza, y Mari

por los Flores aunque son compartidas por todas las familias de pastores (CMZ, 2018). Hasta el año 2008, la comunidad de Talabre contaba con aguas inscritas por un caudal de 52 l/s, derechos que provienen del río Salta, la vertiente de Patos, y las quebradas de Tumbre y Catarape (CONADI, 2008). Sin embargo, según estudios recientes en el año 2013 la Comunidad de Talabre poseía 181,3 l/s regularizados, provenientes de la Quebrada de Talabre (10,8 l/s), Quebrada de Sáltar 1 (4,3 l/s), Río Sáltar 2 (18,5 l/s), Quebrada Catarape (12,7 l/s), Vertiente Chamaca (35 l/s) y Vertiente Río Negro (100 l/s) (CMZ, 2018).

En Socaire, se registran las estancias de Pular, Tumisa Qda. Aguas Delgadas, Vegas de Quisipo, Sísipio, Cuno, Nacimiento, Cas, Quepe, Quiusuna, Capur, Talpur, Culamar, Caus, Tuyajto, El Laco, Purichari, Purisunchi y La Hoyada (CONADI, 2008). Según el mapa de Datura (1998), para la zona de Socaire existen cinco (5) zonas de pastoreo histórico que se superponen con la reclamación territorial, el más grande va desde pampa Cas, pasando por pampa Tinajas, hasta el Cerro Lejía, en los alrededores del poblado de Socaire. Los otros cuatro (4) sectores de pastoreo se emplazan en: 1) Pampa Algarrobilla en el Salar de Atacama, 2) las faldas sur del Cerro Miñiques, 3) la laguna Tuyajto y 4) la pampa Puruchare (Datura, 1998 en DGA, 2001). Tal como señala la Comunidad de Socaire, hace una década el turismo ha pasado a convertirse en una importante fuente de ingreso para sus habitantes quienes se han integrado como mano de obra, proveedores de servicios y/o arriendo/venta inmobiliaria para nuevos negocios. El atractivo turístico principal de Socaire es una mezcla equilibrada de elementos naturales prístinos y elementos étnicos. En el año 2002, la Comunidad Atacameña de Socaire firma un Contrato de Asociatividad con CONAF para la administración del sector "Lagunas Miscanti y Miñiques" de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2008). En Socaire se riegan cerca de 200 ha. con las vertientes ubicadas entre los cerros Lejía, Miscanti y Chiliques (MEL, 2017).

Y en Peine, se registran las estancias de Quebrada Leoncito, Tilopozo, Lila, Chilek, Tilocalar, Pálao, Silolao, Tulan, Quebrada Salin, Cerro Tolonche, Pozo Cabado, Quebrada Tinajas, Vega de Capur, Vega de Talpur, Corquepe, Callejón Caus y Quebrada Chunar (CONADI, 2008). Una de las principales características étnicas de los habitantes de Peine, y que es compartida por el todo pueblo atacameño, es la ocupación de los diversos pisos ecológicos: oasis, quebradas y puna. Y que en este sector tiene antecedente desde el año 3.000 a.C., tal como lo evidencia el denominado "transecto Tulán" que abarca los sectores de Tilocalar (laguna marginal), Tilomonte (oasis), Tulán (quebrada) y Miñiques (puna) (L.Núñez, 1995). Cabe señalar, que las vegas de Miscanti y Miñiques por el este, y la de Pular por el sur, son compartidas con la comunidad de Socaire (M.Núñez, 2000; MEL, 2017; CMZ, 2018). En

relación a los derechos de agua, hasta el año 2008 la Comunidad de Peine contaba con aguas inscritas por un caudal de 65,6 l/s, provenientes del río Tarajne (1,7 l/s) y las vertientes Tulán (43 l/s), Ossa y Vilte (18,6 l/s) y Chasquesoque (2,3 l/s); este último ubicado en Miñiques (CONADI, 2008). El viaje del agua desde Miñiques (Socaire) a Peine, significó un largo trabajo comunitario ejecutando a pala y rastrillo. Esta titánica obra comenzó en abril del año 1995 y terminó un año después, trayendo consigo – y paralelamente- la construcción de un camino aledaño a propósito del transporte de las cañerías. Este nuevo camino proyectado por don Vicente (al igual que la detección de la vertiente hecha por él), se inicia desde un desvío del camino internacional, bajando por la quebrada Corquepe hasta llegar a los altos de Peine, remontando la propia localidad. Este arduo trabajo es un notable ejemplo para demostrar que las iniciativas locales son posibles. Después de traer agua a la localidad, se inició la construcción del estanque que almacenaría las aguas de la cordillera. En 1997 finaliza todo el proceso del viaje de las aguas cordilleranas (M.Núñez, 2015).

En relación con los ritos, el pueblo atacameño realiza una serie de rogativas orientadas a la abundancia del agua, la buena siembra y la protección de su territorio y gente. Una de las celebraciones más significativas es la del 1º de agosto, época en que despierta la tierra, inaugurando un nuevo ciclo de siembra, de brotes en el desierto y de crecimiento de las aguas en el Salar. Se hace rogativa a los cerros que circundan la cuenca, pues ellos alimentan las vertientes de las quebradas que surten de fuerza vital a los asentamientos, bofedales, ayllus y vegas del salar. El Salar es el reservorio más importante de recursos hídricos, nutritivos y combustibles que las entidades de los cerros les regala a los atacameños. Ideario compartido por los asentamientos humanos alrededor del Salar, graficado en la expresión: “el Salar es uno solo” (MEL, 2017: Observación Ciudadana Comunidades de Solor, Coyo y Cucuter). Demostrando la importancia que tiene la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama para los atacameños y sus ecosistemas.

Para el pueblo Atacameño, todos los elementos de la naturaleza poseen ciertas virtudes y capacidades, por lo tanto, poseen vida. Los principales seres o poderes de la naturaleza son: 1) los cerros o “Mallku”, 2) la tierra o “Pat’ta Hoy’ri” y 3) los lugares de agua o “Puri” como nacimientos, aguadas, vertientes y/o canales de regadío, donde habita el espíritu del agua o Tata-putarajni. A los tres espíritus, “Tata-mallku”, “Pat’ta-hoy’ri”, y “Tata-putarajni”, se les suele invocar en conjunto, puesto que están íntimamente vinculados entre sí. El cerro (Mallku) origina el agua (Tata-putarajni) que fertiliza a la tierra (Pat ’ta-hoy’ri), dando origen a la vida en el territorio (Mostny et al, 1954; Vilte y Pérez, 2004; DGA, 2012;

FUCOA, 2014; M.Núñez, 2015). Adicionalmente, existe una cuarta fuerza que corresponde al espíritu de la gente antigua o antepasados prehispánicos denominado "Tata-abuelos", a quienes se les teme por su gran poder y se les respeta. Son los constructores de obras como los canales de riego, las pircas de las eras y las casas de piedra (Grebe e Hidalgo, 1988).

Para la Comunidad de Peine el territorio es un espacio donde los ancestros se han vinculado durante siglos, y es deber de ellos mantener, cuidar, ritualizar y hacer uso del territorio (M.Núñez, 2015). Es por ello que han participado activamente en los diversos diagnósticos y estudios de impacto ambiental, con el objetivo de proteger sus recursos naturales. En el año 2007 señalaron: "Nos preocupa particularmente la situación general de sequía y desbalance hídrico de la cuenca del Salar de Atacama, donde entra cada vez menos agua" (MEL, 2007: Observación Ciudadana Comunidad de Peine).

Es importante mencionar, que la Comunidad de Peine considera a la cuenca del Salar de Atacama como "taypirana", es decir, como un eje acuático de poblamiento y tránsito. Una zona de encuentro de poblaciones establecidas entre los valles occidentales, el altiplano meridional y la zona circumpuneña. Una continuación del eje de aguas altiplánicas que se extienden desde el lago Titicaca hacia el sur por lagos y salares (Albemarle, 2009: Observación Ciudadana Comunidad de Peine).

2.6.1 Antecedentes Arqueológicos

Los antecedentes arqueológicos para la zona de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama destaca un tramo del Qhapac Ñan o Camino del Inca que sube al cerro Chilliques

"[...] detrás de Socaire, hay un cerro denominado Chilique, que tiene la forma del Licancabur... Dicen que hay un camino que llega al final, a la cima del cerro, dicen que mi abuelo Joaquín subió el cerro y sabe que se encontró con unos troncos de algarrobo arriba... y más o menos grandes unos troncos, y ellos se preguntaban cómo llegaron arriba esos, entonces los tiene que haber llevado el Rey, con su gente, ahora para qué, no sé en realidad, para hacer algunos rituales, eso tiene que ser, y por ahí, la gente que subió los cerros comenta siempre que donde llegaban siempre encontraban madera de algarrobo, ahora exactamente para qué no sé en realidad, ni ellos tampoco lo sabían" (Manuel Tejerina de Camar, 2009)(CMN, 2011:26).

2.7 Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca

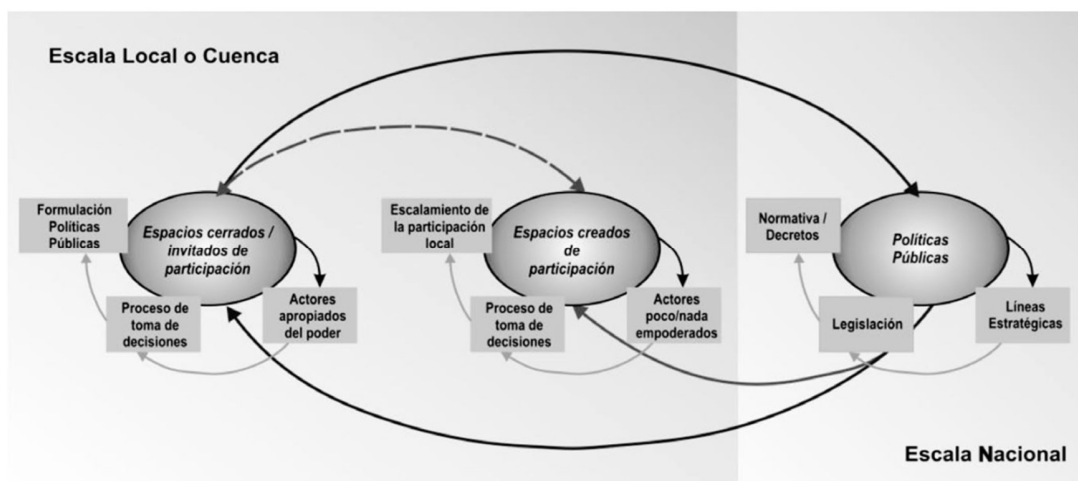
2.7.1 Gobernanza del Agua en la Cuenca

A partir de la revisión bibliográfica realizada a los diferentes procesos de participación ciudadana en la gestión hídrica de la cuenca, y de las experiencias nacionales e internacionales publicadas, se presentan los elementos centrales que componen o deben estar presente en un modelo de gobernanza de una cuenca.

Se entiende por Gobernanza del agua como la capacidad institucional de un país para involucrar al sector público, a los agentes productivos y a la ciudadanía en una adecuada formulación e implementación de la GIRH. En tal sentido, puede decirse que la Gobernanza del agua es una forma participativa y legitimada socialmente de resolución de conflictos entre las distintas prioridades sociales, culturales, económicas, ambientales y políticas sobre el uso del recurso hídrico. Un conjunto de reglas, prácticas y procesos en los cuales se toman e implementan las decisiones, enfatizando que los tomadores de decisiones son responsables y deben rendir cuentas. Los principales desafíos que la gobernanza hídrica debe enfrentar son:

- Escasez y seguridad hídrica.
- Sobreexplotación y aumento de la población.
- Contaminación.
- Infraestructura (renovar construcciones antiguas, actualizar tecnologías obsoletas e implementar nuevas obras requeridas).
- Eventos meteorológicos extremos (sequía e inundaciones).
- Deterioro medio ambiental y de los ecosistemas relacionados con cuerpos de agua.
- Amenazas del Cambio Climático (incendios, adaptación a nuevos escenarios)

Considerando que el agua vincula distintos sectores, lugares y personas, en aspectos tan importantes como salud, medio ambiente, agricultura, energía y la planificación espacial, entre otros aspectos, es que se requiere de una gobernanza multinivel con buena coordinación para mitigar su fragmentación (ver Figura 2-27) (OCDE, 2015).



Fuente: Retamal et al., 2013.

Figura 2-27 Modelo de Integración Multinivel.

No hay un modelo único de gobernanza efectiva del agua, sino que se deben ajustar a las particularidades socio territoriales de cada cuenca. Sin embargo, existen algunos principios básicos esenciales para una gobernanza efectiva del agua, como los señalados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que se agrupan en tres (3) dimensiones que mutuamente se refuerzan y complementan. Estas son Efectividad, Eficiencia y Confianza - Participación (ver Figura 2-28) (OCDE, 2015).

- La "Efectividad" ayuda a definir con claridad las metas y los objetivos sostenibles de las políticas del agua en todos los órdenes de gobierno, en la implementación de dichos objetivos de política, y en la consecución de las metas esperadas.
 - Principios de Efectividad
 - Roles y responsabilidades claras
 - Escalas apropiadas dentro de los sistemas de cuenca
 - Coherencia de políticas
 - Capacitación
- La "Eficiencia" ayuda a maximizar los beneficios de la gestión sostenible del agua y su bienestar, al menor costo para la sociedad.
 - Principios de Eficiencia
 - Datos e información
 - Financiamiento
 - Marcos regulatorios

- Gobernanza innovadora
- La “Confianza y la Participación” permiten garantizar la inclusión de los actores a través de legitimidad democrática y la equidad
 - Principios de Confianza y Participación
 - Monitoreo y evaluación
 - Arbitraje entre usuarios
 - Involucramiento de las partes interesadas
 - Integridad y transparencia



Fuente: OCDE, 2015.

Figura 2-28. Principios y Dimensiones en la Gobernanza del Agua.

Los desafíos en materia de gobernanza plantean no sólo el cuestionamiento de qué hacer, sino también, quién hace qué y por qué, a qué nivel de gobierno y el cómo. Las políticas sólo serán viables si son coherentes, con calendarios previstos y en base a una clara asignación de funciones entre las autoridades competentes y sujetas a la supervisión y evaluación periódica. La gobernanza del agua

puede contribuir al diseño e implementación de políticas públicas sólidas, mediante una responsabilidad compartida entre los distintos órdenes de gobierno, la sociedad civil, las empresas y la amplia gama de actores que juegan un importante papel en la buena gobernanza del agua.

En Chile, las cuencas hidrográficas son en general pequeñas (100 km de largo aprox.), con climas y actividades económicas muy distintas; características que hacen difícil el replicar modelos de otros lugares e incluso tener un modelo único de gobernanza para todas las cuencas del país. Por lo tanto, cada cuenca y sus actores claves serán quienes definirán, en última instancia, la estructura y su sistema de gobernanza.

Sin embargo, se debe considerar, a lo menos, que el nuevo modelo de gestión hídrica resguarde el interés público, los ecosistemas críticos y la participación de todos los actores; incluidos aquellos sin DAA. Además, se deben considerar las distintas fases del sistema hidrológico, integrando las aguas superficiales con las subterráneas y sus relaciones con otros bienes y servicios ecosistémicos que provee la cuenca; profundizando una gestión hídrica integrada (Melo, 2020).

Por otro lado, se debe considerar que las decisiones tomadas en la parte alta de la cuenca afectan la recarga del acuífero de su parte baja. Lo que ratifica la necesidad de tener un organismo a nivel de cuenca como sistema integral que permita la resolución de los conflictos, y fomente una administración armoniosa, justa y sostenible. Para ello, se requieren cambios legales que permitan responder a los requerimientos de una nueva gobernanza (Melo, 2020). Por lo tanto, se requiere de un espacio de conversación con el Estado que permita integrar lo público (Estado) y lo privado (Arriagada, 2020).

Para lograr de manera efectiva una nueva gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca se debería considerar, en primera instancia, la participación de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) existentes, pues ya tienen capacidades instalada y cuentan actualmente con las atribuciones legales (Vallejos, 2020). Sin embargo, se requiere crear nuevas OUAs y aumentar sus atribuciones, fortalezas y respaldos que les permitan implementar una nueva gobernanza. Además, se deben buscar los mecanismos para incorporar en las OUAs a los usuarios sin DAA, y exigir que todo usuario pertenezca a una OUA y reporte el consumo real de agua.

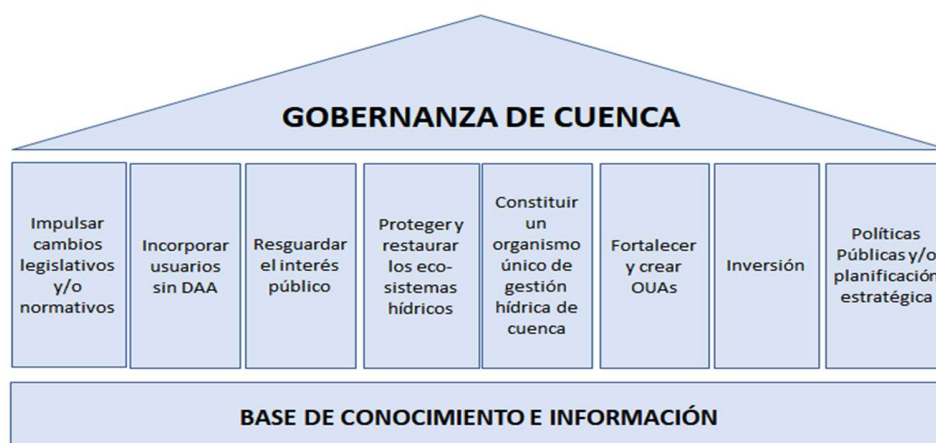
A nivel de cuenca se propone la creación de un Organismo Único de Gestión Hídrica, que represente legítimamente a todos los beneficiarios e interesados (incluyendo el bien común y el interés público), y que pueda dictar políticas a nivel de cuenca, así como también,

coordinar la gestión integrada de instrumentos y las facultades reguladoras de la autoridad, con adecuados mecanismos de participación (Peña, 2020).

Un organismo único de gestión hídrica a nivel de cuenca que cuente con la legitimidad, la información y la capacidad técnica y legales para tomar decisiones. Capaz de romper con la inercia del sistema tradicional de gestión hídrica basado en un modelo jerárquico y centralizado, que se opone a los modelos bidireccionales de gestión que recogen las propuestas desde los territorios e implementan políticas desde los servicios públicos.

En relación a las prioridades o desafíos que debe abordar una organización de cuenca, podemos tomar en consideración los resultados de la encuesta de la Mesa Nacional del Agua. Estos son: la "Conservación de fuentes naturales de agua", "Mejorar las leyes relacionadas con el agua" y la "Propiedad de las aguas" (MOP, 2020).

Adicionalmente, se debe crear un Sistema Integrado de Gestión Hídrica que permita compilar y sistematizar toda la información oficial existente a nivel de cuenca, lo que implica una importante inversión económica gubernamental en información, conocimiento y herramientas sobre el agua. El conocimiento y la información son la base que sustenta la gobernanza, por lo tanto, el énfasis no debe estar solo en el levantamiento de datos, sino también en los servicios de acceso y en la forma en que se presentan y comparten dichos datos. Es decir, resulta fundamental que los distintos actores involucrados puedan comprender la información, de manera que les resulte útil en los procesos de toma de decisión (ver Figura 2-29) (BM, 2021).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-29. Esquema de Gobernanza de cuenca.

2.7.2 Antecedentes para la Gobernanza de Cuencas con Salares con Potencial Explotación de Litio

En Chile, la primera normativa legal sobre el litio data de los años 60, que la consideraba una sustancia de interés nuclear y, por tanto, le otorgó a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CChEN) la facultad de autorizar la explotación del recurso. Por su parte, la constitución del año 1980, en su artículo 24, N°19, garantiza el derecho de propiedad en sus diversas especies sobre toda clase de bienes corporales o incorporales, estableciendo en su inciso 6° que el Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todos los salares. La ley orgánica constitucional 18.097 sobre concesiones mineras, dispone que el litio no es susceptible de concesión minera. Lo que se complementa con la ley 18.248 del Código de Minería, promulgada el año 1983, que establece que el litio no es susceptible de concesión minera.

De tales disposiciones legales, se deriva que la exploración y/o explotación del litio podrá ejecutarse directamente por el Estado, mediante sus empresas, o, en su defecto, por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación otorgados a privados, bajo los requisitos y condiciones que el Presidente de la República fije por decreto supremo.

Este escenario normativo sobre la explotación del litio en los Salares de Chile se relaciona con un creciente interés y demanda impulsado por el acelerado desarrollo de la electromovilidad que requieren de este recurso para sus baterías. A consecuencia de ello, la producción de litio se hace masiva en el Salar de Atacama, que, por sus condiciones especiales, permite la producción de Carbonato de Litio a costos muy competitivos a nivel mundial.

Este boom del litio ha generado que el Estado haya comenzado a generar evaluaciones y estudios tanto de los salares andinos existentes en el país y el potencial de explotación de litio que éstos tienen. Es así como se ha determinado que en Chile existen del orden de 60 salares en el norte del país, distribuidos en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama y que en conjunto contienen principalmente sales de litio, potasio, boro y sodio.

En la cuenca del presente PEGH se identifican cinco (5) salares con potencial extracción de litios. Estos son: i) Pujsa, ii) Loyoques - Quisquiro, iii) Aguas Calientes Centro o 2, iv) El

Laco, y v) Aguas Calientes Sur o 3. Sobre estos salares existen concesiones mineras a privados, por lo que el tema de la gobernanza y su incorporación en la formulación del plan de gestión debe ser analizada.

La Comisión Nacional del Litio, con el objetivo de crear una política pública del litio, ha señalado que los salares del norte de Chile tienen un gran potencial, sin embargo, se debe tener en consideración que los salares constituyen ecosistemas naturales dinámicos, de gran complejidad y fragilidad. En consecuencia, su explotación para la recuperación de los minerales de interés debe ser enfrentada con criterios y metodologías específicas. Lo que se extrae es un líquido, la salmuera, y no un sólido como ocurre en la minería tradicional. Su extracción en un determinado punto del salar puede afectar el comportamiento hidrogeológico de las salmueras del acuífero en pertenencias contiguas. A esta particularidad de explotación se suma el eventual impacto en el salar en su conjunto, dado que el principal riesgo ambiental de la extracción de salmueras es que pueda afectar al ecosistema y los grupos humanos que habitan en el ámbito de la cuenca del salar.

La gobernanza sustentable e inclusiva de los salares debe constituir el principio inspirador de la acción coordinada de los organismos públicos competentes para cumplir el rol normativo, regulador y fiscalizador del Estado sobre las actividades productivas que allí se realicen, para lo cual se requiere de una institucionalidad pública coordinadora, dotada de los recursos y la necesaria especialización técnica y legal en estas materias, que establezca las modalidades de exploración y explotación, los flujos máximos de extracción de salmueras y los programas anuales máximos de comercialización de litio.

La gobernanza debe tener la capacidad de recopilar, analizar y actualizar la información científica de los salares necesaria para el cabal conocimiento de sus características y los requerimientos de su protección, recibiendo la información disponible en las entidades públicas y privadas relacionadas con la explotación de los salares, completarla en lo que sea pertinente y mantenerla actualizada. Además, debe comprender la gestión de los conflictos sociales y ambientales que se pueden generar por la explotación de los salares.

2.7.3 Discurso de Actores Locales sobre la Gobernanza

En la presente sección se presentan las principales problemáticas, requerimientos o ideas en relación -directa o indirectamente- con la gobernanza de los recursos hídrico expresada por diversos actores vinculados a la gestión del agua en la cuenca Endorreica entre

Fronterizas y Salar de Atacama (para más detalles ver Capítulo 1 Recopilación de Antecedentes en el "Anexo I: Actividades PAC").

Un primer antecedente es el "Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos (PEGRH), Región de Antofagasta" (Arrau, 2012), cuyos participantes expresaron lo siguiente:

- Falta una visión macro en la planificación, que incluya los valores tradicionales. Falta la aplicación del conocimiento ancestral en el manejo del ecosistema.
- El PEGRH debe informar a los pueblos indígenas sobre las características y cantidad del recurso hídrico existente.
- Realizar estudios focalizados en los cauces superficiales y acuíferos, sobre la propiedad actual de los derechos de aprovechamiento de aguas. Estudios, en los que se deberá analizar la forma efectiva de involucrar a las comunidades.
- Faltan mecanismos de protección de los derechos consuetudinarios de los pueblos indígenas. Se debe impulsar la devolución de las aguas dulces a los pueblos indígenas para iniciar procesos de recuperación ecológica de sus territorios y resolver las consecuencias sociales y medioambientales de las políticas extractivas.
- Hacer valer los derechos indígenas señalados en el Convenio N°169 de la OIT.
- Fortalecer el vínculo de la Dirección General de Aguas (DGA) con los distintos actores presentes, particularmente con los actores comunitarios como las comunidades indígenas.
- Potenciar la contribución que realizan las comunidades indígenas de la parte alta de la cuenca a la mantención de los ecosistemas naturales y los servicios ambientales que estos ecosistemas prestan en el contexto de la gestión de los recursos hídricos.
- Estudiar la factibilidad de apoyar la conformación y/o fortalecimiento de organizaciones de usuarios de aguas que tomen en consideración la forma de administración ancestral (comunitaria) de las comunidades indígenas en torno del agua. Sin desconocer la complejidad de iniciar una tarea de este tipo -particularmente, desde el punto de vista normativo-, parece relevante para la generación de confianzas con las comunidades indígenas, al menos realizar los esfuerzos necesarios en esa dirección.

Posteriormente, los participantes en el "Plan Estratégico de Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta", (Arcadis, 2016) reiteran su necesidad de reconocimiento de los pueblos indígenas en el territorio y de implementar de manera recurrente la consulta indígena, entre otros aspectos. A continuación, se señalan las principales ideas en relación a la gobernanza:

- La necesidad de reconocer que este territorio es indígena y que, por tanto el Estado de Chile debería revisar la aplicabilidad del Código de Aguas.
- La realización de procesos de consulta a las comunidades indígenas acerca de los proyectos y las decisiones que los afectan.
- Definir si se prioriza como actividad económica el turismo o la agricultura.
- Fortalecer la fiscalización del uso del recurso hídrico, incluyendo a la comunidad en la realización de la fiscalización.
- Definir participativamente, cuándo, cómo y en qué circunstancias fiscalizar.
- La necesidad de estudios que den cuenta de la calidad y cantidad del agua disponible en las cuencas de la Región y que estén disponibles para las comunidades.
- La necesidad de establecer como meta la disponibilidad de agua potable para todos los habitantes de la Región ya sea proveída por las empresas sanitarias, como por los sistemas de APR.

Otras ideas o planteamientos relacionados con la gobernanza fueron expresados por los miembros del Consejo Directivo del ADI Atacama La Grande (2015-2020), en cuyo interior se encuentra la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

- Se propone que la administración del patrimonio se haga desde las comunidades indígenas. Se necesita un grado de participación activo dentro del proceso de medición y monitoreo ambiental.
- Mencionan "Desde que se viene a las reuniones se habla de compromisos y no pasa nada, y pasan 4 años y los mismos problemas se le plantean nuevamente. Se necesita que una persona o entidad haga seguimiento a los acuerdos para que realmente se cumplan y se concreten las cosas".
- Se señala la necesidad de tener cosas concretas, con plazos y en los temas de interés de las comunidades indígenas. Las comunidades deberían ser capaz de convocar a la ADI de manera extraordinaria sin el Intendente que la presida.

- Para avanzar con las problemáticas se necesita saber cuánta agua se extrae y cómo se fiscaliza la extracción del agua en el oasis y se requiere un monitoreo permanente que evalúe el estado actual del oasis y que oriente mediciones para su sustentabilidad. Este es un tema que preocupa día a día y se solicita un trabajo responsable para el cual el Consejo de Pueblos Atacameño (CPA) facilita su equipo técnico para que esta información se pueda abordar con seriedad.
- Se requiere contar con un plan de información fiable de lectura de caudales, porque en los últimos años hay un vacío de información.
- Las comunidades indígenas no están en contra del desarrollo económico del país, muy por el contrario, queremos que avance porque nosotros así también avanzamos, pero queremos que avance con pertinencia, con consultarle a las comunidades lo que quieren, cómo es su desarrollo.
- En relación al área de desarrollo indígena (ADI) Atacama La Grande se ve que es un territorio degradado y claramente hay un abandono del Estado.

Adicionalmente, en el marco de una observación ciudadana al proyecto de continuidad operacional de la Compañía Minera Zaldívar (CMZ), la comunidad de Peine señaló "la necesidad de desarrollar e implementar un mecanismo de gobernanza participativo, una mesa territorial participativa, con mecanismos de resolución de controversias, presupuesto, responsables y esquema de monitoreo y evaluación para el desarrollo de propuestas de mitigación y/o compensación generadas por los impactos que se identifiquen participativamente" (CMZ, 2018: Observación Ciudadana Comunidad de Peine).

En el año 2018, el presidente de la Comunidad Atacameña de San Pedro de Atacama ha señalado que "actualmente no podemos hacer un análisis detallado de los flujos de agua, trabajamos sólo bajo supuestos. Necesitamos realizar un modelo hidrogeológico para ver realmente cómo funciona el Salar de Atacama" (El Mercurio de Calama, 1/11/2018: pag.5).

Preocupación que coincide con los resultados del Proyecto para los Servicios Ecosistémicos (ProEcoServ) que señala la necesidad de aumentar el monitoreo ambiental que permita la validación de un modelo integrado de los recursos hídricos y los servicios ecosistémicos, mediante monitoreos en línea y mediciones participativas, con el fin de obtener una gestión sustentable y una gobernanza multisectorial basada en la transparencia, el aprendizaje colectivo y la confianza entre los diferentes actores (CEAZA, 2015).

Por último, destacamos la intervención de doña Ana Ramos S., Presidenta de la Comunidad Atacameña de Solor, en la Asamblea N°60 de la ADI Atacama La Grande:

“Nosotros como personas, y como pueblos hemos crecido. Ya no estamos buscando el asistencialismo, ya no buscamos que ustedes nos vengan a enseñar porque nosotros hemos logrado no solo leer, sino también entender lo que usted nos quiere enseñar. Nosotros sabemos que en algunos casos hemos descendido en conocimiento, y en base a la experiencia y el conocimiento ancestral es que estamos tratando de avanzar. Es super importante y relevante que ustedes, como autoridades, consideran que sin nosotros no pueden hacer su trabajo. Y a partir de esto yo valoro el diálogo, pero ese diálogo debe ser respetuoso, ese diálogo no puede pasar a llevar. Yo quiero que trabajemos en lo que nosotros queremos, porque el gobierno debe trabajar para el pueblo, lamentablemente el gobierno trabaja para intereses personales, esa es una realidad a nivel país en una serie de cosas. Si no tenemos una comunicación honesta no vamos a poder avanzar, acá todos soñamos con un día mejor, todos queremos un mejor futuro y solo lo podemos construir si vamos a trabajar en conjunto como pueblo indígena siempre hemos estado dispuestos a trabajar y tenemos esa capacidad de perdonar” (Asamblea N°60 de la ADI Atacama La Grande).

Creemos que esta alocución sintetiza perfectamente la memoria colectiva expresado en un relato histórico compuesto por relaciones de anterioridad (“ayer”), relaciones de simultaneidad (“hoy”) y relaciones de posterioridad (“mañana”). En este caso el discurso nos muestra un tiempo pasado en que las comunidades esperaban ser asistidos por el Estado, un tiempo de timidez. Seguido de un tiempo presente de empoderamiento, donde la sabiduría y la autoridad moral está del lado de las comunidades, las que incluso, son capaces de perdonar y acoger a un aparato estatal desorientado y con su historial de abusos. Este es el tiempo de recuperar lo perdido. Finalmente, se visualiza un mañana donde las comunidades han recuperado la capacidad de decidir sobre su territorio y son capaces de compartir su sabiduría ancestral al resto de la sociedad. Este es el tiempo de progresar y compartir.

2.7.4 Mapa de Actores

El Mapa de actores es una herramienta que permite reconocer las estructuras sociales y/o redes de relacionamiento social de un determinado territorio, mediante la identificación de actores sociales clave o stakeholder, los que pueden ser personas, grupos u organizaciones que tienen interés en un proyecto o programa, y tienen la capacidad de influenciar

significativamente su ejecución. Es decir, son actores que tienen algo que ganar o perder, y poseen información, recursos y experiencia. En otras palabras, el actor social clave es un generador de acción o de relación social, que opera siempre con orientaciones, motivos, expectativas y fines, dentro de una situación determinada. Por lo tanto, los actores sociales o *stakeholders* se identifican y definen en relación a un aspecto específico de la realidad.

En este caso, un proceso de transformación de la gestión hídrica de la cuenca desde un modelo enfocado en el aprovechamiento hacia otro orientado a la gestión integrada de cuenca, se relaciona con diversos tipos de actores sociales clave. En el caso de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama se identificaron cinco (5) tipos de actores:

- Actores Públicos: Aquellos dependientes del Gobierno y/o el Estado de Chile, e incluye a los funcionarios de los distintos ministerios, servicios públicos, gobiernos regionales y municipalidades.
- Actores Político: Incluye autoridades electas como alcaldes, concejales, gobernadores y/o parlamentarios relacionados de manera directa o indirectamente con la cuenca.
- Actores Privados: En esta categoría se incluyeron aquellos actores vinculados a la transformación de los recursos naturales en productos esenciales, a gran y mediana escala en la cuenca.
- Actores de la Sociedad Civil: Se consideran en esta categoría a todas aquellas organizaciones formales e informales que buscan influir en la toma de decisiones en el ámbito público. Se incluyen a las organizaciones de regantes, a las OUAs, los Comité de Agua Potable Rural (APR), las Comunidades Indígenas y sus distintas formas organizacionales, las Juntas de Vecinos u otras formas de organización territorial formal o informal (ej. agrupaciones medioambientales, agencias turísticas, colectivos territoriales, etc.).
- Actores Académicos, Profesionales y/o Técnicos: Esta tipología incluye a las universidades, centros de estudios, colegios profesionales, ONG, consultoras, investigadores, asesores y/o expertos.

Para la identificación de los actores claves del proyecto, se consideró, en primer lugar, los procesos participativos de los planes previos (Arcadis, 2016; Arrau, 2012) y las actas del consejo directivo de la ADI Atacama La Grande (2015-2020). Posteriormente, se realizó un cruce con la caracterización social y cultural de la cuenca (ver capítulo 2.6 Caracterización Socio Cultural) lo que permitió establecer que algunos de los actores no tienen una relación

directa con la cuenca en estudio o no presentar discursos asociados. Por lo tanto, son considerados actores no relevantes y han sido excluidos del listado de *Stakeholders* o Actores Relevantes. Adicionalmente, se incluyeron otros no identificados previamente a partir de la revisión de documentos complementarios y/o antecedentes recopilados en redes sociales y medios de comunicación. Se recuerda que el Mapa de Actores es un proceso iterativo, de constante actualización (para más detalles ver Capítulo 1.6 Actores Participantes en Procesos PAC en el Anexo I. "Actividades PAC"). A continuación, se presenta el listado de actores identificados para la cuenca en estudio:

Actores Públicos:

- DGA MOP, Región de Antofagasta.
- DOH MOP, Región de Antofagasta.
- SEREMI Medio Ambiente, Región de Antofagasta.
- Oficina San Pedro de Atacama CONADI MDSyF, Región de Antofagasta.
- CNR MINAGRI, Región de Antofagasta.
- INDAP MINAGRI, Región de Antofagasta.
- CONAF MINAGRI, Región de Antofagasta.
- SAG MINAGRI, Región de Antofagasta.
- SERNATUR MINEFT, Región de Antofagasta.
- Gobierno Regional (GORE), Región de Antofagasta.
- Fundación de Cultura y Turismo de San Pedro de Atacama (FCyT-SPA).

Actores Políticos:

- Gobernador, Región de Antofagasta.
- Alcalde, IMSPA.
- Concejales, IMSPA.
- Consejero Nacional Atacameño, CONADI.

Actores Privados:

- Exploraciones, Inversiones y Asesorías Mundo S.A.
- Compañía Minera del Pacífico S.A.- Minera El Laco.
- Dovalle Farmaceutica Minera de Chile y Cia. Ltda.

Actores de la Sociedad Civil:

- Comunidad de Toconao.

- Comunidad de Talabre
- Comunidad de Camar.
- Comunidad de Socaire.
- Comunidad de Peine.
- Asociación Consejo de Pueblos Atacameños (CPA)

Actores Académicos, Profesionales y/o Técnicos:

- CICITEM - Centro Científico Tecnológico Región de Antofagasta.

A continuación, en la Tabla 2-13 se presenta la categorización de cada uno de los actores sociales relevantes identificados en la cuenca en estudio y su respectiva valoración según el grado de influencia e interés; utilizando las categorías de "Alto" y "Bajo". El grado de interés se pondera según la participación del actor en los diversos procesos participativos en relación a la gestión del agua. Para ello se consideró si el actor participó en los procesos participativos realizados por las consultoras Arrau Ingeniería el 2012 y ARCADIS el 2016, y si participaron activamente en las reuniones de la ADI Atacama La Grande entre los años 2015 y 2020. Mientras que el grado de influencia se establece según el grado de relación del actor con los recursos hídricos y su gestión en la cuenca según sus funciones en la gestión hídrica utilizando los criterios establecidos por el Banco Mundial (BM, 2013).

Tabla 2-13. Matriz de Categorización de los Actores relevantes.

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
DGA MOP, Región de Antofagasta	Pertenece al MOP, su misión es promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, de interés público y asignación eficiente, a la vez debe proporcionar y difundir la información de los catastros y red hidrométrica, con el objeto de contribuir a la calidad de vida de las personas.	Se relaciona principalmente con los servicios públicos como la DOH, MINAGRI y CONADI. Las comunidades manifiestan desconfianza en su accionar, especialmente en lo relativo al otorgamiento de DAA a privados.	Alto	Alto
DOH MOP, Región de Antofagasta	Pertenece al MOP, tiene como misión proveer servicios e infraestructura hidráulica que permita aprovechar el agua y proteger el territorio y a las personas.	Se relaciona con las comunidades que ocupan la cuenca para desarrollar proyectos de infraestructura. Sin embargo, la cuenca en estudio no presenta proyectos de obras hidráulicas en el corto o mediano plazo. La DOH ha tenido una escasa participación en los diversos procesos participativos relacionados con la gestión del agua, y en las reuniones de la ADI Atacama La Grande.	Bajo	Bajo

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
SEREMI Medio Ambiente, Región de Antofagasta	Encargado de la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos. Impulsa el "Plan Nacional de Protección de Humedales", la "Estrategia Regional de Biodiversidad" y el "Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos - PACHA". Liderar la coordinación del "Comité Interministerial de Transición Hídrica Justa", preocupado de los nuevos Consejos de Cuenca	Se relaciona con las comunidades atacameñas, el CPA, CONADI y el Gobernador, a través de las sesiones del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande.	Alto	Alto
Oficina San Pedro de Atacama CONADI MDSyF, Región de Antofagasta	Servicio dedicado al desarrollo integral de las personas y comunidades indígenas, a través de la coordinación intersectorial. En el ámbito de los Recursos Hídricos destaca la compra y/o regularización de DAA en favor de las comunidades.	Se relaciona con las comunidades atacameñas, el CPA y el Gobernador, a través de las sesiones del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande, en la cual oficia como secretaria ejecutiva. Existe una baja valoración de esta institución, debido a su escasa capacidad para solucionar los temas de interés de las comunidades.	Alto	Bajo

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
CNR MINAGRI, Región de Antofagasta	Servicio dependiente del MINAGRI, su principal objetivo es asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país. La cuenca no presenta actividad agrícola.	No tiene proyecto en el área de estudio pero mantiene relación con las comunidades atacameñas que ocupan de manera ancestral la cuenca.	Bajo	Bajo
INDAP MINAGRI, Región de Antofagasta	Apoya a pequeños productores agrícolas mediante acciones orientadas a la generación y fortalecimiento del capital humano, financiero y productivo, tendientes a superar la pobreza y el desarrollo de la agricultura. La cuenca no presenta actividad agrícola.	No tiene proyecto en el área de estudio pero mantiene relación con las comunidades atacameñas que ocupan de manera ancestral la cuenca.	Bajo	Bajo
CONAF MINAGRI, Región de Antofagasta	Administra tres sectores de la RN Los Flamencos ubicados al interior de la cuenca en estudio. Estos son: i) Salar de Tara y Aguas Calientes; ii) Salar de Pujsa; iii) Lagunas Miscanti y Miñiques.	Se relaciona con la comunidad atacameña de Toconao para la coadministración de los sectores de Tara-Aguas Calientes y Pujsa, y con la comunidad atacameña de Socaire para el sector de Miscanti y Miñiques.	Alto	Alto

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
SAG MINAGRI, Región de Antofagasta	Organismo encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería, a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales. La cuenca en estudio presenta una importante actividad de pastoreo ancestral.	El SAG se relaciona principalmente con las personas que poseen animales de pastoreo quienes deben realizar de manera anual la Declaración de Existencia Animal (DAE). Para el año 2018 el SAG registró 8 usuarios en Toconao, 16 en Talabre, 1 en Camar, 41 en Socaire y 15 en Peine.	Bajo	Bajo
SERNATUR MINEFT, Región de Antofagasta	Encargado de promover y difundir destinos y atractivos turísticos nacionales, para contribuir al desarrollo económico, social y cultural de Chile. La cuenca en estudio presenta un gran interés turístico por parte de agencias y operadores, junto con las comunidades.	Este organismo del estado no tiene proyectos para la zona. Sus acciones se vinculan con planes de marketing y difusión enmarcados en el Plan de Turismo Sustentable.	Bajo	Bajo

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Gobierno Regional (GORE), Región de Antofagasta	Tiene por objetivo el desarrollo social, cultural y económico de la región, y se encarga de promover el estudio y desarrollo de programas de desarrollo regional, incluyendo materias de GRH. Lidera la Mesa del Agua, Región de Antofagasta. Pero no tiene atribuciones administrativas y/o legales para la gestión directa de los recursos hídricos, solo a nivel de coordinación intersectorial e instrumentos participativos.	Tiene relación directa con todos los servicios públicos, las empresas privadas y organizaciones territoriales. Destaca relación el CICITEM con quien impulsa el "Diagnóstico Ambiental e Hídrico de los humedales Altoandinos Región de Antofagasta".	Alto	Bajo
Gobernador, Región de Antofagasta	Preside el ADI Atacama La Grande donde se ubica la cuenca en estudio, así como también la Mesa del Agua de la Región de Antofagasta. Pero no tiene atribuciones administrativas y/o legales para la gestión de los recursos hídricos de manera directa.	Se relaciona con las comunidades atacameñas, el CPA y la CONADI a través del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande el cual preside.	Alto	Bajo

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Fundación de Cultura y Turismo de San Pedro de Atacama (FCyT-SPA)	Organismo de carácter privado que trabaja en conjunto con la Municipalidad de San Pedro de Atacama, en iniciativas que se relacionen con la comuna y aporten al Área de Desarrollo Indígena (ADI) de Atacama La Grande, a través de los lineamientos de Cultura, Arte y Patrimonio.	Se relaciona con las comunidades atacameñas para la creación de rutas turísticas en el volcán Lascar (Talabre) y las lagunas de Miscanti y Miñiques (Socaire)	Alto	Bajo
Alcalde, IMSPA	El municipio distribuye agua potable a través de camiones aljibe en los sectores donde ésta no se encuentra disponible. También apoya iniciativas de instalación de nuevas plantas de tratamiento.	Se relaciona de manera directa con la comunidad. Las distintas administraciones han participado de manera frecuente en el Consejo Directivo ADI Atacama La Grande, donde se relacionan con las comunidades atacameñas, el CPA, el gobernador y CONADI.	Alto	Bajo
Concejales, IMSPA	El Concejo debe normar, resolver, y fiscalizar. Por lo tanto, deben aprobar el plan comunal de desarrollo, los programas de inversión, el plan regulador comunal y las concesiones, permisos y licitaciones municipales que impliquen el uso de recursos hídricos.	Algunos concejales participan activamente de las sesiones del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande, donde se relacionan con las comunidades atacameñas, el CPA, CONADI y el Gobernador.	Bajo	Bajo

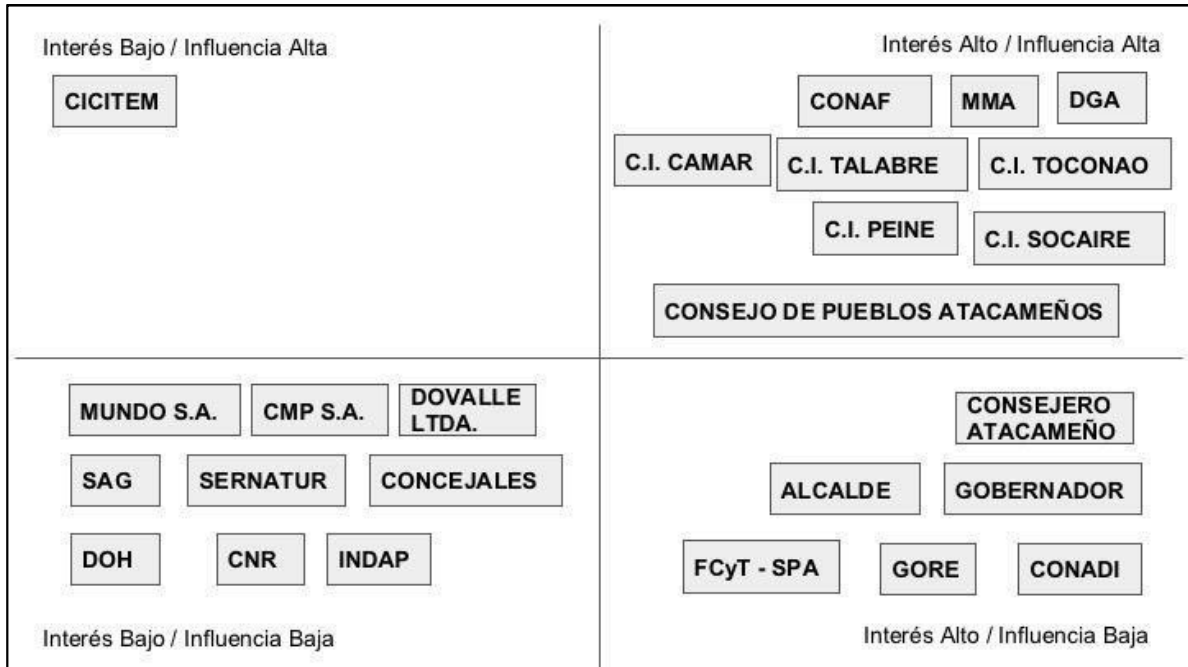
Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Consejero Nacional Atacameño, CONADI	Está encargado de orientar y ejecutar, la acción de la Corporación a favor de las personas, agrupaciones y comunidades atacameñas.	Participa frecuentemente en las sesiones del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande, donde se relacionan con las comunidades atacameñas, el CPA, CONADI y el Gobernador.	Alto	Bajo
Exploraciones , Inversiones y Asesorías Mundo S.A.	Empresa privada con 21 derechos de aguas subterráneos, cuyos caudales otorgados van entre los 3 l/s a 142 l/s, y que suman un total de 1.027 l/s. Estos DAA se ubican en la parte sur de la cuenca.	Se relaciona con los organismos públicos como la DGA.	Bajo	Bajo
Compañía Minera del Pacífico S.A. - Minera El Laco	Compañía Minera con DAA por 0,497 l/s para suministrar agua al campamento El Laco, que se extrae de la aguada El Laco correspondiente a un afloramiento natural de aguas en el Salar El Laco.	Se relaciona con los organismos públicos como la DGA.	Bajo	Bajo
Dovalle Farmaceutica Minera de Chile y Cia. Ltda.	Empresa privada con 1 derecho de aguas subterráneos, por 1,8 l/s en el sector de Loyoques.	No tiene presencia y no fue posible ubicarlos.	Bajo	Bajo

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Comunidad de Atacameña Toconao	Comunidad Atacameña con reclamación territorial en la cuenca en estudio. Administra los sectores del RN Los Flamencos de Pujsa y Aguas Calientes I. Posee DAA en Alitar (130 l/s) y Quepiaco (200 l/s).	Se relaciona con las otras comunidades atacameñas presentes en la cuenca, principalmente a través del CPA. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y con CONADI.	Alto	Alto
Comunidad Atacameña de Talabre	Comunidad Atacameña con reclamación territorial en la cuenca en estudio. Posee DAA en Chamaca (35 l/s) y Río Negro (100 l/s).	Se relaciona con las otras comunidades atacameñas presentes en la cuenca, principalmente a través del CPA. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y con CONADI.	Alto	Alto
Comunidad Atacameña de Camar	Comunidad Atacameña con reclamación territorial en la cuenca en estudio. No posee DAA en el área de estudio.	Se relaciona con las otras comunidades atacameñas presentes en la cuenca, principalmente a través del CPA. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y con CONADI.	Alto	Alto

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Comunidad Atacameña de Socaire	Comunidad Atacameña con reclamación territorial en la cuenca en estudio. Administra el sector del RN Los Flamencos de Miscanti y Miñiques. Posee DAA en Tuyajto (0,33 l/s), Talau (10 l/s) y El Laco (10 l/s).	Se relaciona con las otras comunidades atacameñas presentes en la cuenca, principalmente a través del CPA. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y con CONADI.	Alto	Alto
Comunidad Atacameña de Peine	Comunidad Atacameña con reclamación territorial en la cuenca en estudio. Posee DAA en Chaquisoque (3,4 l/s).	Se relaciona con las otras comunidades atacameñas presentes en la cuenca, principalmente a través del CPA. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y con CONADI.	Alto	Alto

Actor	Descripción y Presencia en tema Hídrico	Relación con otros Actores	Nivel de Interés	Nivel de Influencia
Asociación Consejo de Pueblos Atacameños (CPA)	Organización supra-organizacional que funciona como una entidad "asesora" de las comunidades atacameñas en el tema medioambiental. Cumple funciones de resguardo ambiental en la cuenca de estudio y posee información ambiental.	Se relaciona con todas las comunidades atacameñas presentes en la cuenca y cumple una función de articulación y representación de las organizaciones territoriales frente a los organismos del Estado. Tiene relación directa con el municipio, el Gobernador a través de la ADI Atacama La Grande y la Mesa del Agua de la Región, y con todos los servicios públicos como la DGA, CONADI, CONAF, etc.	Alto	Alto
CICITEM - Centro Científico Tecnológico Región de Antofagasta	Centro de Investigación Científica Aplicada a Soluciones Tecnológicas para la Región de Antofagasta, actualmente impulsa el proyecto "Diagnóstico Ambiental e Hídrico de los Humedales Altoandinos Región de Antofagasta", que contempla la instalación de una o dos estaciones de monitoreo en tiempo real de parámetros de caudal, espejos lacustres y parámetros de calidad.	Se relaciona con el GORE, el MMA y el Consejo de Pueblos Atacameños.	Bajo	Alto

A partir de la valoración de los grados de influencia e interés de los actores sociales relevantes identificados, se elaboró una representación visual de la posición de los actores identificados, presentada en la Figura 2-30.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-30. Diagrama Influencia / Interés de Actores Sociales en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

El diagrama muestra que la mayoría de los actores de la sociedad civil presentan un alto nivel de interés en la gestión hídrica de la cuenca y altos grados de influencia. Destacan las comunidades cercanas a la cuenca (Toconao, Camar, Talabre, Socaire y Peine), la organización indígena supra territorial (CPA) y los servicios públicos como la DGA, el MMA y la CONAF. Este tipo de actores deben ser considerados como actores prioritarios o "actores claves" y requiere de niveles de participación informativo y consultivo, que permita avanzar hacia los niveles más altos de participación; estos son de habilitación o involucramiento, la colaboración y el empoderamiento (IAP2, 2017).

Capítulo 3. Demanda Física y Legal de Diferentes Usos

3.1 Antecedentes Generales

3.1.1 Derechos de Aprovechamiento Totales Existentes en la Cuenca Constituidos y en Trámite. Análisis Integrado

Este análisis debe analizarse a fin de determinar la demanda legal existente de agua en la cuenca en estudio. Un balance adecuado de disponibilidad tiene que ver con los derechos de aprovechamiento constituidos o regularizados, además de los usos no inscritos o informales cuya detección involucra algún grado de complejidad ya que éstos no constan en ningún registro o plataforma de información.

3.1.1.1 Constitución de Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Inicialmente debe señalarse que el Estado permite a los particulares el goce y uso exclusivo y excluyente de un bien nacional de uso público, cómo lo son las aguas, mediante el otorgamiento de un derecho de aprovechamiento, que lo define el artículo 6º inciso 1º del Código de Aguas, como "(...) un derecho real que recae sobre aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código (...)".

Se trata de un derecho real de contenido propio, y que se incorpora al patrimonio de su titular. Se encuentra protegido por la garantía constitucional del derecho de propiedad, según lo establece expresamente el artículo 19 número 24 inciso final de la Constitución Política.

En cuanto a sus características se tiene que es un derecho real, creado por la ley de la misma naturaleza que aquellos que señala el artículo 577 del Código Civil.

Una vez otorgado se incorpora al patrimonio de su titular y no puede ser privado de él por la vía administrativa, es decir, no puede ser dejado sin efecto, por decisión de la propia administración.

Su titular es dueño/a del derecho real y cómo tal puede usar, gozar y disponer de él. Así puede ser transferido por acto entre vivos, como venta, permuta, donación etc., transmitido por causa de muerte, herencia, legado etc., gravarse con hipoteca, arrendarlo etc.

Es un derecho real que recae sobre un bien ajeno. El dominio de las aguas es siempre del Estado, habida cuenta su naturaleza de bien nacional de uso público o bien público, y el titular puede usar y gozar de ellas, pero nunca es dueño/a del agua.

Es un derecho autónomo o principal. No está ligado jurídicamente al bien que están destinadas las aguas, por ejemplo, a un predio agrícola. Así, si se vende el inmueble, sin hacer referencia al derecho de aprovechamiento, la compraventa no lo comprende, acorde con el artículo 317 del Código de Aguas.

Conlleva la facultad de imponer las servidumbres que sean necesarias para su ejercicio (arts. 8° y 25 del Código de Aguas), sin perjuicio de las indemnizaciones correspondientes.

Comprende la concesión de los terrenos de dominio público necesarios para hacerlo efectivo, según lo estatuye el artículo 26 del Código de Aguas.

Su titular está obligado a construir las obras necesarias para su aprovechamiento, so pena de pagar una patente anual a beneficio fiscal, tratándose de derechos sobre aguas superficiales.

Es un derecho real sujeto al régimen de posesión inscrita. El artículo 20 del Código de Aguas precisa que la posesión de los derechos de aprovechamiento se adquiere mediante la inscripción.

El dominio sobre los derechos de aprovechamiento se extingue por las causas y en la forma establecidas en el derecho común y, además, por la renuncia de su titular (arts. 6° inciso final y 129 del Código de Aguas).

3.1.1.2 Regularización de Derechos de Aprovechamiento de Aguas

En cuanto a las regularizaciones de derechos de agua, existen derechos no constituidos por acto de autoridad y que carecen de inscripción conservatoria y de formalización registral. Pero es un derecho sobre el cual se tiene propiedad y, por eso, precisamente, es reconocido, sin embargo, para los efectos de su certeza la ley (Código de Aguas) contempla un mecanismo de regularización que, cumpliéndose ciertos requisitos, permite su posterior inscripción.

En efecto, estos usos, reconocidos como derechos, pueden regularizarse si reúnen los requisitos establecidos en el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas: uso ininterrumpido de las aguas con 5 años de anterioridad a la vigencia del Código de Aguas, es decir al 29 de octubre de 1981, libre de violencia y clandestinidad y sin reconocer dominio ajeno.

Como se dijo, el régimen legal de las aguas distingue dos categorías de derechos de aprovechamiento: los derechos constituidos y los derechos reconocidos. Los primeros como ya se indicó, tienen su génesis en un acto administrativo concesional de la autoridad

pública, con potestades para ello, como el Presidente de la República, el Director General de Aguas, el Director del Servicio Agrícola y Ganadero, etc. A su vez, los segundos, tienen su origen por el uso de facto y/o por situaciones especiales, reconocidas por el ordenamiento jurídico.

Como puede advertirse, los derechos reconocidos no nacen de un acto administrativo de la autoridad. Su existencia se produce al partir del reconocimiento contenido en la ley.

Existen diversos usos de agua que son de hecho, y que la legislación reconoce como derechos, entre otros, los usos consuetudinarios, los usos domésticos, los usos ancestrales de ciertas comunidades indígenas, los usos legales mínimos.

A mayor abundamiento, la jurisprudencia administrativa de Contraloría General de la República, órgano que ejerce el control previo de legalidad de los actos que dicta el Director General de Aguas, ha expresado que dicho servicio al conocer de una nueva solicitud para adquirir el derecho de aprovechamiento, y para los efectos de determinar la disponibilidad del recurso hídrico, debe respetar y no perjudicar los derechos constituidos que están inscritos, sino también aquellos susceptibles de ser regularizados, entre otros, por el artículo 2º Transitorio del Código de Aguas, que faculta a quien los utiliza por cierto tiempo y condiciones para proceder a su inscripción.

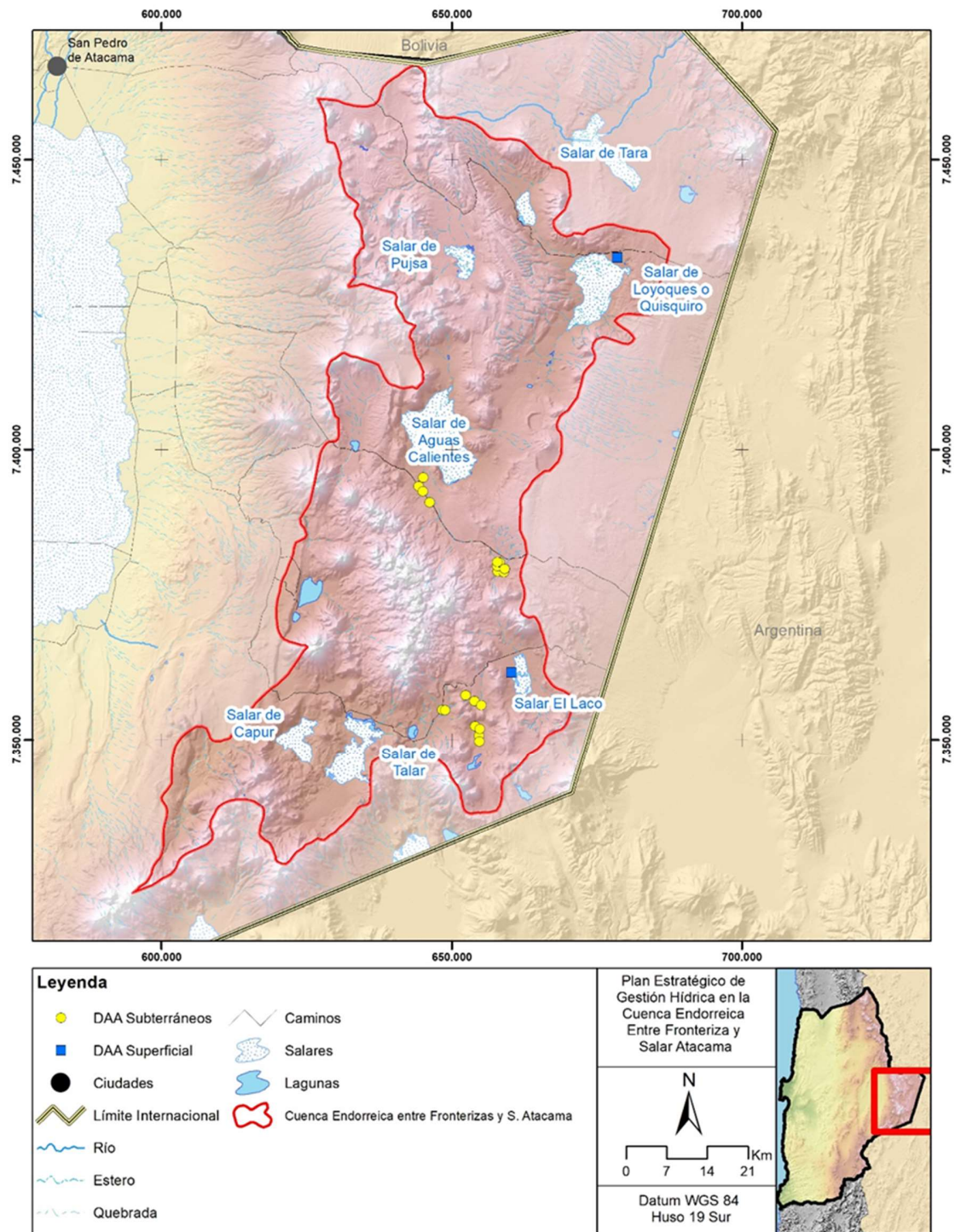
3.1.1.3 Solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Regularizaciones en Trámite

De la revisión de las solicitudes de derechos de agua y de regularización se tiene que actualmente no existen solicitudes de ningún tipo pendientes en la DGA.

3.1.1.4 Solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Regularizaciones Constituidos y con Sentencia Favorable

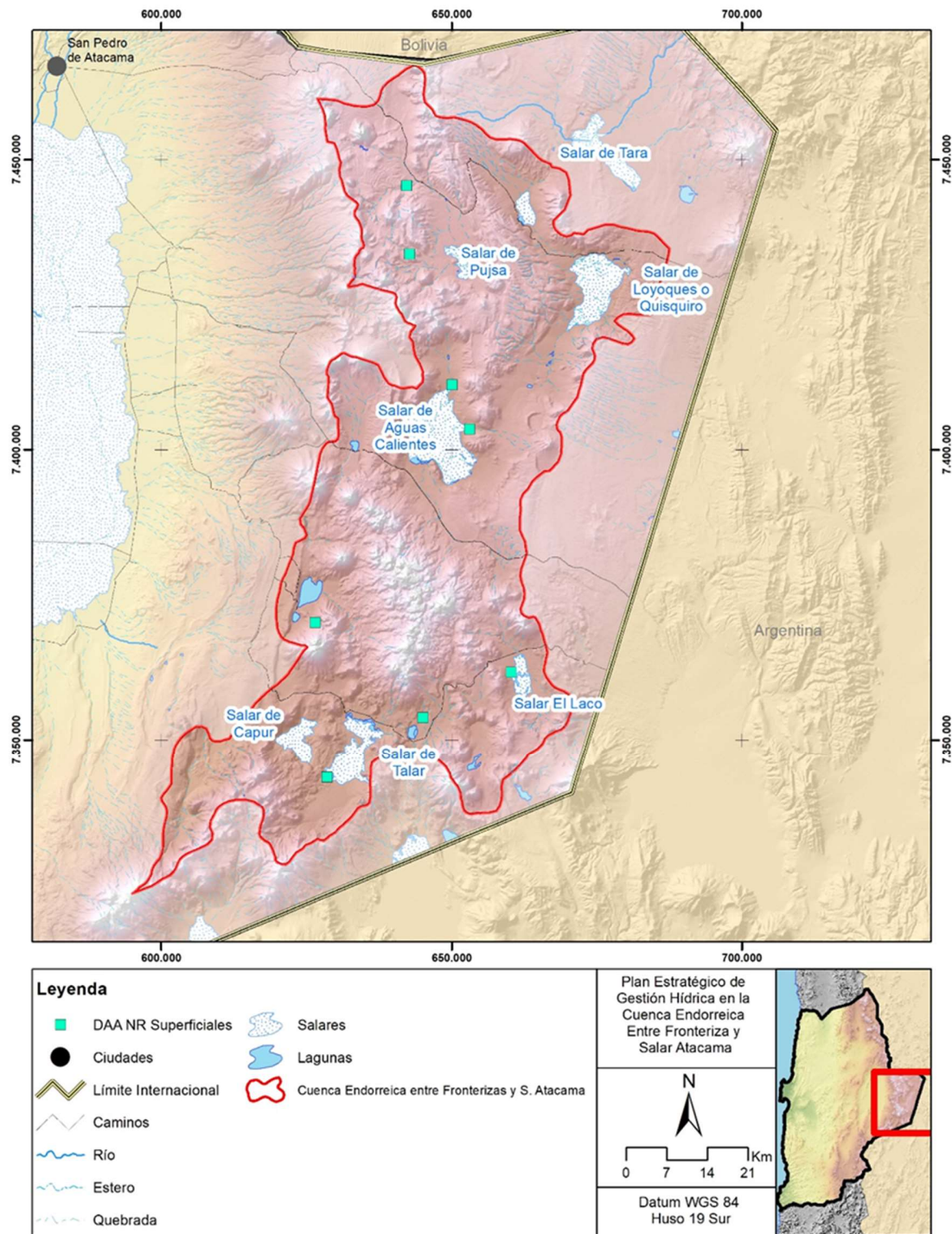
De la información recopilada se tiene que en la cuenca existen derechos de aprovechamiento constituidos de naturaleza subterránea y derechos que fueron regularizados sobre aguas superficiales, estos últimos a comunidades indígenas atacameñas habitantes ancestrales de ese territorio. No existen derechos constituidos sobre aguas superficiales. Los derechos constituidos se muestran en la Figura 3-1 siguiente, y los derechos regularizados se muestran en la Figura 3-2 siguiente.

En la Tabla 3-1 se presenta el listado de los derechos de agua existentes en la cuenca.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2021)

Figura 3-1. DAA constituidos en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2021)

Figura 3-2. DAA regularizados en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Tabla 3-1. Derechos de agua en el área de estudio.

Código	Núm. Solicitud	Nombre Solicitante	Caudal Concedido	Fuente	Tipo	Clasificación	Naturaleza	Ejercicio	Uso del Agua
NR-0202-1378	1	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO	130	Rio Alitar	Consuntivo	Rio/Estero	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-1378	2	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TOCONAO	200	Rio Quepiaco	Consuntivo	Rio/Estero	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-1383	3	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE PEINE	3.4	Vertiente Chaquisoque	Consuntivo	Vertiente	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-2138	1	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TALABRE	35	Vertiente Chamaca	Consuntivo	Vertiente	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-2138	2	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE TALABRE	100	Rio Negro	Consuntivo	Rio/Estero	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-2139	1	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	0.33	Vertiente Tuyajto	Consuntivo	Vertiente	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-2139	2	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	10	Vertiente Talau	Consuntivo	Vertiente	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
NR-0202-2139	3	COMUNIDAD ATACAMEÑA DE SOCAIRE	10	Vertiente el Laco	Consuntivo	Vertiente	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Otros Usos
ND-0202-2370	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	80	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2370	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	33	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2371	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	45	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Otros Usos
ND-0202-2374	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	58	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2374	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	80	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2398	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	45	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2398	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	50	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2399	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	40	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2400	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	35	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2401	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	110	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2402	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	40	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero

Tabla 3-1. Derechos de agua en el área de estudio.

ND-0202-2403	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	30	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2404	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	17	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2404	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	13	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2412	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	17	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2412	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	90	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2413	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	27	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2414	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	142	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2415	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	3	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2415	2	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	2	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2416	1	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	70	Las Gualtatas	Consuntivo	Acuífero	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-712	1	COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.	0.497685	Vertiente el Laco	Consuntivo	Charca-Aguada	Superficial y Detenida	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2745	1	DOVALLE FARMACEUTICA MINERA DE CHILE Y CIA. LTDA.	1.8	Estero loyoques	Consuntivo	Rio/Estero	Superficial y Corriente	Permanente y Continuo	Uso Minero

Fuente: elaboración propia en base al Catastro Público de Aguas (2021)

3.1.1.5 Exploraciones de Agua Subterránea en la Cuenca

El artículo 58 del Código de Aguas dispone que cualquier persona puede explorar con el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas.

Esta disposición, obliga al que la efectúa a sujetarse a las normas que establezca la Dirección General de Aguas, y debe efectuarse en conformidad a normas generales, previamente establecidas por la DGA.

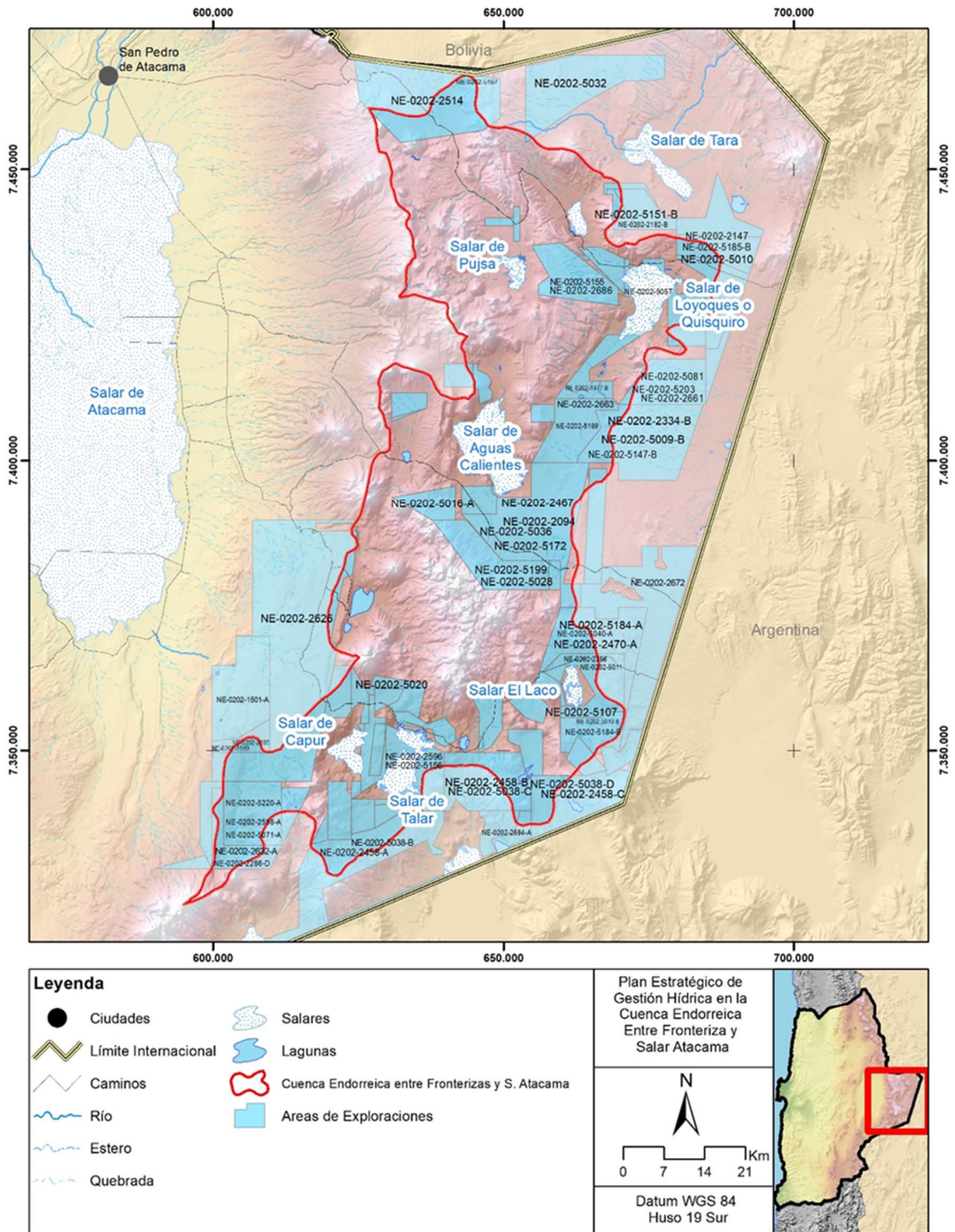
Los trabajos y obras de exploración son necesarios para establecer el potencial hídrico subterráneo. Así, la exploración de aguas subterráneas se enmarca en un procedimiento de investigación del recurso hídrico, y es importante para estudiar no sólo la capacidad de los acuíferos, sino que también para aumentar el conocimiento de las fuentes de aguas subterráneas, tanto en cantidad como en calidad. De este modo, el fin último de la exploración de aguas subterráneas es el de alumbrar aguas subterráneas.

Una vez autorizada la exploración por la DGA, las faenas de exploración, entendidas como todas aquellas labores geofísicas de prospección y/o perforación del subsuelo encaminadas a la detección de aguas subterráneas, deberán iniciarse en un plazo máximo de siete meses contados desde la fecha indicada, lo que debe comunicarse por escrito a la DGA, de lo contrario, ello es causal suficiente para dejar sin efecto el permiso.

Al término de la exploración, el o la titular del permiso deberá presentar un informe completo sobre los trabajos realizados, sus resultados y las conclusiones obtenidas. Este informe deberá presentarse hasta tres meses después de finalizado el plazo del permiso, y su contenido corresponderá a los objetivos señalados en la memoria técnica y en el cronograma de actividades presentado por el o la titular del permiso, siendo obligatorio aun cuando los resultados hayan sido negativos.

Comprobada la existencia de aguas subterráneas en bienes nacionales, la Dirección General de Aguas preferirá al beneficiario del permiso de exploración, para la constitución del derecho sobre las aguas alumbradas durante la vigencia del permiso.

De la recopilación realizada se tiene que se han autorizado 65 exploraciones de agua subterránea las que se distribuyen en la cuenca según se muestra en la Figura 3-3.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2021)

Figura 3-3 Áreas de exploraciones en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

En la Tabla 3-2 se indican las Exploraciones que se han autorizadas en el área de estudio.

Tabla 3-2. Exploraciones en el área en estudio

EXPEDIENTE	AÑO_RES	TITULAR	COD_SUBC	SUBCUENCA
NE-0202-1977	2001	Inversiones El Sauce S.A.	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2040	2002	Exploraciones Mundo S.A.	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-2041	2001	Inversiones y Asesorías en Recursos Hídricos S.A.	243	Laguna Lejia
NE-0202-2094	2001	Inversiones El Sauce S.A.	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2147	2003	María Victoria Quiroga Moreno	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-2148	2004	María Victoria Quiroga Moreno	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-2286	2002	Isabel Arenas Ramírez	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-2334	2003	María Victoria Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2335	2004	Jovita Zimermann Enisman	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2373	2003	María Victoria Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2456	2004	Exploraciones Mundo S.A.	243	Laguna Lejia
NE-0202-2458	2006	César Roberto Alvarado Montealegre	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-2467	2004	María Victoria Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2470	2004	Jorge Zúñiga Devia	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-2514	2007	María Viviana Ordenes Cortés	240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
NE-0202-2519	2004	Exploraciones Mundo S.A.	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-2583	2005	Exploraciones Mundo S.A.	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2596	2005	Exploraciones Mundo S.A.	247	Salar de Talar y Purisunchi

Tabla 3-2. Exploraciones en el área en estudio

EXPEDIENTE	AÑO_RES	TITULAR	COD_SUBC	SUBCUENCA
NE-0202-2598	2005	Exploraciones Mundo S.A.	248	Laguna del Cabo
NE-0202-2632	2005	Isabel Arenas Ramírez	248	Laguna del Cabo
NE-0202-2662	2005	Juan Pablo Barahona Flores	240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
NE-0202-2663	2005	Juan Pablo Barahona Flores	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-2686	2006	Inversiones El Encuentro Ltda.	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-2695	2007	Jorge Alberto Vega Varas	248	Laguna del Cabo
NE-0202-2696	2007	Exploraciones Mundo S.A.	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5004	2006	María Viviana Cortés Ordenes	243	Laguna Lejia
NE-0202-5009	2006	Sociedad Agrícola Las Acacias del Aconcagua S.A.	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5010	2006	Inversiones Arlequín Limitada	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5011	2006	María Viviana Cortés Ordenes	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5015	2006	María del Carmen Vega	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5016	2006	María Victoria Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5020	2006	Exploraciones Mundo S.A.	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-5028	2006	César Roberto Alvarado Montealegre	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5036	2006	María Victoria Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5038	2009	Sociedad Agrícola Los Pinos S.A.	246	Laguna de Tuyajto
NE-0202-5040	2007	Exploraciones Mundo S.A.	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5057	2007	SQM Salar S.A.	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5071	2008	Exploraciones Mundo S.A.	248	Laguna del Cabo

Tabla 3-2. Exploraciones en el área en estudio

EXPEDIENTE	AÑO_RES	TITULAR	COD_SUBC	SUBCUENCA
NE-0202-5107	2009	Inversiones Arlequín Limitada	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5147	2009	María del Carmen Vega	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5148	2009	Jovita Zimmermann Enisman	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5153	2009	Jorge Zúñiga Devia	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5154	2009	Exploraciones Mundo S.A.	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-5155	2009	Inversiones Arlequín Limitada	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5156	2009	César Roberto Alvarado Montealegre	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-5157	2010	César Roberto Alvarado Montealegre	243	Laguna Lejia
NE-0202-5162	2011	Inversiones Arlequín Limitada	240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
NE-0202-5169	2009	Aguas Quilvar Limitada	248	Laguna del Cabo
NE-0202-5172	2009	María Dolores Quiroga Moreno	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5184	2009	Jovita Zimmermann Enisman	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5188	2011	César Roberto Alvarado Montealegre	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5189	2011	Rodrigo Arriagada Astrosa	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5190	2010	Rodrigo Arriagada Astrosa	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5196	2011	César Roberto Alvarado Montealegre	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5199	2011	Rodrigo Arriagada Astrosa	242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
NE-0202-5201	2011	Inversiones Arlequín Limitada	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5202	2011	María Victoria Quiroga Moreno	247	Salar de Talar y Purisunchi

Tabla 3-2. Exploraciones en el área en estudio

EXPEDIENTE	AÑO_RES	TITULAR	COD_SUBC	SUBCUENCA
NE-0202-5211	2010	César Roberto Alvarado Montealegre	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
NE-0202-5213	2011	César Roberto Alvarado Montealegre	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-5215	2011	César Roberto Alvarado Montealegre	241	Salar de Quisquiro
NE-0202-5220	2012	Exploraciones Mundo S.A.	248	Laguna del Cabo
NE-0202-5220	2012	Exploraciones Mundo S.A.	247	Salar de Talar y Purisunchi
NE-0202-5223	2012	Rodrigo Arriagada Astrosa	240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
NE-0202-5235	2012	María del Carmen Vega	243	Laguna Lejia
NE-0202-5246	2012	Jovita Zimmermann Enisman	245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco

Fuente: Elaboración propia en base a revisión DGA.

3.1.1.6 Transferencias de DAA reportadas por el CBR correspondiente

Las transferencias de derechos de aprovechamiento de agua corresponden a un instrumento económico que debiera permitir que el agua se use en otros proyectos en función del valor de mercado del agua

Como una medida de transparencia la ley establece que los Conservadores de Bienes Raíces informen a la DGA de las transferencias de derechos de agua que registren.

En este caso se revisaron las transferencias en la cuenca y se encontró un error grueso de registro de la DGA ya que anoto como transferencia la reducción a escritura pública de la resolución de constitución de derechos de aprovechamiento lo que da señales equivocadas por cuanto no ha habido transferencia de derechos en este caso, sino que solamente se ha inscrito el derecho constituido originalmente por la DGA en el correspondiente Registro de Propiedad de Agua del Conservador.

Se hace presente este error porque si alguien no hace una revisión de lo que la DGA reporta como transferencia podrían duplicarse los valores de derechos en el área en estudio.

En la Tabla 3-3 se muestra lo que equivocadamente la DGA reporta como transferencias.

Tabla 3-3. Reporte de transferencias del CBR

Conservador	Registro Año CBR Actual	Fojas CBR Actual	Número CBR Actual	Tipo de Transacción	Fecha de Inscripción en CBR	Nombre Vendedor	Registro Año Anterior	Fojas CBR Anterior	Número CBR Anterior	Nombre Comprador	Naturaleza del Agua	Caudal Promedio	Unidad de Caudal	Tipo de Derecho	Ejercicio del Derecho	Fuente
CALAMA	2006	7	6	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	40	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	8	7	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	3	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	9	8	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	138	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	DOS POZOS
CALAMA	2006	10	9	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	45	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	11	10	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	27	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	12	11	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	107	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	13	12	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	110	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	14	13	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	13	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	15	14	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	40	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	16	15	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	95	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	17	16	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	70	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO
CALAMA	2006	18	17	COMPRAVENTA	04/03/2006	NO INDICA	1933	28	34	EXPLORACIOS INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S A	SUBTERRANEA	142	L/S	CONSUNTIVO	PERMANENTE Y CONTINUO	POZO

Fuente: Elaboración propia en base a DGA 2021.

3.1.1.7 Cobro de Patentes por No Uso

El Código de Aguas del año 1981 estableció la constitución de derechos de aprovechamiento de agua a privados gratuitos y a perpetuidad, sin que hubiese necesidad de justificar el caudal solicitado, sin informar el rubro productivo relacionado y sin obligación de utilizarlos, lo que generó que una proporción significativa de estos derechos no se explotaran, impidiendo que otros usos alternativos o proyectos de uso efectivo accediesen a ellos.

Por ello, y buscando corregir esta anomalía en el uso eficiente y racional de los recursos hídricos, en el año 2005 se reformó el Código introduciendo el cobro de una patente por no uso a fin de desincentivar la acumulación de derechos por parte de algunos titulares que no les daban un uso a dichas aguas

En consecuencia, el Código de Aguas estableció que se encuentran afectos al pago de una patente anual a beneficio fiscal, los titulares de derechos de aprovechamiento consuntivos o no consuntivos de ejercicio permanente, que no hayan construido las obras de captación para las aguas, y para su restitución, en la proporción no utilizada de los respectivos caudales (artículos 129 bis 4 y 129 bis 5, del Código de Aguas).

Tanto para los derechos consuntivos como no consuntivos de ejercicio permanente, se establece una tabla que determina el monto de la patente a pagar, según los años transcurridos y la ubicación regional de los puntos de captación.

Corresponde a la DGA previa consulta a la organización de usuarios respectiva, determinar los derechos de aprovechamiento cuyas aguas, no se encuentran total o parcialmente utilizadas, al 31 de agosto de cada año, para lo cual debe confeccionar un listado o nómina.

Esa nómina, se materializa en una resolución de la DGA, la que debe publicarse en el Diario Oficial el día 15 de enero de cada año o el primer día hábil inmediato si aquél fuere feriado.

Desde la fecha de su publicación, se entenderá notificada la resolución, contándose desde esa data el plazo de 30 días para deducir recurso de reconsideración o de reclamación (arts. 129 bis 7, 129 bis 10, 136 y 137 de Código de Aguas)

La interposición de los recursos no suspende el pago de la patente, el que debe efectuarse en el mes de marzo de cada año en cualquier banco o institución autorizada para recaudar tributos, salvo que la Corte de Apelaciones ordene la suspensión del cobro (arts. 129 bis 7 y 129 bis 10 inciso final del Código de Aguas).

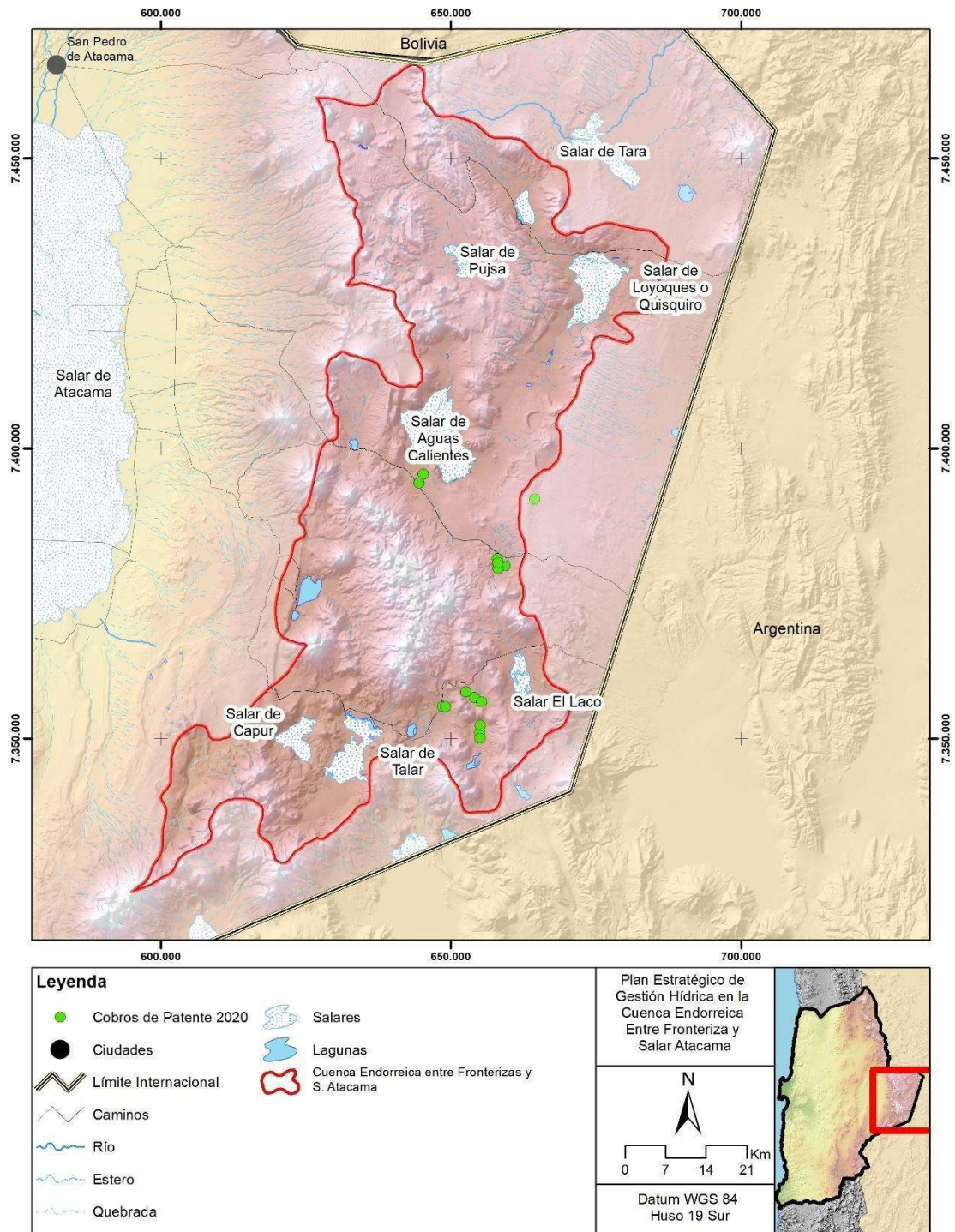
La DGA no podrá considerar como sujetos al pago de patente, aquellos derechos de aprovechamiento para los cuales existan obras de captación de las aguas. Tratándose de derechos no consuntivos, deberán existir también las obras necesarias para su restitución (art. 129 bis inciso 1º, del Código de Aguas)

Las obras de captación y de restitución, deben ser aprobadas por resolución de la DGA, según lo dispone el artículo 157 del Código de Aguas.

Si el titular del derecho de aprovechamiento no paga la patente en el mes de marzo, se inicia un procedimiento ejecutivo para su cobro. El cual comienza con el envío de la nómina de deudores morosos por parte de la Tesorería General de la República, que debe hacerse antes de 1 de junio de cada año a los Juzgados competentes. La nómina constituye el título ejecutivo.

De la información recopilada acerca del proceso de cobro de patentes del año 2020 se tiene el siguiente mapa con la ubicación de los derechos de agua a los que se les cobró patente en el señalado proceso.

El detalle de dichos cobros se adjunta en la Tabla 3-4. Su distribución espacial se presenta en la Figura 3-4.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2020)

Figura 3-4. Ubicación de derechos de agua con cobro de patente en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Tabla 3-4. Cobros de patente por no uso año 2020.

Nº	AÑO	PROPIETARIO(A)	NATURALEZA DEL AGUA	TIPO DE DERECHO	EJERCICIO DEL DERECHO	FUENTE	CAUDAL OTORGADO (l/s)	Nº RES. C. / S.J.	FECHA RES. C. / S.J.	EXPEDIENTE
2321	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	80	137	25-04-06	ND-0202-2370
2322	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	45	45	07-02-06	ND-0202-2371
2323	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	58	47	07-02-06	ND-0202-2374
2324	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	45	436	30-12-05	ND-0202-2398
2325	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	40	429	30-12-05	ND-0202-2399
2326	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	35	180	01-06-06	ND-0202-2400
2327	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	110	434	30-12-05	ND-0202-2401
2328	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	40	438	30-12-05	ND-0202-2402
2329	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	30	134	25-04-06	ND-0202-2403
2330	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	17	132	25-04-06	ND-0202-2404
2331	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	13	431	30-12-05	ND-0202-2404
2332	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	17	432	30-12-05	ND-0202-2412
2333	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	27	435	30-12-05	ND-0202-2413
2334	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	142	439	30-12-05	ND-0202-2414
2335	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	70	430	30-12-05	ND-0202-2416
9816	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S. A	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	33	137	25-04-06	ND-0202-2370
9817	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	80	47	07-02-06	ND-0202-2374
9818	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	50	436	30-12-05	ND-0202-2398
9819	2020	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A	SUBTERRÁNEA	CONSUNTIVO	PERMANENTE	ACUÍFERO	90	432	30-12-05	ND-0202-2412

Fuente: Elaboración propia en base a DGA 2021.

3.1.1.8 Conclusiones

Los derechos existentes en la cuenca principalmente corresponden a derechos y regularizaciones de comunidades indígenas, además de derecho de aprovechamiento subterráneos de personas jurídicas cuyo uso está orientado a actividades productivas no agrícolas y en donde no hay aprovechamientos actuales, salvo la extracción del derecho de la comunidad de Peine al sur poniente de la cuenca.

3.2 Uso Humano

En el área de estudio, como se menciona en el acápite 2.2.4 Antecedentes Demográficos, no cuenta con poblados ni sistemas de APR, en cuanto a consumo asociado a las personas, se tienen que hay sectores de pastoreo de animales en la trashumancia de las comunidades durante el año. Es decir, existiría un consumo por parte de animales domésticos mientras estos son trasladados entre sectores por pastoreo, junto a las personas que dirigen esta actividad.

3.3 Necesidades Mínimas Ambientales

3.3.1 Derechos de Agua para Uso Humano

Analizados los Derechos de aprovechamiento de aguas descargados del catastro público de Aguas de la DGA en la comuna de San Pedro de Atacama no se encontraron derechos de aprovechamiento de agua dentro del área de estudio de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama

3.3.2 Derechos de Agua para el Medioambiente: Caudales Ecológicos

No se registran caudales ecológicos en la cuenca estudiada.

3.4 Demanda Minera

La cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama cuenta con un asentamiento minero en su área, El Laco, correspondiente a un yacimiento de Hierro, el cual, actualmente, no se encuentra en explotación. Este pertenece a la Compañía Minera del Pacífico, cuenta con un recurso estimado de 733,9 millones de toneladas de minerales magnéticos y no magnéticos, con una ley media de 49,2% Fe.

A la fecha el yacimiento no está en funcionamiento. Por otra parte, existe otro proyecto en la cuenca, el proyecto Paloma, está ubicado cerca de la ruta 27, pertenece a la compañía Minera Plata Carina SpA, aún no comienza obras de instalación.

Actualmente la cuenca no presenta demandas de aguas, ya que las operaciones de la minera están detenidas, aunque existen derechos de aguas en la misma, los que podrían extraerse.

3.4.1 Derechos de Agua para la Minería

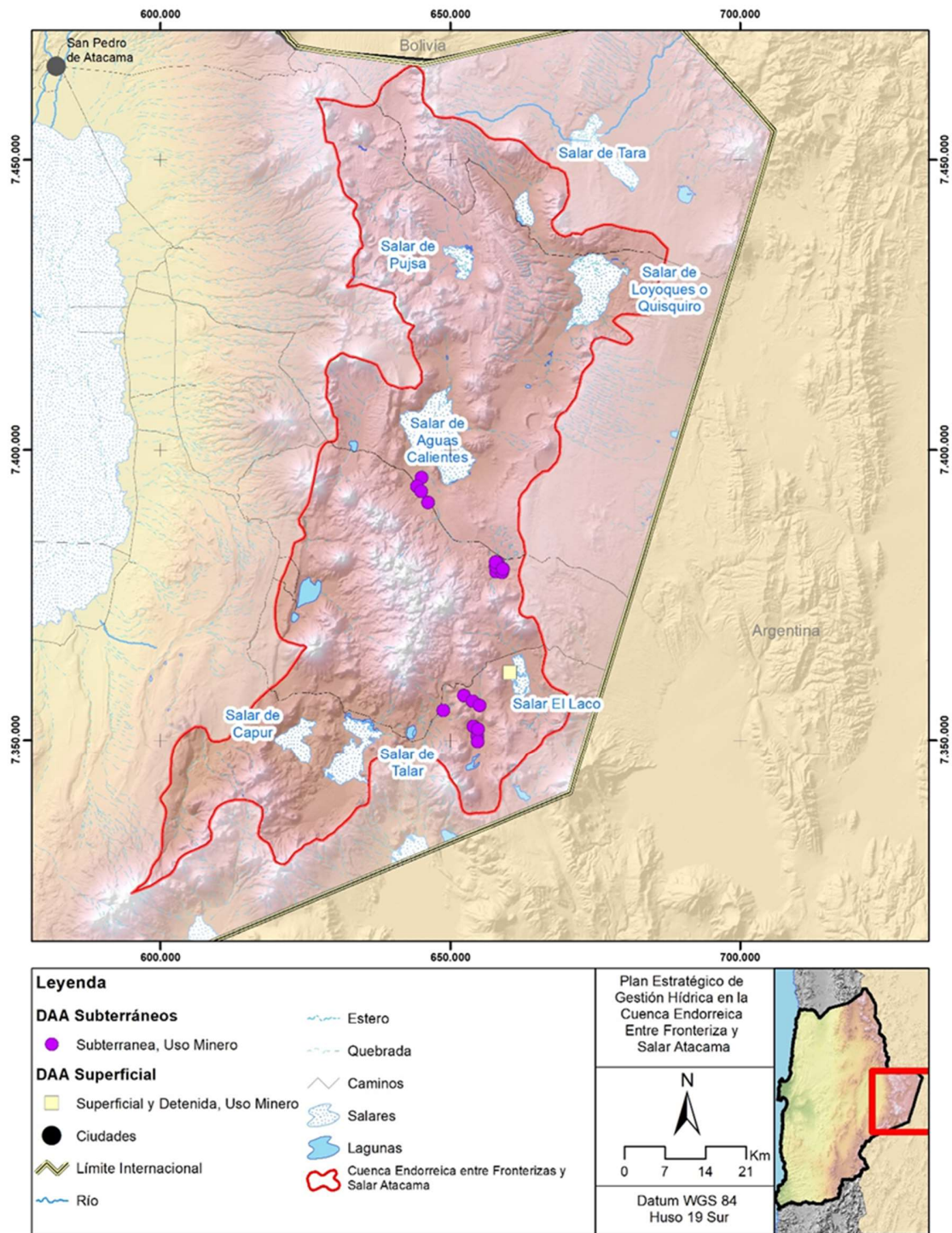
Una vez revisado el catastro público de aguas, se han encontrado un total de 20 derechos de aguas declarados para uso en Minería, de estos derechos uno es superficial y 19 son subterráneos. Se presentan en la Tabla 3-5 y se pueden ver en la figura 3-5

El derecho superficial su titular es la Compañía Minera del Pacífico S.A, y fue solicitado para suministrar agua en el campamento El Laco, se extrae de la aguada El Laco correspondiente a un afloramiento natural de aguas en el Salar El Laco. Se les otorgo un caudal de 0,497 l/s.

Por otra parte, se otorgaron 19 derechos de aguas subterráneos, todos al mismo titular, "Exploraciones, Inversiones y Asesorías Mundo S.A.", cuyos caudales otorgados van entre los 3 l/s a 142 l/s. En la Figura 3-5 se muestra su distribución espacial en la cuenca.

3.5 Demanda Industrial

La cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar Atacama no cuenta con derechos de aguas declarados para uso Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-5. Derechos concedidos, subterráneos y de uso minero.

Tabla 3-5. DAA para uso Minero

Código	Nombre solicitante	Q concedido l/s	Fuente	Tipo de Derecho	Naturaleza	Ejercicio	Uso del Agua
ND-0202-712	COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.	0,497	Vertiente el Laco	Consuntivo	Superficial y Detenida	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2370	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	80	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2370	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	33	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2374	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	58	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2374	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	80	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2398	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	45	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2398	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	50	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2399	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	40	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2400	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	35	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2401	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	110	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2402	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	40	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2403	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	30	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2404	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	17	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2404	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	13	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2412	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	17	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2412	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	90	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2413	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	27	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2414	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	142	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2415	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	3	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero
ND-0202-2416	EXPLORACIONES, INVERSIONES Y ASESORIAS MUNDO S.A.	70	Las Gualtatas	Consuntivo	Subterránea	Permanente y Continuo	Uso Minero

Fuente: Catastro Público de Aguas - DGA.

Capítulo 4. Oferta Hídrica

En el presente capítulo se estima la oferta hídrica de la cuenca, tanto en las fuentes superficiales y subterráneas. Se complementa con la identificación de las restricciones históricas y actuales sobre el uso de las aguas en la cuenca, de forma de establecer un diagnóstico realista de los recursos hídricos que se disponen.

4.1 Agua Superficial

4.1.1 Fuentes Superficiales

4.1.1.1 Identificación de Fuentes

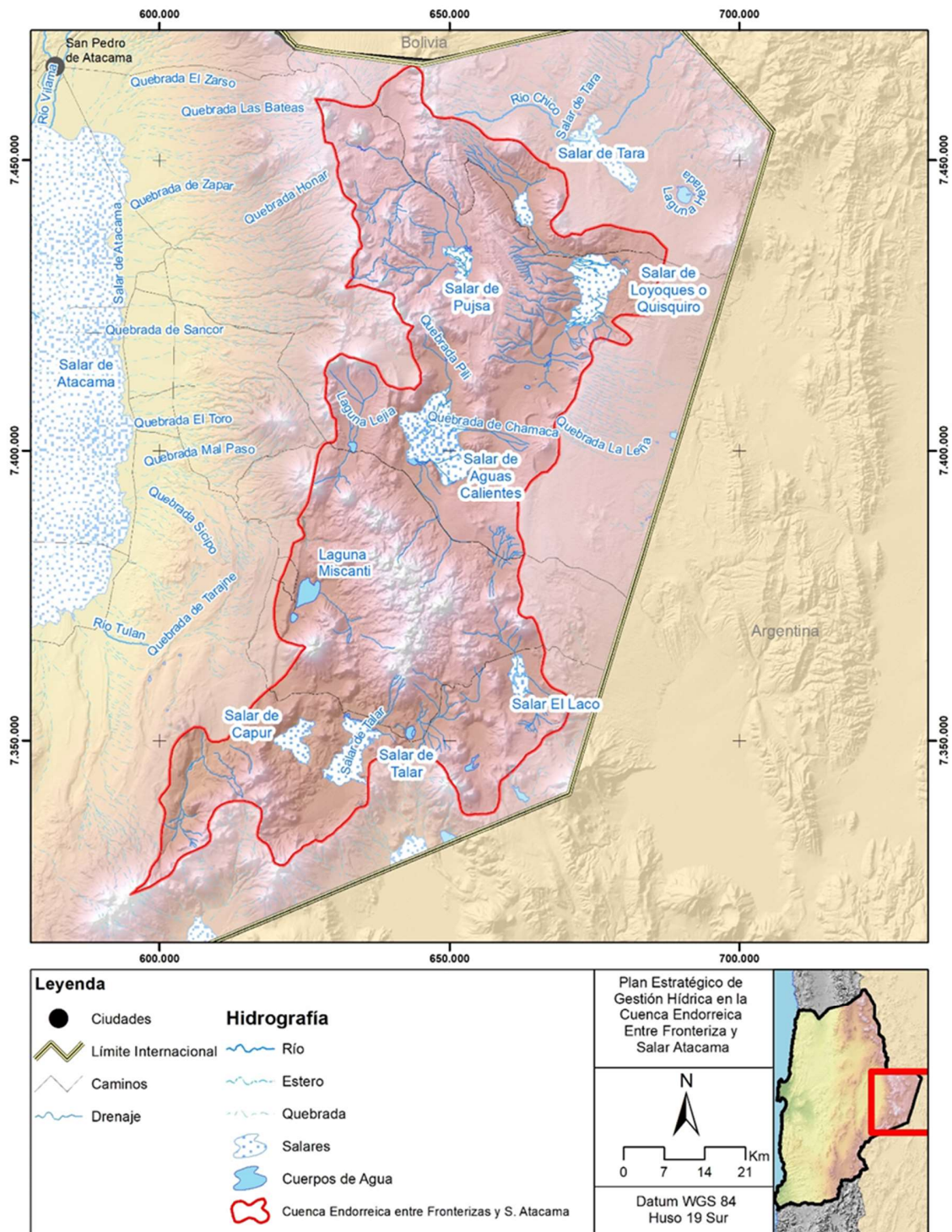
Dado que las precipitaciones en la cuenca estudiada son escasas, estacionales y locales, una fuente importante de recarga corresponde a las precipitaciones estivales, fenómeno conocido como invierno altiplánico o boliviano (Como se señala en Capítulo 2.3.1 Caracterización climática), que afecta principalmente al sector cordillerano, entre los meses de diciembre y marzo. Sin embargo, las altas tasas de evaporación estimadas para la zona tienen como consecuencia una importante disminución en los volúmenes de agua que efectivamente escurren, o logran infiltrar y recargar los acuíferos.

Los principales puntos de descarga corresponden a lagos, salares o depresiones ubicadas en el punto topográfico más bajo de la superficie de la cuenca. Varias subcuencas presentan depósitos salinos denominados comúnmente salares. Los salares son un rasgo hidrográfico presente en la Cuenca Endorreica. Estos se forman producto de la acumulación de aguas en cuencas cerradas presentes en regiones áridas, donde la descarga por evaporación en el largo plazo es mayor que la recarga por precipitación, lo que se describe en detalle en el capítulo 2.1 Salares, Litio y sustentabilidad de las cuencas endorreicas

Se observa en la cuenca un régimen esporádico y estacional de los escurrimientos superficiales, sumado a la topografía abrupta, y las pequeñas áreas de las subcuencas, no permite el desarrollo notable de una red de drenaje permanente. Las escasas precipitaciones estivales infiltran en las cabeceras de los conos aluviales, o se transportan e infiltran rápidamente en la zona de mayor permeabilidad, denominada llanura aluvial. (Cervetto 2012).

A pesar de la ausencia de cursos de agua superficial permanente en el sector, al realizar un mapeo de las principales vertientes estacionales que existen, se tiene que las redes de drenaje se desarrollan esporádicamente, por lo que se mantienen lechos secos durante la mayor parte del año, los que en su mayoría descargan a las lagunas presentes en la cuenca,

como se puede observar en la Figura 4-1. Estas vertientes también son destacadas por lo analizado en los derechos de agua (concedidos, rechazados o regularizados), ya que indican posibles vertientes de intereses para las comunidades indígenas.



Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA (2019) y IDE MMA 2021.

Figura 4-1. Hidrografía de la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Los principales cuerpos de agua identificados corresponden a:

- Laguna Trinchera
- Laguna Lejía
- Laguna Miscanti
- Laguna Minique
- Laguna Tuyajto

También es posible identificar, en segunda prioridad, lagunas que se forman gracias a la interacción salina en los salares, como son:

- Laguna en Salar de Tara
- Laguna en Salar de Pujsa
- Laguna en Salar de Loyoques o Quisquiro
- Laguna en Salar de Aguas Calientes
- Laguna en Salar el Laco

A modo de recopilación, en la Tabla 4-1 se observan las siguientes características para cada laguna.

Tabla 4-1. Lagunas en cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Laguna	Altura [m.s.n.m.]	Superficie de la cuenca [km ²]	Superficie de las lagunas [km ²]	Precipitación [mm/año]	Evaporación potencial [mm/año]
Laguna Trinchera	4.290	59	0,3	200	1.500
Laguna Chivato Muerto	4.295	41	0,03	200	1.500
Laguna Lejía	4.325	193	1,9	150	1.500
Laguna Miscanti	4.120	303	13,4	180	1.500
Laguna Miñiques	4.120	27,5	1,6	180	1.500
Laguna Tuyajto	4.010	245	2,9	180	1.500

Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a DGA, 1999

El detalle de cada laguna se puede revisar en Anexo J.4.

4.1.1.2 División Administrativa

La cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama tiene una superficie de 5.307,8 km² y se divide en 9 subcuencas, las cuales se presentan en la Tabla 1-1 y en la Figura 1-

2. Todas estas subcuencas son cerradas y corresponden a cuencas sedimentarias formadas en altura (en su mayoría sobre los 4.000 m.s.n.m. debido al tectonismo y a la actividad volcánica existente en esas latitudes),

4.1.1.3 Restricciones de Uso sobre Fuentes Superficiales

En la cuenca en estudio no se han declarado restricciones tales como decretos de reserva, agotamiento de las aguas superficial y/o zonas de escasez hídrica.

4.1.2 Oferta en la Fuente

La oferta en la fuente fue determinada por el modelo numérico desarrollado durante el presente estudio. No es posible generar curvas de probabilidad de excedencia con datos instrumentales, ya que no existen controles fluviométricos en la cuenca estudiada, por lo que la oferta será entregada por el modelo.

4.1.3 Calidad Actual en Fuentes con Información

En la cuenca de estudio no existe una red de estaciones de monitoreo de calidad de agua de la red hidroquímica de la DGA, es decir, no se cuenta con información histórica de mediciones de parámetros físico-químicos.

Para poder caracterizar la calidad de agua en los principales cuerpos de agua de la cuenca, en primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica de estudios previos realizados a nivel regional y local y en una segunda instancia, se realizó una campaña de monitoreo en terreno, durante los meses de agosto y septiembre del año 2021. En esta campaña se tomaron muestras de 50 puntos (17 aguas superficiales y 33 aguas subterráneas) para analizar la calidad hidroquímica de las aguas de la cuenca, cuyos resultados se presentan en el acápite 4.1.3.2.

4.1.3.1 Revisión Bibliográfica

Para lograr caracterizar la calidad de agua en los principales cuerpos y cursos de agua de la cuenca se realiza una revisión de los siguientes estudios:

- i. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de La Zona Norte de Chile, DGA 2009.
- ii. Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, DGA 2012.
- iii. Plan Estratégico de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta, DGA 2016.
- iv. EIA proyecto Pampa Colorada

Dentro de los cuerpos de agua que se analizan en los estudios citados, las que se encuentran en el área de estudio son: Salar de Tara, Salar de Pujsa, Salar de Aguas Calientes 1, 2 y 3, Salar de Loyoques, Laguna Lejía, Laguna Miscanti, Laguna Miñiques, Laguna Tuyajto, Salar El Laco, Pampa Colorada y Pampa Las Tecas, Salar de Capur.

Estos estudios analizaron de manera conjunta la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, realizando muestreos en todos los manantiales que se vierten en las cuencas cerradas para tener una idea preliminar de la calidad química de las aguas en las partes más altas de las cuencas de drenaje.

Los componentes considerados en los estudios mencionados son HCO^3 (o alcalinidad), Cl, SO^4 , NO^3 , B, As, Na, Li, Ca, Mg, y STD (salinidad total). Sin embargo, solamente unos pocos componentes determinan efectivamente la calidad de aguas de la Cordillera Andina del norte chileno. Según el estudio "Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta" (DGA,2012) los componentes que intervienen mayormente en la limitación de calidad de aguas para riego son la salinidad (1.000 mg/L), el boro (0,75 mg/L) y el arsénico (0,100 mg/L), siendo el boro el principal limitante para aguas de riego según la NCh 1.333 en el norte chileno.

En estos estudios se realizó un análisis hidrogeoquímico de las aguas superficiales y subterráneas que consideró distribución y rangos de valores de temperatura, pH y CE, junto con las concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios, además se determinó la calidad de las aguas en relación a las normas chilenas de agua potable (NCh 409) y de riego (NCh 1.333).

Según la información presentada en estos estudios en general la calidad natural de las aguas de la región varía de una buena calidad, en el sector altiplánico fronterizo, a una calidad regular de las aguas en el sector precordillerano del Salar de Atacama. La mala calidad del agua se expresa en altos contenido de arsénico, lo que impide que sea agua apta para el consumo humano, además de otras fuentes con presencia de boro, lo que hace que el agua no sea apta para la actividad agrícola. (DGA,2016)

Finalmente, en este estudio se mencionan algunas características importantes de la calidad en los principales cuerpos de agua objetos de protección ambiental. Por ejemplo, en los salares de Aguas Calientes 1, 2 y 3 el agua aportante no puede ser aprovechada para uso de agua potable o agrícola ya que el agua menos concentrada tiene exceso de sodio, cloruro, salinidad y sobre todo de arsénico (10 veces por encima de la NCh 409).

En el caso de los Salares de Pujsa, Salar de Tara, Laguna Helada, Laguna Lejía el agua más diluida no tienen la calidad para uso doméstico ya que contiene altas concentraciones de arsénico y el alto contenido de boro limita su uso para riego.

La calidad de las aguas en el salar de Loyoques tienen un exceso de arsénico respecto a la NCh 409, desde 2 hasta 14 veces. Todos los demás componentes presentan concentraciones aceptables para este uso. En cuanto a las aguas de aporte saladas, todas están muy por encima de los límites permitidos para uso potable en varios componentes.

La cuenca de la laguna Miscanti por el contrario tiene excelente calidad y es aquí donde se encuentra la fuente de abastecimiento de agua potable del pueblo de Peine. Las vertientes difusas de los alrededores tienen mucho arsénico para consumo humano, pero las concentraciones de boro son aceptables para la actividad agrícola, por tanto también son utilizadas para estos fines.

Para complementar la información de calidad de agua en la cuenca se revisaron 3 tesis relacionadas con la hidrogeoquímica de las fuentes de agua de ambientes salinos, ellas son:

Capítulo 5. Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de las Cuencas: Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Texas y Salar del Lago, II Región de Chile. Cervetto, M. 2012.

Capítulo 6. Hidrogeoquímica de Fuentes Termales en Ambientes Salinos Relacionados con Salares en los Andes del Norte de Chile. Lagos, L. 2016.

Capítulo 7. Caracterización hidrogeoquímica de la Cuenca del Salar de Atacama y Lagunas Salinas de la Cordillera Occidental, Región de Antofagasta, Chile. Cofré, E. 2018.

En estos documentos se realiza una recopilación y análisis de antecedentes para la caracterización y comprensión de los procesos que controlan la composición química de las aguas tanto superficiales como subterráneas de los sistemas estudiados, se complementa la información con muestreos y análisis químicos e isotópicos, de elementos mayores, elementos menores e isótopos de oxígeno y deuterio. Además, incorporan información de mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos: conductividad, temperatura, pH. En la Tabla 4-2 se presentan las principales conclusiones estudios hidrogeoquímicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca Endorreica en tres Fronterizas y Salar de atacama.

Tabla 4-2. Resumen principales conclusiones de estudios hidrogeoquímicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca.

	Cervetto, M. 2012	Lagos, L. 2016	Cofré, E. 2017
Área de Estudio	Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras/ Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco	Salar del Laco, Laguna Tuyajto, Salar de Aguas Calientes 3 y el Salar de Capur.	Salar de Talar, laguna Tuyajto, laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes 1 y 2, Salar de Pujsa, Laguna Miñiques
N° de Muestreos	23 (15 superficiales)	53 (11 superficiales)	10 (9 superficiales)
Análisis de parámetros	parámetros físico-químicos, tales como conductividad, temperatura y pH; antecedentes hidroquímicos de elementos mayoritarios y minoritarios; antecedentes para los isotopos $\delta^{18}O$ y δ^2H	parámetros físico-químicos, conductividad, temperatura, SDT y pH. elementos mayores, traza, razones isotópicas ($\delta^{18}O$ y δ^2H , δ^7Li , $\delta^{11}B$, $87Sr/86Sr$)	elementos mayores, elementos menores e isotopos de oxígeno y deuterio. Además, se midieron in situ algunos parámetros físicoquímicos: conductividad, temperatura, pH y Eh.
Conclusiones elementos mayores	Sector norte tienen mayores contenidos en calcio, sector Sur son menos cloruradas y tienen proporciones mayores de sulfatos y bicarbonatos.	La mineralogía corresponde principalmente a cloruros sulfatos y fluoruros. Laguna Tuyajto es la única de las 4 cuencas que presenta boratos superficiales (Uralborita).	composición sódica-clorurada 60% a 99% de Cl y 65% a 90% de Na y K
Elementos menores	valores altos de arsénico (>2 mg/L A.Calientes 2, L. Tuyajto y S. el Laco), litio (>120 mg/L L. Tuyajto) y boro (>60 mg/L en A.Calientes 2 y S. el Laco) Incremento lineal de la concentración del Boro con la conductividad. aumento del litio relacionado con el aumento general del total de sólidos disueltos	[Mg en aguas termales son menores en relación con las aguas de lagos salinos (~59 & 7457 mg/L). La [] Sr en aguas termales es baja Sr=2,7 mg/L, mientras que para aguas salinas ésta es alta (Sr=41mg/L, Las []de Li y B en son Li=58,9 mg/L, B=910 mg/L, para aguas de lagos salinos y Li=0,68 mg/L; B=3,2 mg/L, para aguas termales	Li, B y Sr (104 $\mu g/l$) Rb, Se, As y Cs(103 $\mu g/l$) la concentración de Li, B y Sr aumentan con el aumento en STD

Tabla 4-2. Resumen principales conclusiones de estudios hidrogeoquímicos de las aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca.

	Cervetto, M. 2012	Lagos, L. 2016	Cofré, E. 2017
Conclusiones Isotopos de deuterio y oxígeno	isótopos pesados de 2H y 18O corresponden a aguas de lagunas y vertientes que drenan aguas cuya circulación está más expuesta al fenómeno de la evaporación	Las aguas de escorrentía tomadas del borde de la Laguna Tuyajto sugieren haber sido afectada por evaporación o por mezcla con salmueras superficiales, generando así un incremento en sus valores $\delta 2H$ y $\delta 18O$	La acumulación de isótopos pesados es producto de la evaporación, presentan una concentración ligeramente mayor de Li
Conclusiones parámetros fisicoquímicos: conductividad, temperatura, pH y Eh.	CE sup: prom 66,6 mS/cm Mín: 0,96 mS/cm (El Laco) Máx: 281,6 mS/cm (Tuyajto) CE Sub: prom 47,0 mS/cm Mín: 0,04 mS/cm (P. Las Tecas) Máx: 183,3 mS/cm (S. El Laco) T° sup prom: 13,4 °C T° sub prom: 20,4 °C pH Sup Prom: 7,75 pH Sub Prom: 7,50	CE: prom 51,9 mS/cm Mín: 1,2 mS/cm Máx: 237,00 mS/cm T° Prom: 16.6°C Tmin-max: 1- 45 °C pH prom: 6,6 pH rango: 2,71-10 SDT prom: 33229,8 SDT rango: 822.4-151680 ppm	CE: prom 53,75 mS/cm Mín: 2,74 mS/cm (Pujsa) Máx: 253,00 mS/cm (Tuyajto) T°: Prom 16,7°C pH Prom 8,03

Fuente: Elaboración propia, a partir de tesis citadas.

4.1.3.1. Campaña de Monitoreo

Como se mencionó anteriormente, durante los meses de agosto y septiembre del 2021 se llevaron a cabo los trabajos de terreno contemplados en el PEGH, donde entre otros estudios se realizaron muestreos de aguas superficiales y subterráneas. Los puntos de muestreo fueron planificados para lograr un análisis comparativo con los estudios anteriores y también para generar nueva información en sectores poco estudiados, sin embargo, tal y como se explica más adelante en el acápite 5.4, en terreno se dificultó el acceso a ciertos puntos propuestos. Los resultados de la campaña de monitoreo se presentan en Anexo J.3.1.

Respecto de la calidad de agua de aguas superficiales se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 4-3, en ella es posible apreciar los parámetros que exceden la normativa tanto para las concentraciones máximas permitidas para aguas de riego bajo la NCh 1.333, destacado en **color rojo**, como bajo la NCh409 para aguas de consumo humano, destacado en **color naranja**. Elementos como el Arsénico, el Boro, Sodio son aquellos que se encuentran presentes en altas concentraciones dentro de la cuenca, tal y como se menciona en los estudios anteriores. La Conductividad Específica promedio para la cuenca en una concentración de 6.309 us/cm, siendo el valor límite según la NCh 1.333 de 750 us/cm. Y lo mismo se puede apreciar con los Sólidos Disueltos Totales los cuales superan con creces (hasta 20 veces) los permitido como máximo por la NCh 409. Para más detalle del análisis de los datos muestreados ver Anexo J.3.2 Calidad de Agua Campaña de Monitoreo.

Tabla 4-3. Resultados Muestreo Calidad de Agua Superficial Cuenca Endorreica

ID_EST	Ubicación	As	B	Cl -	CE	Fl -	Fe	Li	Mg	Mn	Na	SD T	SO ₄
VT-10	S. Aguas Calientes	Red	Red	Orange	Red		Orange	Red			Red	Orange	
VT-11	S. Aguas Calientes	Red	Red	Orange	Red		Orange	Red	Orange		Red	Orange	
VT-12	S. Aguas Calientes	Orange	Red	Orange	Red						Red	Orange	
VT-13	S. Aguas Calientes	Red	Red	Orange	Red						Red	Orange	Red
VT-9	S. Aguas Calientes	Red	Red		Red	Red	Orange				Red	Orange	Red
VT-1	S. de Tara	Red	Red	Orange	Red						Red	Orange	Red
VT-4	S. de Tara	Red	Red	Orange	Red			Red			Red	Orange	
VT-5	S. de Tara	Red	Red	Orange	Red	Orange	Orange	Red		Red	Red	Orange	Red
VT8	S. de Tara	Orange	Red	Orange	Red		Orange				Red	Orange	
LACO21	S. El Laco	Red	Red	Orange	Red		Orange	Red	Orange	Red	Red	Orange	Red
Pozones CAP	S. El Laco	Orange	Red			Red	Orange			Orange	Red	Red	
VT21	S. El Laco	Red	Red	Orange	Red			Red	Orange		Red	Orange	Red
VT-06	S. Loyoques	Red	Red	Orange	Red	Orange	Orange	Red			Red	Orange	
VT-07	S. Loyoques	Red	Red	Orange	Red	Orange	Orange	Red		Orange	Red	Orange	
PU-3	S. Pujsa	Red	Red				Red			Red	Red	Red	
VT-3	S. Pujsa		Red	Orange	Red						Red	Orange	Red
VT23	S. Talar	Orange	Red	Orange	Red		Orange	Red	Orange		Red	Orange	Red

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos de monitoreo hidroquímico de las aguas superficiales.

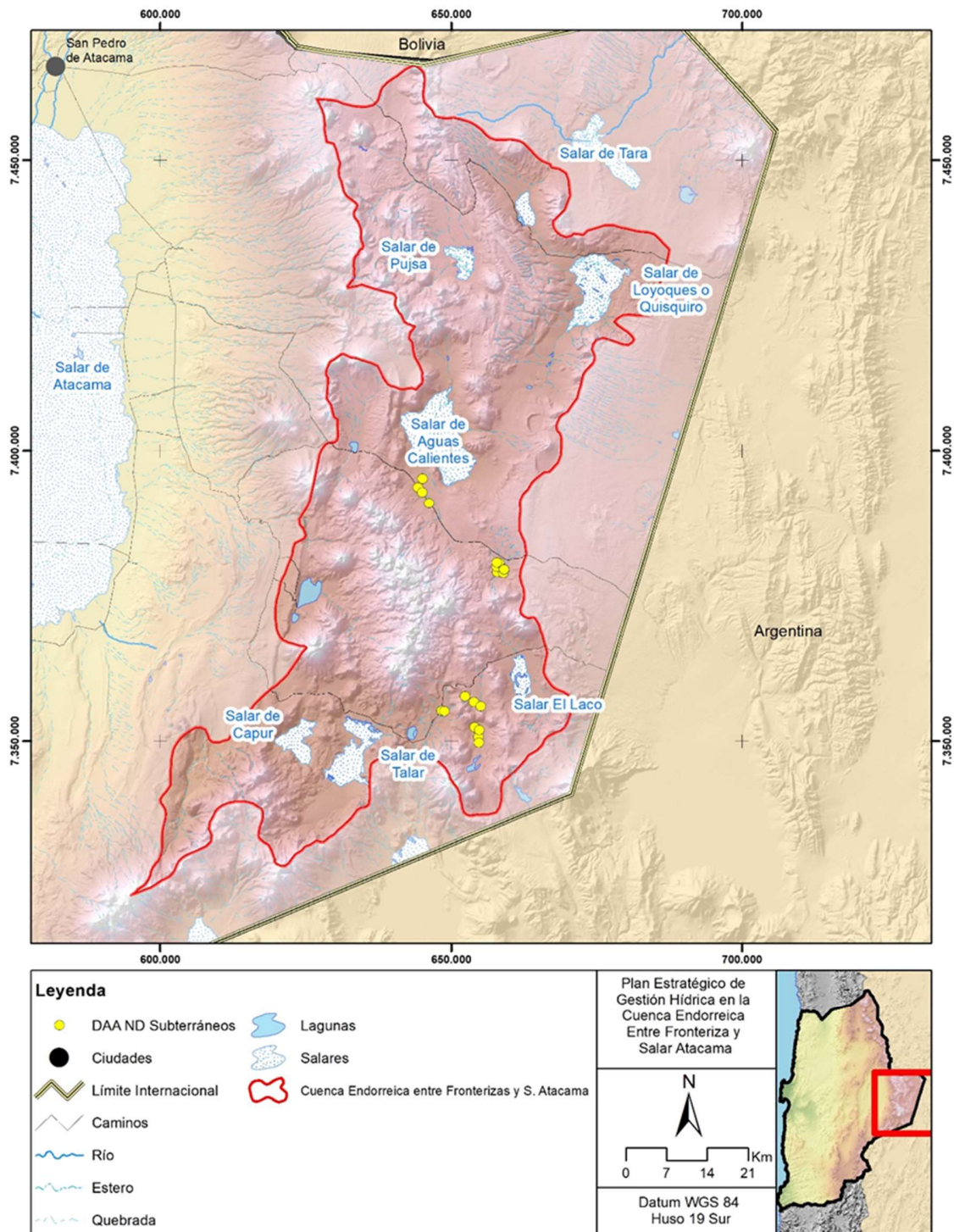
4.2. Agua Subterránea

En cuanto a la oferta de agua subterránea se tienen en primer lugar que en la cuenca existen derechos constituidos. No hay regularizaciones de agua subterránea porque, como se mencionó anteriormente, no ha existido presencia permanente de asentamientos humanos salvo trashumancia. Además, los usos ancestrales de agua no consideraban agua subterránea solo aguas superficiales correspondientes a vertientes principalmente.

En cuanto a la oferta propiamente tal, en esta cuenca se debe hacer un balance caso a caso atendida su característica de endorreica y la presencia de varios cuerpos salares en ella.

4.2.1. Derechos Constituidos

Los derechos constituidos en la cuenca se indican en la Figura 4-2. El listado se presenta en la Tabla 4-4.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2021.

Figura 4-2. Derechos constituidos subterráneos en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Tabla 4-4. Derechos subterráneos constituidos en la cuenca.		
Código	Nombre Solicitante	Caudal Concedido l/s
ND-0202-2370	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	80
ND-0202-2370	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	33
ND-0202-2371	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	45
ND-0202-2374	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	58
ND-0202-2374	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	80
ND-0202-2398	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	45
ND-0202-2398	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	50
ND-0202-2399	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	40
ND-0202-2400	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	35
ND-0202-2401	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	110
ND-0202-2402	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	40
ND-0202-2403	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	30
ND-0202-2404	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	17
ND-0202-2404	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	13
ND-0202-2412	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	17
ND-0202-2412	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	90
ND-0202-2413	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	27
ND-0202-2414	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	142
ND-0202-2415	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	3
ND-0202-2415	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	2
ND-0202-2416	Exploraciones, Inversiones Y Asesorías Mundo S.A.	70

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHACs)

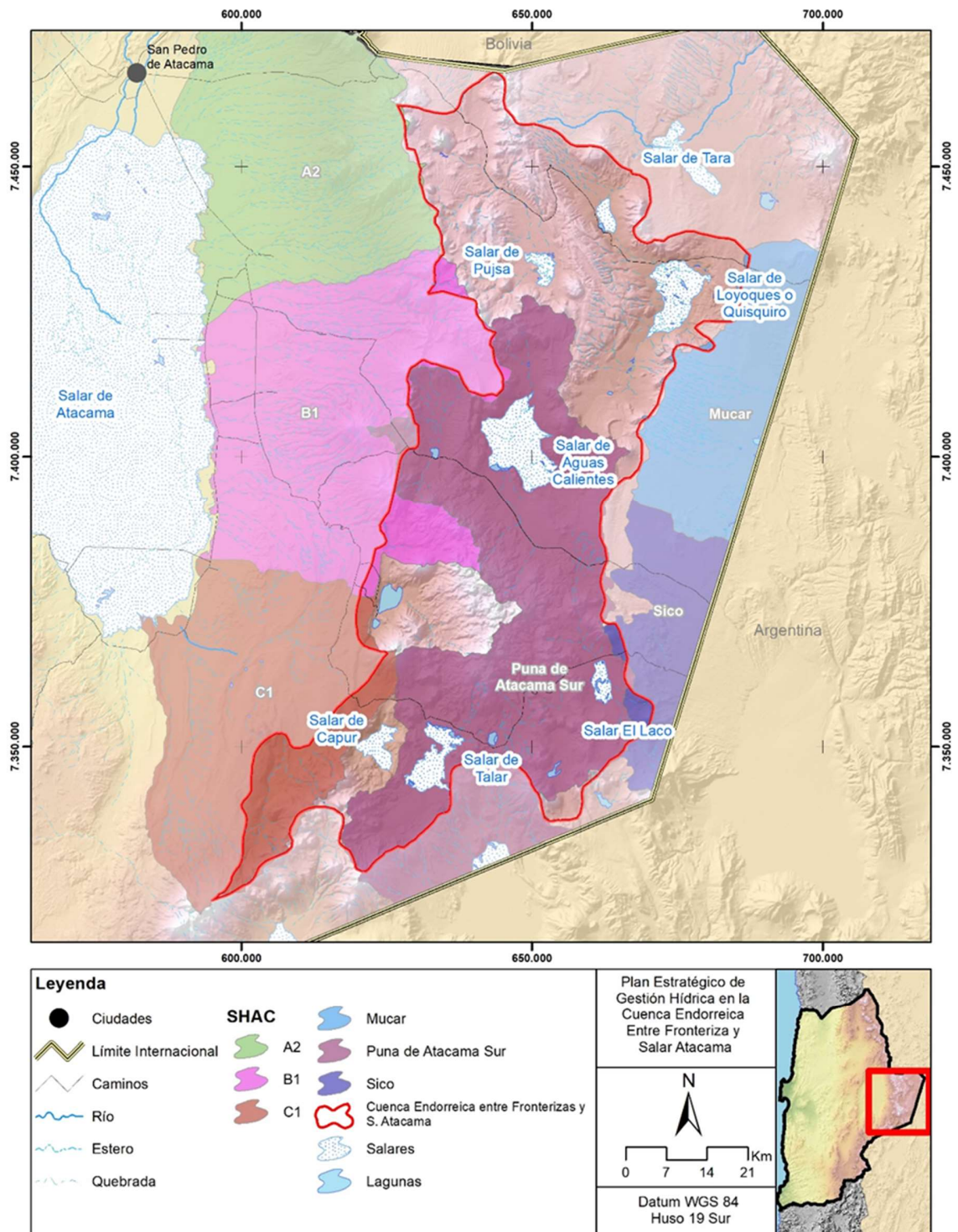
El concepto de sector hidrogeológico de aprovechamiento común está señalado en el artículo 65 del Código de Aguas en el contexto de la gestión de derechos de agua cuando se declaran áreas de restricción por existir riesgo de grave disminución de un acuífero.

Los actuales SHACs definidos en el área de estudio y sus alrededores se muestran en la Tabla 4-5 y la Figura 4-3 a continuación.

Tabla 4-5. SHACs en el área de estudio y vecindad.

Código	SHAC	Determinación
II-02-10	C1	Informe Técnico DARH N°234 2014
II-03-0	Sico	Informe Técnico DARH N°98 2013
---	Puna de Atacama Sur	Informe Técnico DARH N°401 2017
II-03-01	Mucar	Informe Técnico DARH N°98 2013
II-02-06	B1	Informe Técnico DARH N°234 2014
II-02-02	A2	Informe Técnico DARH N°234 2015

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3. SHACs en el área de estudio.

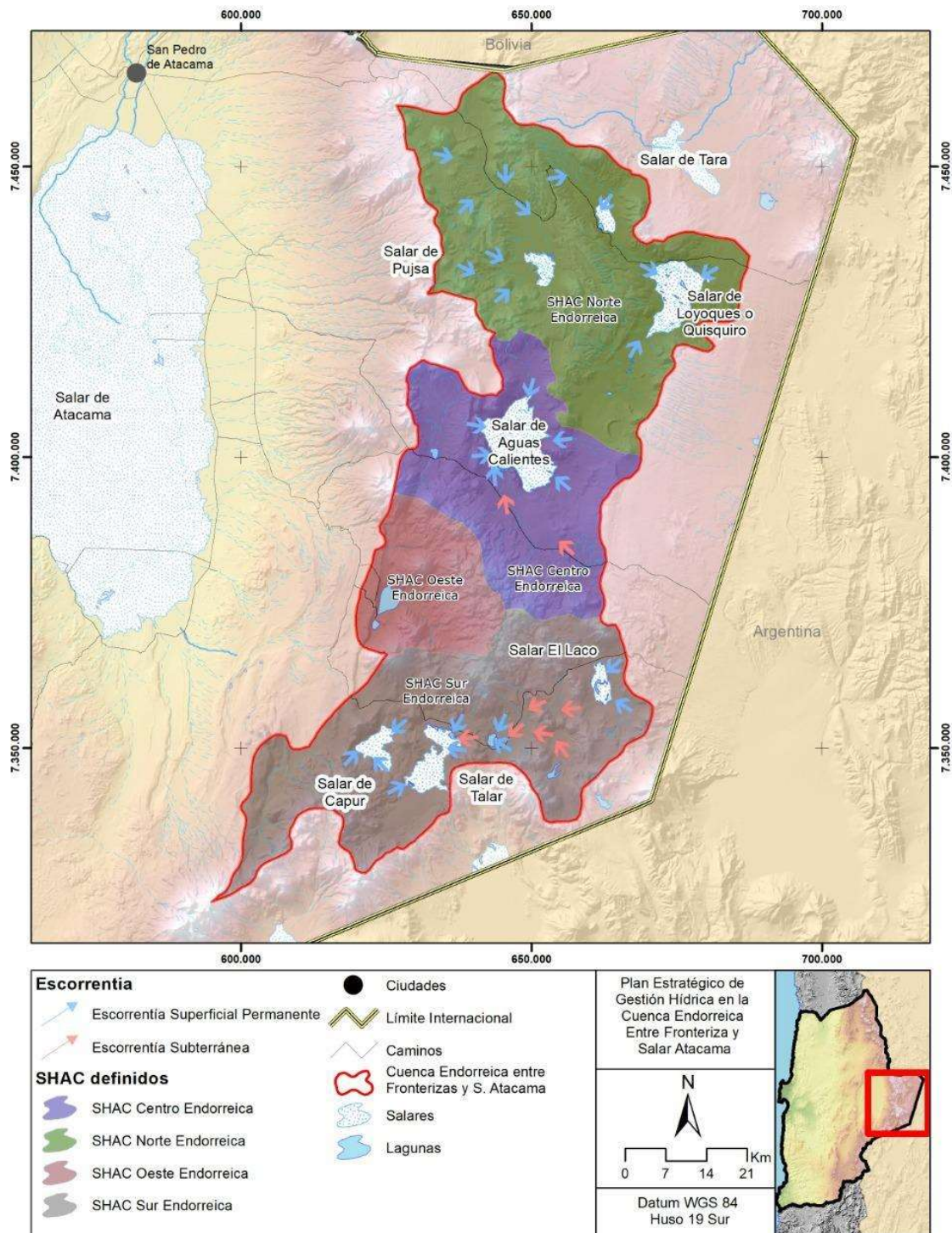
Para el presente PEGH, se considera como unidad acuífera administrativa, el actual SHAC denominado Puna de Atacama Sur, el cual contiene los salares de Aguas Calientes Centro, El Laco, Laguna Tuyajto y Aguas Calientes Sur-Talar, además de otras cuencas endorreicas sin desarrollo de salares o manifestaciones de afloramientos de aguas subterráneas, como lo son, las pampas de Puntas Negras, Colorada y Las Tecas. Este SHAC, es el único reconocido en la superficie de las cuencas de estudio y su creación corresponde a un interés, netamente, administrativo, ya que en su superficie alberga a las cuencas donde existen derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, sin incorporar en su definición las características hidrogeológicas del sector.

Debido a lo anterior, durante el desarrollo de este estudio se realizó un análisis crítico de los límites de este sector acuífero, ya que, existen antecedentes hidrológicos, geológicos e hidrogeológicos, para SHAC Puna de Atacama Sur, que indican que las escorrentías superficial y subterránea estarían conformando dos sistemas independientes limitados por el cordón volcánico de Puntas Negras, generando un sistema sur integrado por las cuencas de El Laco, Laguna Tuyajto y Aguas Calientes Sur-Talar, que también podría estar comunicado con el salar de Capur, y por otra parte, un sistema norte, conformado por pampa Puntas Negras y el salar de Aguas Calientes Centro (WMC, 2005; Arcadis, 2007).

El comportamiento hidrológico e hidrogeológico en las demás cuencas del área de estudio, podría tener una dinámica similar a las cuencas con información de los flujos subterráneos (WMC, 2005; Arcadis, 2007), caracterizado flujos someros e intermedios dentro de la cuenca hidrográfica y profundos o regionales entre cuencas relacionadas y situadas a distintas cotas, definiendo de este modo, un sector hidrogeológica en las cuencas del norte del área de estudio, salares de Pujsa, Aguas Calientes Norte y Quisquiro o Loyoques; u otro sector situado al oeste del área de estudio, limitado por los cordones volcánicos de Puntas Negras y Chalviri, que tendría una descarga terminal en las lagunas Miscanti y Meñiques.

En la Figura 4-4 se presenta la delimitación de los SHACs propuestos en este estudio. Un mayor detalle sobre sus características se presenta en el Anexo H, acápite 2.3.

Cabe destacar que el balance hídrico presentado en el Anexo H se presenta agregado a nivel de estos SHACs.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-4. Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común definidos en este estudio.

4.2.3. Calidad de Agua Subterránea

La calidad de agua de las muestras subterráneas indica la presencia de más parámetros condicionantes que exceden las normas en altas concentraciones que limitan aún más su aprovechamiento en los distintos usos. En la Tabla 4-6 se presentan los resultados obtenidos para las punteras de aguas subterráneas, donde es posible apreciar aquellos elementos que exceden la normativa, tanto para las concentraciones máximas permitidas para aguas de riego bajo la NCh 1.333, destacado en **color rojo**, como bajo la NCh409 para aguas de consumo humano, destacado en **color naranja**. Nuevamente elementos como el Arsénico, el Boro, Sodio se repiten a lo largo de la cuenca, sumando otros como los cloruros y fluoruros, mercurio, entre otros contaminantes que limitan el uso de estas aguas. Lamentablemente, no se pudieron tomar muestras de las lagunas Miscanti y Meñiques que son las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para las Comunidades de Peine y Socaire ya que las mismas tenían bloqueado el acceso a estos cuerpos de agua, de esta manera no fue posible conocer la calidad de agua específica de estas fuentes.

Para más detalle del análisis de los datos muestreados ver Anexo J.3.2 Calidad de Agua Campaña de Monitoreo.

Tabla 4-6 Resultados Muestreo Calidad de Agua Subterránea Cuenca Endorreica

ID_EST	Ubicación	Al	As	B	Cd	Cl	Co	Cu	CE	Cr	Fl-	Fe	Li	Mg	Mn	Hg	Mo	NKj	NT	pH	PI	Na	S DT	S O 4	V
PAAR1	L. Tuyajto		Yellow			Yellow			Red			Yellow	Red	Yellow								Red	Yellow	Red	
PAAR2	L. Tuyajto		Yellow	Red								Yellow							Yellow			Red	Yellow		
PAAR3	L. Tuyajto		Yellow	Red		Yellow			Red			Yellow										Red	Yellow	Red	
VT24	L. Tuyajto		Yellow	Red		Yellow			Red									Yellow				Red	Yellow	Red	
PC1	P. Colorada		Red	Red		Yellow			Red		Red	Red			Yellow		Red			Yellow		Red	Yellow	Red	
PC2	P. Colorada		Red	Red		Yellow			Red		Red	Red			Yellow		Red			Yellow		Red	Yellow	Red	
PC4	P. Colorada			Red		Yellow			Red			Red			Red					Yellow		Red	Yellow		
PT1	P. Las Tecas		Yellow									Red										Red	Yellow		
PT3	P. Las Tecas		Yellow		Yellow	Red			Red			Red			Red					Yellow		Red	Red		
PT4	P. Las Tecas		Red		Red				Red			Red										Red	Yellow	Red	Red
ACN 1-A	P. Loma Amarilla		Red	Red		Yellow			Red		Yellow											Red	Yellow	Red	
ACN 2B	P. Loma Amarilla	Red	Red	Red		Yellow			Red		Yellow	Red			Red		Red					Red	Yellow	Red	Red
ACN-3C	P. Loma Amarilla	Red	Red	Red		Yellow			Red		Yellow	Red				Red						Red	Yellow	Red	
LA-0	P. Loma Amarilla		Yellow	Red		Yellow			Red			Red			Red							Red	Yellow	Red	
LA-1	P. Loma Amarilla		Red	Red		Yellow			Red			Red								Red		Red	Yellow	Red	
LA-2	P. Loma Amarilla		Red	Red		Yellow			Red			Yellow			Yellow							Red	Yellow	Red	
LA-3	P. Loma Amarilla		Yellow	Red		Yellow			Red			Yellow										Red	Yellow	Red	
PN-1A	P. Puntas Negras		Yellow	Red		Yellow			Red		Red	Red			Red							Red	Yellow		
PN-2	P. Puntas Negras		Red	Red		Yellow			Red		Red	Red					Red					Red	Yellow		
PN-5	P. Puntas Negras		Yellow	Red		Yellow			Red		Red	Red			Red							Red	Yellow		
PN-6	P. Puntas Negras		Yellow	Red		Yellow			Red		Red	Yellow			Yellow		Red				Red	Red	Yellow		
PN-8	P. Puntas Negras		Red	Red		Yellow			Red		Red	Red			Red							Red	Yellow		
PN-9	P. Puntas Negras		Red	Red		Yellow			Red		Yellow	Red										Red	Yellow		
PND-1	P. Puntas Negras		Yellow	Red		Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow			Red		Red	Yellow				Red	Yellow		

ID_EST	Ubicación	Al	As	B	Cd	Cl	Co	Cu	CE	Cr	Fl-	Fe	Li	Mg	Mn	Hg	Mo	NKj	NT	pH	Pl	Na	S DT	S O 4	V
LACO22	S. El Laco	Red	Red	Red		Yellow		Yellow	Red			Red	Red		Red	Red	Red				Yellow	Red	Yellow	Red	Red
LACO5	S. El Laco	Red	Red	Red	Red	Yellow			Red			Red	Red		Red		Red					Yellow	Red	Yellow	
PCAR2	S. El Laco		Yellow	Red		Yellow			Red			Yellow		Yellow								Red	Yellow	Red	
VT20	S. El Laco		Yellow	Red		Yellow			Red								Red			Yellow		Red	Yellow	Red	
VT22	S. El Laco		Red	Red		Yellow			Red					Yellow						Yellow		Red	Yellow	Red	
MC-2	S. Pujsa	Red	Red	Red					Red			Red			Red							Red	Red		Red
PU-01	S. Pujsa		Red	Red		Yellow			Red		Red		Red	Yellow	Red			Yellow				Red	Yellow	Red	
PU-2	S. Pujsa	Red	Red	Red		Red			Red		Red	Red					Red	Yellow				Red	Yellow	Red	Red
VT-2	S. Pujsa		Yellow	Red															Yellow			Red	Red		

Fuente: Elaboración Propio, a partir de datos de monitoreo hidroquímico de las aguas subterráneas.

5. Trabajo de Terreno

5.1. Introducción

Los trabajos de terreno contemplados para este PEGH consisten en construcción de punteras, descripción de muestras de suelo, medición de niveles estáticos, registro de parámetros fisicoquímicos y muestreo de aguas superficiales y subterráneas. Además, de un reconocimiento hidrogeológico del área de estudio, identificando puntos con presencia de aguas subterráneas y superficiales, caracterizando las unidades de roca y relleno de acuerdo a sus capacidades de almacenar y transmitir aguas subterráneas, y realizando un levantamiento topográfico de todos los puntos en los que se registre información de interés para el modelo hidrogeológico conceptual y el modelo WEAP superficial.

Estas labores, originalmente, estaban programadas para realizarse entre los días 7 y 18 de junio de 2021; sin embargo, debido a las condiciones climáticas adversas y la acumulación de nieve en el área de trabajo, debieron ser pospuestos por un mes, en una primera instancia, y luego, al continuar estas condiciones, para ser realizados entre los días 16 al 27 de agosto de 2021.

Esta programación se vio modificada en terreno debido a factores climáticos, sociales y geológico, sufriendo un retraso que obligó a planificar una segunda campaña, la cual se realizó entre el 01 y 03 de septiembre de 2021.

5.2 Programa de Trabajo

En la Tabla 5-1 se entrega un programa y cronograma tentativo para estas labores con las fechas, actividades, personal y recursos disponibles.

Para este programa se contempla recorrer toda el área de estudio con labores concentrados en el mismo sector para todo el equipo de trabajo, vale decir, recorriendo cada una de las cuencas en dos vehículos, de manera de aumentar la seguridad y minimizar los riesgos inherentes al tránsito por huellas en mal estado y terreno inestables. Además, se unirá a este grupo de trabajo el equipo de topografía, conformado por tres personas, en otra camioneta, el cual acompañará las labores de construcción de punteras y mediciones, realizando el levantamiento de coordenadas y cotas de estos puntos.

Tabla 5-1. Programa de trabajo campaña de terreno.

Día	Fecha	Actividad	Personal	Recursos
Lunes	16-08-2021	Retiro de camionetas y carga de materiales y equipos.	1 hidrogeólogo y 1 ayudante	2 camionetas, equipos (ahoyadora y extensiones, pozómetros, multiparámetros, bailers y kit de alcalinidad), materiales (tuberías y accesorios) y envases de muestras (hidroquímicas e isotópicas).
Lunes	16-08-2021	Viaje Santiago-La Serena. Se realizará una parada en Coquimbo para buscar a un técnico, ayudante y parte de los materiales (1 ahoyadora, bailer, pozómetro, gravilla y bomba peristáltica)	1 Hidrogeólogo , 1 Ayudante	2 camionetas con materiales y equipos para construcción de punteras, envases para toma de muestras e instrumental para medición de parámetros hidrogeológicos. Alojamiento reservado en La Serena.
Martes	17-08-2021	Viaje La Serena-San Pedro de Atacama. Se realizará una parada en Calama para buscar un tercer ayudante, llaves de los pozos MUNDO y bidones para combustible.	1 Hidrogeólogo , 3 Ayudantes y 1 Técnico	2 camionetas con materiales y equipos para construcción de punteras, envases para toma de muestras e instrumental para medición de parámetros hidrogeológicos. Alojamiento reservado en San Pedro de Atacama (5 personas).
Miércoles	18-08-2021	Construcción de Punteras, mediciones y toma de muestras de agua, salares de Pujsa, Aguas Calientes Norte y Quisquiro.	1 Hidrogeólogo , 3 Ayudantes y 1 Técnico	2 camionetas con materiales y equipos para construcción de punteras, envases para toma de muestras. Alojamiento reservado en San Pedro de Atacama (4 personas).
Sábado	21-08-2021			

Tabla 5-1. Programa de trabajo campaña de terreno.

Domingo	22-08-2021	Construcción de Punteras, mediciones y toma de muestras de agua, Lagunas Lejía, Tuyajto, Miscanti y Meñiques; salares Aguas Calientes Centro, El Laco, Aguas Calientes Sur-Talar y Capur.	1 Hidrogeólogo, 3 Ayudantes y 1 Técnico	2 camionetas con materiales y equipos para construcción de punteras, envases para toma de muestras. Alojamiento reservado en Socaire (4 personas).
Miércoles	25-08-2021			
Jueves	26-08-2021	Viaje Socaire-La Serena. Detención en Calama para dejar ayudante y devolver llaves de pozos y bidones	1 Hidrogeólogo, 3 Ayudante y 1 Técnico	2 camionetas con equipos y envases con muestras de agua (muestras para isotopía y envases de muestras para análisis hidroquímicos sin tiempos críticos). Alojamiento reservado en La Serena (2 personas).
Viernes	27-08-2021	Viaje La Serena-Santiago. Entrega de muestras de agua en Hidrolab. Entrega de camionetas.	1 Hidrogeólogo, 1 Ayudante.	2 camionetas con equipos y envases con muestras de agua para ser entregadas en Hidrolab
Miércoles	01-09-2021	Terreno complementario para realizar mediciones y muestreo de aguas en el sector sur (Salar El Laco, Salar Aguas Calientes Sur, Laguna Tuyajto, Pampas Amarilla, Colorada y Las Tepas)	1 Geomensor y 2 ayudantes de terreno	2 camionetas, instrumental topográfico e hidrogeológico, envases de muestreo de aguas
Viernes	03-09-2021			

Fuente: elaboración propia

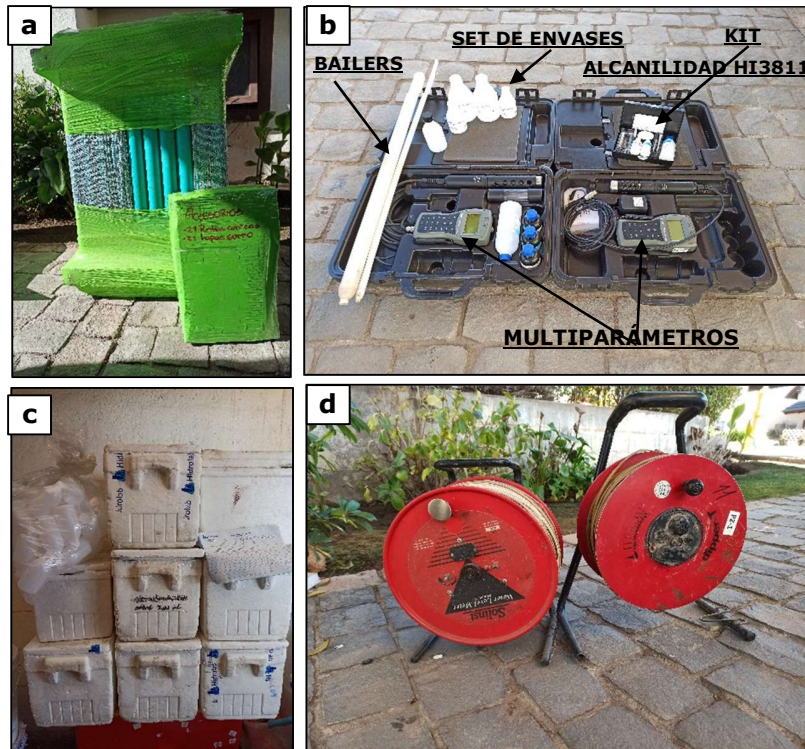
5.3. Materiales, Equipo e Instrumental

Todos los materiales, equipos e instrumental requerido para la construcción de punteras, medición de parámetros hidrogeológicos y muestreo de aguas, ya se encuentran disponibles por esta consultora y en condiciones óptimas para comenzar los trabajos de terreno.

El listado de estos materiales se dispondrá como una lista de chequeo antes de comenzar la campaña y se entrega a continuación:

- 2 Ahoyadoras marca Stihl modelo BT130, utilizado para la perforación de las punteras.
- 80 m de tubería de PVC Schedule 80 (30 m ranurados y 50 m lisos) y accesorios (21 puntas cónicas y 21 tapas). Materiales requeridos para la habilitación de las punteras.
- 250 litros de gravilla seleccionada y redondeada (clastos tamaño entre 2 y 4 mm), utilizados en el relleno del espacio anular entre la perforación y la tubería de habilitación de las punteras, el cual sirve como material estabilizados y filtro en la zona captante.
- 20 cajas de cutting para almacenar muestras de suelo obtenidos durante la perforación.
- 2 Multiparámetros Hanna modelo HI9829 para medir parámetros fisicoquímicos generales en terreno de las muestras de agua que serán analizadas en laboratorio.
- Soluciones de calibración (calibración rápida; pH 4,01, 7,01 y 10,01; C.E. 1.412 y 12.880 uS/cm), para mantener los equipos multiparámetros midiendo correctamente.
- 1 Kit de alcalinidad Hanna modelo HI3811, para medir este parámetro en terreno.
- 2 Bailers (tamaños 1 ½" y ½"), para la toma de muestras de agua en punteras y pozos profundos.
- 1 Bomba peristáltica para purgar y tomar muestras de agua en punteras.
- 55 set de muestras para análisis hidroquímicos.
- 60 envases para muestras isotópicas.
- 2 Pozómetros de 150 m para medir niveles estáticos en punteras y pozos profundos.

En la Figura 5-1 se presentan fotografías de los equipos utilizados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1. Materiales e instrumental para trabajos y mediciones de terreno. (a) tubería y accesorios de pvc, (b) equipos de medición y muestreo de aguas, (c) recipientes con envases para muestras de agua y (d) pozómetros.

5.4. Definición de Puntos de Captura de Datos Hidrogeológicos

Los puntos determinados para estos trabajos, y captura de información hidrogeológica, fueron definidos por esta consultoría, y luego fueron acordadas y aprobados por la IF. La definición estos puntos se basó en el análisis de la información hidrogeológica e hidroquímica revisada en la primera etapa de este PEGH, en el cual se pudo comprobar, que gran parte de los antecedentes recabados en el área de estudio, se concentran en las cuencas endorreicas situadas en la parte central y sur de esta área, vale decir: sector sur Salar de Aguas Caliente Centro, Pampa Puntas Negras, Salar El Laco, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas, Laguna Tuyajto y Salar de Aguas Calientes Sur.

Lo anterior, se explica por cuanto la información generada en esta zona es parte de la exploración y evaluación de recursos hídricos subterráneos del proyecto MUNDO y, con posterioridad, las investigaciones realizadas por WMC y estudio de impacto ambiental de MEL en el proyecto Pampa Colorada.

Por lo tanto, para la definición de la ubicación de las nuevas punteras a construir, como parte de este PEGH, se privilegió la generación de nueva información en sectores que no fueron investigados en los estudios mencionados anteriormente, vale decir: Salar de Capur, Laguna Lejía, sector centro-norte del Salar de Aguas Calientes Centro, Salar de Pujsa, Salar de Aguas Calientes Norte y Salar de Quisquiro. Esta ubicación fue presentada a la IF, consensuada con la misma y aprobada por ésta.

La ubicación de estos puntos tuvo que ser redefinida en terreno, en conjunto con la IF, considerando las dificultades experimentadas en el territorio para realizar los trabajos de perforación, las cuales pueden ser resumidas en los siguientes puntos:

- i. Condiciones climáticas adversas, a saber: frío extremo, intensos vientos y falta de oxígeno, lo cual creó un ambiente que mermó el avance de las tareas comprometidas, afectando el desempeño de personal y el acceso fluido a los puntos de muestreo, experimentando factores como: congelamiento de la primera capa de suelo, congelamiento de vertientes y, durante el último día de la primera campaña, nieve y viento blanco, situación que no permitió acceder al área de trabajo. Cabe destacar que estas condiciones climáticas adversas obligaron a suspender en dos oportunidades esta campaña de terreno, ambas suspensiones tomadas con el consenso y aprobación de la I.F. y DGA Regional, sin embargo, por los plazos finales comprometidos nos vimos en la necesidad de realizar en período invernal.
- ii. Dificultad con el acceso a puntos de perforación, medición y muestreo por cierre de territorios por parte de las comunidades. Esta situación se experimentó en los territorios de Salar de Loyoques, Laguna Lejía-salares Aguas Calientes Centro, Laguna Tuyajto-Aguas Calientes Sur, encontrándose en estos sectores, cierres de caminos o avisos de acceso restringido controlados por las comunidades de Toconao, Talabre y Socaire, respectivamente. Sumando a esto el cierre total de las Lagunas Miscanti y Meñique por parte de la comunidad de Socaire. Lo anterior, obligó de definir nuevos puntos de muestreo y utilizar rutas alternativas para acceder a los lugares de trabajo, generando importantes pérdidas de tiempo en el programa de trabajo. A esto se debe agregar, la continua vigilancia de los sectores de trabajo de las agencias de turismo y Consejo de Pueblos Atacameños, situación que hacía inviable realizar perforaciones en los sectores transitados o controlados por estas entidades (Figura 5-2).



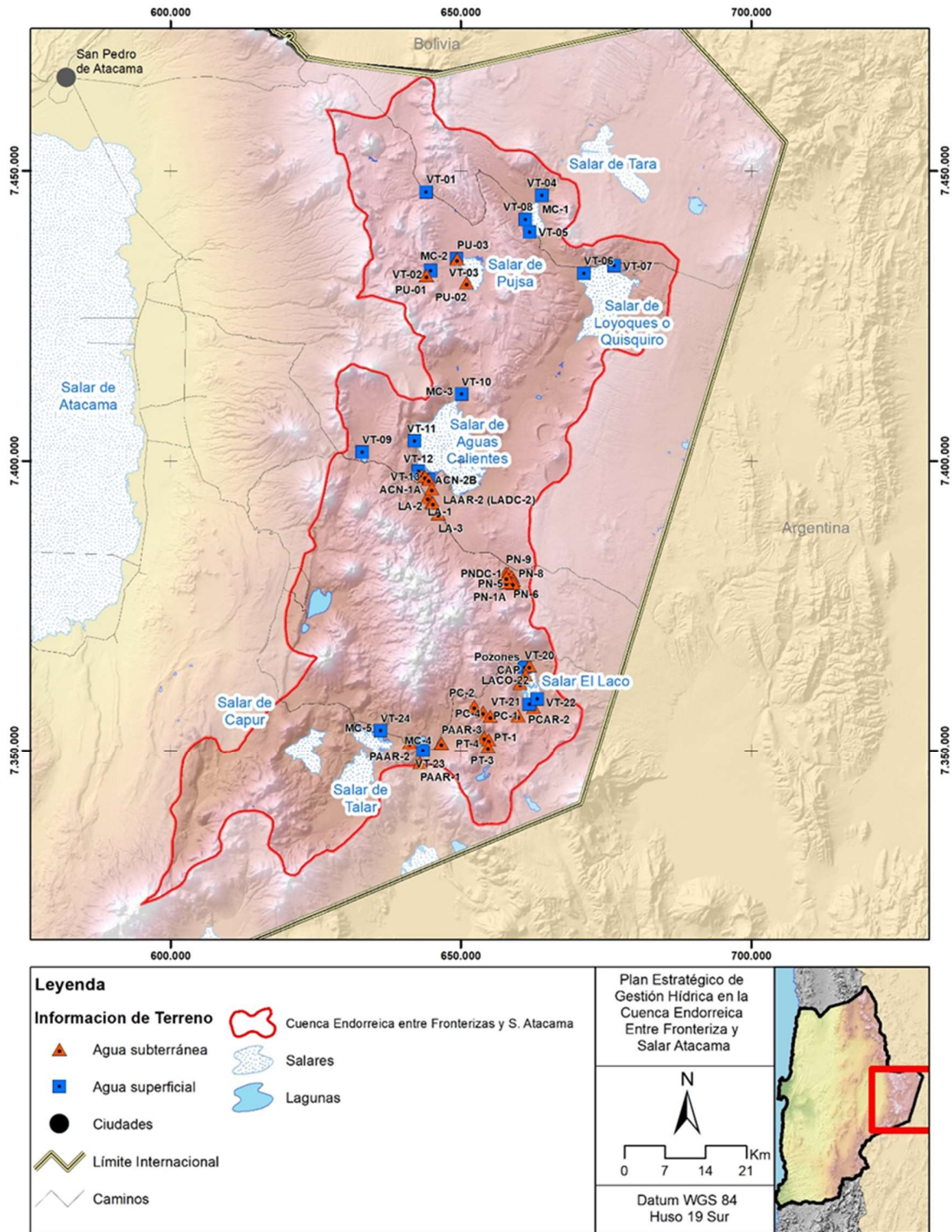
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2. Caminos que conducen al sector oriental y sur del Salar de Loyoques cerrado por las comunidades.

- iii. Problemas con la geología del terreno la cual dificultó la construcción de punteras, constatando cobertura superior del suelo congelada, niveles de gravas cementados por sales y materiales clásticos gruesos saturados e inestables, que terminaron por colapsar y atrapar la herramienta de perforación.

Todo lo anterior, produjo una importante modificación en el programa de trabajo en terreno, lo que llevo consigo la necesidad de realizar una segunda campaña, comunicada y consensuada con la IF, llevada a cabo los primeros días de septiembre, para lograr con esto, cumplir con el muestreo de aguas comprometido para este estudio.

Con esto, la ubicación definitiva de los puntos de captura de información hidrogeológica son los que pueden ver en la Figura 5-3, 17 puntos de agua superficial (vertientes) y 33 puntos de agua subterráneas (pozos, punteras y excavaciones), destacando en el salar de Pujsa las 3 perforaciones que fue posible realizar en esta campaña (PU-1, PU-2 y PU-3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3. Ubicación de punteras.

5.5. Metodología de Construcción de Punteras

Este estudio contemplaba, originalmente, la construcción de 20 punteras, distribuidas en las cuencas ubicadas en el sector norte y centro del área de estudio; sin embargo, por las dificultades mencionadas anteriormente, en el acápite 5.4, sólo fue posible construir 2 punteras y perforar a medias una tercera.

Estas obras se construyeron en la cuenca del Salar de Pujsa y consistieron en sondajes de diámetro 4", perforados hasta una profundidad de 3 m y habilitados con tubería de pvc Schedule 80 y diámetro de 2". En estos puntos se registró la profundidad del techo de la zona saturada (nivel freático), parámetros físicoquímicos del agua subterránea y se tomaron muestras de agua para análisis hidroquímicos e isotópicos.

Las etapas consideradas en estos trabajos de terreno son las siguientes:

i. Perforación

Estas punteras serán perforadas hasta una profundidad de 3 m en un diámetro de 4", para lo cual se utilizará una ahoyadora Stihl modelo BT130 consistente en un barreno del tipo Auger accionado por un motor de 2 tiempos y manejado por 2 operadores (Figura 5-4). La perforación se realizará con avance de 10 cm, con el objeto de evitar el atrapamiento de la herramienta de perforación, recuperando muestra de suelo en este tramo, la cual será descrita y almacenada en una caja de cutting (caja plástica de 20 divisiones de tamaño 1" x 2").



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4. Perforación de puntera PU-2.

ii. **Habilitación**

En el sondaje se instalará tubería de PVC de diámetro 2" Schedule 80 con ranuras slot 40 (abertura 1 mm), dejando en el fondo 1 m de tubería ranurada (Figura 5-5). El espacio anular entre la pared del sondaje y la tubería será relleno con gravilla seleccionada y redondeada de tamaño de grano entre 2 y 4 mm, dejando el techo de filtro a una profundidad de 1 m de profundidad, relleno este espacio, hasta el nivel de superficie, con el material original de terreno. El fondo de la tubería quedará sellado con una punta cónica y en superficie, la boca del piezómetro quedará cerrada con una tapa, sobresaliendo a una altura de 30 cm sobre el nivel de terreno.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-5. Habilitación de la puntera PU-1.

iii. Medición nivel estático

Finalizada la construcción de la puntera se procedió a medir el nivel freático, es decir, la profundidad del nivel del agua o techo de la zona saturada. Para esto, se utilizó un pozómetro, marca Heron de 150 m, consistente en un instrumento con un cable eléctrico paralelo, graduado al mm, en cuya punta tiene un sensor que al tocar el agua emite en superficie una indicación de luz y sonido. Esta medición se realizó tomando como punto de referencia la boca de la puntera, dejando en ella una marca para homologar futuras mediciones y levantando esta referencia con coordenada y cota geodésica (Figura 5-6).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-6. Medición de nivel estático en la puntera PU-2.

iv. Purga

Una vez registrado el nivel estático en la puntera, se realizará la limpieza o purga de esta, consistente en la extracción de, al menos, tres veces el volumen de agua contenida en la puntera con el objeto de asegurar que las muestras tomadas para medición de parámetros fisicoquímicos y análisis hidroquímicos e isotópicos sean representativos del agua subterránea del acuífero. Para lograr esta purga, se utilizó un bailer, marca Geotech de polietileno y diámetro de 1,5", el cual se introdujo en la puntera al menos 10 veces para extraer el agua contenido en su interior.

v. Medición de parámetros fisicoquímicos

Esta labor consistirá en medir los parámetros fisicoquímicos generales (temperatura, conductividad eléctrica, pH y potencial redox) del agua del acuífero en el punto muestreado. Para esto se utilizó un multiparámetro marca Hanna modelo HI-9829, con su mantención de fabricante y debidamente calibrado, registro en un segundo equipo de la misma marca

y modelo las potenciales desviaciones (Figura 5-7). Además, se midió en terreno, la alcalinidad de la muestra, para lo cual se utilizará un kit de titulación, marca Hanna modelo HI-3811, con sus respectivos reactivos.

El registro obtenido en estas muestras se incluyó en el documento de cadena de custodia que acompañó a las muestras de agua al laboratorio, con excepción de los registros de las muestras que fueron entregadas para el control de calidad y reproducibilidad de resultados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-7. Medición de parámetros fisicoquímicos en vertiente sur del Salar de Aguas Calientes Centro (VT-13).

vi. Toma de muestra de agua

En cada una de las punteras se tomarán muestras de agua para análisis hidroquímicos, los cuales contemplarán aniones y cationes mayores, barridos de metales y compuestos nitrogenados. Así como también, se tomarán muestras para análisis de isotopos de oxígeno 18 y deuterio (Figura 5-8). Los envases para estas muestras fueron entregados por el laboratorio, en el caso de los análisis hidroquímicos, y adquiridos por esta consultora, para

el caso de los análisis isotópicos, siendo en ambos casos, debidamente llenados y etiquetados, tomando en cuenta los procedimientos idóneos para estas labores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-8. Toma de muestras para análisis hidroquímico e isotópico en el pozo LA-0.

vii. Muestreo de agua para análisis hidroquímico e isotópico

Para este plan estratégico de gestión hídrica se tiene contemplado realizar un total de 50 análisis hidroquímicos e isotópicos, de los cuales 9 fueron realizados en las muestras de agua tomadas en punteras, 23 fueron tomados en pozos profundos, 17 en vertientes o cursos de agua superficial y 1 en una excavación, tipo zanja, construida como captación de aguas subterráneas.

En forma adicional, se tomarán 5 muestras duplicadas y rotuladas con una identificación interna, para controlar la calidad y reproducibilidad de los datos entregados por los laboratorios.

En todas estas muestras de agua se medirán, en terreno, parámetros fisicoquímicos generales (potencial Redox, pH, conductividad eléctrica, temperatura y alcalinidad, entre otros).

Las muestras de agua, para análisis hidroquímicos, fueron tomadas en envases idóneos, debidamente rotulados, entregados por el laboratorio Hidrolab, acreditado por la norma ISO 17.025, con los preservantes necesarios para mantener los analitos en solución.

Estas muestras fueron enviadas para sus análisis, a las dependencias de Hidrolab en la ciudad de Santiago. Estos despachos se realizaron vía aérea, el primero en la mitad de la primera campaña y los restantes fueron entregados directamente por el personal de terreno al finalizar cada campaña.

Los análisis hidroquímicos de estas muestras se realizarán según norma NCh409/1 of 2005, analizando los siguientes parámetros y elementos:

- ✓ Cationes y aniones mayores para el balance iónico y verificar electroneutralidad (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃).
- ✓ Alcalinidad total, TDS, pH y CE.
- ✓ Barrido ICP de metales y metaloides (Ag, Al, As, Ba, Be, B, Cd, Co, Cr, F, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V, Zn).
- ✓ Análisis de compuestos nitrogenados (NH₄, NO₂, NO₃, NT, NTK).

Por otra parte, para los análisis isotópicos, fueron adquiridas botellas transparentes de polietileno de alta densidad, con perfil curvo, doble tapa y 250 cc de capacidad. Para este caso, las muestras tomadas fueron analizadas para determinar concentración de isótopos ambientales (deuterio y oxígeno 18), las cuales fueron ensayadas, por una cuestión de tiempo de respuesta y confiabilidad, con el Environmental Isotope Laboratory de la Universidad de Arizona.

Todas estas muestras (hidroquímicas e isotópicas) fueron enviadas con sus respectivas cadenas de custodia, en las cuales se registró toda la información relevante de la muestra: identificación, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra (agua superficial o subterránea), equipo de muestreo, parámetros fisicoquímicos de terreno, número y tipo de envases, etc.

viii. Perfilajes de calidad de agua (conductividad eléctrica y temperatura)

Finalmente, como producto adicional y para suplir la imposibilidad de realizar la totalidad de las punteras, se realizaron en los pozos profundos del sector centro y sur del área de estudio, perfilajes de conductividad eléctrica y temperatura del agua subterránea, para lo cual se utilizó un transductor de registro y almacenamiento automático con el cual se llegó hasta una profundidad máxima de 100 m en la zona saturada.

Estos perfilajes se realizaron en 18 pozos, ubicados en los sectores de Pampa Loma Amarilla (LA-1, LA-2 y LA-3), Pampa Puntas Negras (PN-1A, PN-2, PN-5, PN-6, PN-8 y PN-9), Pampa

Colorada (PC-1, PC-2 y PC-4), Pampa Las Tepas (PT-1, PT-3 y PT-4) y en los alrededores de la Laguna Tuyajto (PAAR-1, PAAR-2 y PAAR-3).

Capítulo 6. Balance de Agua

En este estudio se ha desarrollado un modelo de simulación hidrológica para las Cuencas Endorreicas. La descripción detallada de éste se encuentra el Anexo H.

La estructura de este capítulo consta del acápite "Situación Actual" (o Escenario base de calibración) que resume los principales resultados y aspectos de la calibración del modelo y enseguida la "Situación proyectada" (escenarios futuros). Igualmente se describen las brechas encontradas, se detallan los aspectos de sustentabilidad (actual y proyectada), los indicadores hídricos de la cuenca y los escenarios de gestión hídrica Modelo de simulación WEAP Endorreicas.

6.1. Situación Actual (escenario de calibración)

La modelación del Período Histórico abarca desde abril de 1980 a marzo de 2020 (30 años hidrológicos) y corresponde al modelo calibrado y validado sin cambios adicionales. Todos los parámetros que componen la estructura de básica de WEAP fueron utilizados en el proceso de calibración del modelo WEAP-Endorreicas. Un total de nueve parámetros fueron asignados y calibrados de manera independiente para cada cuenca endorreica (Dw, F, Kc, Kd, Ks, RRF, Sw, Z1, Z2). Cuatro parámetros fueron asignados y calibrados para cada cobertura de suelo (Kc, Ks, RRF, y Sw) dentro de las Cuencas Endorreicas. Adicionalmente, se implementaron parámetros auxiliares que permitieron mejorar la asimilación del modelo WEAP-Endorreicas. Primero, se implementó un factor de corrección de sesgo de las lluvias (Bias Correction Factor) que permite corregir problemas de escala propagados desde los errores del producto grillado Cr2Met. También se establecieron parámetros que permiten regular la respuesta de los siguientes flujos hidrológicos: (1) afloramientos, (2) recarga lateral y (3) directa, (4) evaporación desde acuíferos poco profundos, y (5) descargas desde las lagunas existentes en los sistemas salares, y (6) descargas de agua desde el sistema de Cuencas Endorreicas hacia el salar de atacama. Estos parámetros fueron utilizados para analizar la sensibilidad del modelo y calibrados manualmente utilizando tres niveles de respuesta hidrológica (Alta, Media y Baja) (Ver ejemplo en Tabla 6-1 y detalles en Anexo H).

En la Tabla 6-1 se presenta un ejemplo de la sensibilidad del factor de Corrección de las lluvias en la respuesta hidrológica del modelo WEAP-Endorreicas utilizando la comparación entre WEAP-Princeton (datos de escorrentía simulados por el modelo Princeton) y WEAP-Endorreicas (datos de escorrentía simulados por el modelo completo) para los periodos de calibración (1980-1997) y validación (1998-2020).

Tabla 6-1. Sensibilidad del modelo al factor de corrección de lluvias.

Proceso	Estadístico	BC=0.3	BC=0.5	BC=0.8	BC=1.0
Calibración 1980-1997	NSE	0.12	0.33	-1.07	-4.13
	RMSE	0.04	0.04	0.06	0.10
	PBIAS	-73.9%	-33.6%	52.1%	123.0%
	R2	0.38	0.39	0.40	0.41
Validación 1998-2020	NSE	0.01	0.17	-0.17	-1.19
	RMSE	0.06	0.06	0.07	0.09
	PBIAS	-79.4%	-47.4%	21.1%	78.1%
	R2	0.19	0.20	0.21	0.22

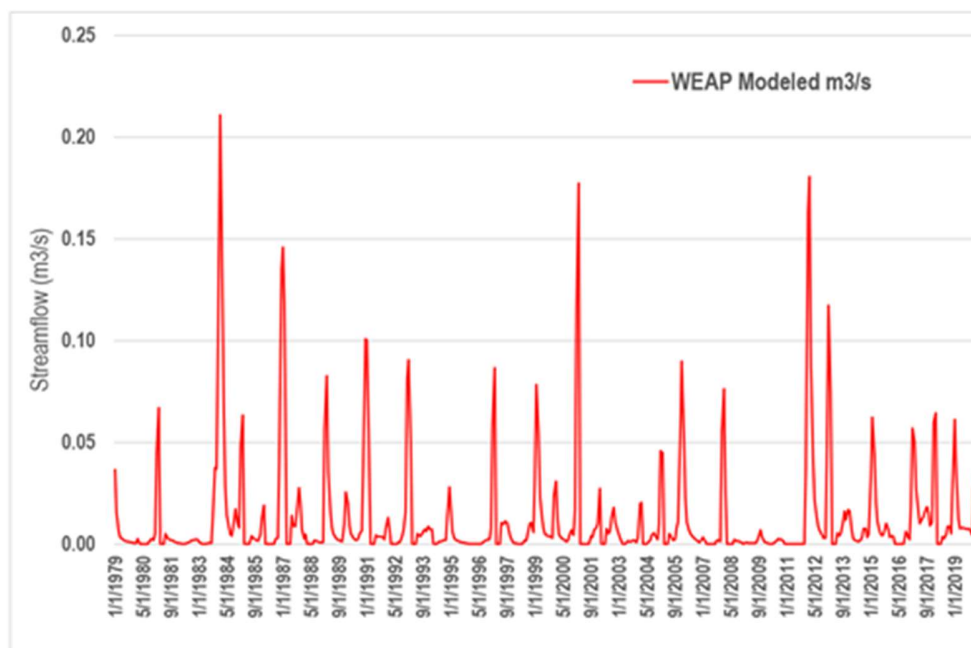
Fuente: Elaboración propia.

6.1.1. Resultados de la Simulación Hidrológica Histórica

Para la simulación histórica se consideró la evaluación del periodo de referencia 1980-2020. Los datos de escorrentía superficial del Salar de Aguas Calientes fueron utilizados para la calibración y validación del modelo, permitiendo así establecer simulaciones iniciales para todo el periodo de simulación (Figura 6-1). Para este periodo se obtuvo un balance de aguas (Ver balance anual en Tabla 6-2 y balances mensuales en las tablas de las siguientes secciones) que permite establecer la partición hidrológica entre las entradas y salidas de agua desde las cuencas Endorreicas. Primero se presentan los flujos de recarga, los cuales fueron agrupadas en procesos de recarga directa y procesos de recarga lateral o afloramientos desde los acuíferos poco profundos. La variación mensual de los flujos estimados muestra recargas mensuales que fluctúan entre 44,4 l/s y 245,3 l/s para las cuencas Endorreicas (ver detalles en la Tabla 6-3 y Tabla 6-4).

En la Figura 6-1 se presentan las simulaciones de caudales seleccionadas para representar la escorrentía superficial en el Salar de Aguas Calientes II utilizando el modelo WEAP-Princeton. El Factor de Bias Correction (BC) es de 0.44 y el Factor de Resistencia a la Escorrentía es de 0.05.

En la Tabla 6-2 se presenta el balance hídrico anual en las Cuencas Endorreicas. Los valores representan el promedio anual calculado desde los valores promedio mensuales y agregados desde las unidades hidrológicas disponibles en el modelo WEAP-Endorreicas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-1. Simulación de caudales Salar de Aguas Calientes II, basada en WEAP Princeton.

Tabla 6-2. Balance hídrico anual en cuenca.

Entrada/Salida	Volumen Promedio (m3/mes)
Recarga desde Lagunas Salares	214.406,69
Recarga Directa desde Lluvias	226.261,170
Recarga Lateral desde Lluvias	156.626,340
Escorrentía Superficial	137.228,742
Flujo Regional de Entrada a Acuíferos	114.519.947,58
Total Entradas	115,254,470.522
Descarga hacia Salar de Atacama	1.361.458,060
Evaporación	2.159.349,208
Descarga hacia Lagunas	2.731.346,944
Descarga hacia otros sistemas salares	2.211.219,345
Afloramientos	3.964.880,142
Flujo Regional de Salida Acuíferos	102.748.358,330
Total Salidas	115,176,612.030

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-3. Estimaciones de la recarga directa promedio mensual (m³/mes) obtenidas desde los nodos de demanda para cada unidad hidrológica definida en el modelo WEAP-Endorreicas.

SHAC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
NORTE	439.909	114.535	348.651	365.708	291.299	149.969	179.336	78.927	16.435	225.988	1.085.624	1.041.321
CENTRO	334.072	76.606	212.943	232.224	189.457	117.391	137.599	69.868	15.055	222.943	917.523	904.118
OESTE	49.366	12.475	39.113	46.445	33.306	22.953	25.290	14.448	4.730	38.161	148.577	142.627
SUR	289.201	57.599	131.101	127.551	86.903	58.462	70.505	51.989	32.169	196.652	757.022	656.390

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-4. Estimaciones de la recarga lateral promedio mensual (m³/mes) obtenidas desde los nodos de demanda para cada unidad hidrológica definida en el modelo WEAP-Endorreicas.

SHAC	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
NORTE	178.878	183.240	244.319	325.760	325.760	285.039	285.039	285.039	285.039	203.601	162.880	122.161
CENTRO	187.086	191.649	255.532	340.708	340.708	298.120	298.120	298.120	298.120	212.943	170.355	127.765
OESTE	33.559	34.378	45.837	61.116	61.116	53.477	53.477	53.477	53.477	38.198	30.558	22.919
SUR	106.445	109.024	145.365	193.821	193.821	169.593	169.593	169.593	169.593	121.138	96.911	72.683

Fuente: Elaboración propia.

Todas las unidades hidrológicas en las que se estimaron procesos de recargas fueron incluidas en los resultados finales del balance de aguas para las cuencas Endorreicas. Adicionalmente, se incluyen los flujos interacuíferos para cada una de las unidades hidrológicas consideradas en el modelo WEAP-Endorreicas. El detalle de todos los resultados se puede observar en detalle en Anexo H – MODELO HIDROGEOLOGICO.

6.2. Situación Proyectada (escenarios futuros)

Se escogió para ser evaluado al caso más desfavorable de los escenarios definidos para el quinto informe del IPCC (CMIP5), llamados *Representative Concentration Pathways* (RCP), el escenario escogido corresponde al RCP 8.5 nombrado porque la radiación forzante sobre la atmósfera en dicho escenario alcanza los 8.5 W/m^2 , este fue escogido debido a que existe consenso científico (Peters et al, 2012) en que actualmente las emisiones de CO₂ se encuentran en un nivel similar o por sobre las emisiones asociada al escenario RCP 8.5.

Por otra parte, existen más de 20 modelos de circulación general (MCG) que realizan simulaciones climáticas para el escenario escogido, pero dada la información que se ha generado en el contexto del proyecto de Actualización del Balance Hídrico de Chile llevado a cabo por las Universidades de Chile y Pontificia Universidad Católica, se tienen 4 MCG que se han testeado para todo Chile, escogidos por la representación que han tenido del clima local. En particular, en el caso de la cuenca en estudio, los modelos seleccionados para ser evaluados fueron CSIRO y IPSL en el periodo de simulación futura de 2022 a 2059.

6.2.1. Proyección de la Oferta y Demanda Hídrica Futura

Con los escenarios seleccionados fue posible establecer las diferencias entre las simulaciones de referencia y las simulaciones asociadas a procesos de cambio climático, o aquellas asociadas a procesos de cambios en la gestión de las aguas a escala de cuenca (ver Tabla 6-5). Las demandas en promedio aumentan en un 24.2% al comparar el escenario de referencia y el escenario de Cambio Climático 1 combinado con el Escenario de Gestión 2. Este incremento corresponde a la diferencia promedio más significativa desde el punto de vista comparativo de los nodos de demanda.

Tabla 6-5. Demanda de agua promedio mensual simulada (Mm³/mes) para cada escenario de cambio climático y su correspondiente escenario de gestión hídrica utilizando el modelo WEAP- Endorreicas (Incluye todos los nodos de demanda).

Escenario Principal	Escenario Perturbado	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Escenario Climático 1	Referencia	3,28	2,51	2,6	2,65	2,69	2,99	3,22	3,39	3,19	2,93	4,05	3,57
Escenario Climático 2		3,31	2,52	2,62	2,67	2,71	3,00	3,24	3,4	3,2	2,95	4,14	3,65
Escenario Climático 1	Escenario de Gestión 1	3,79	2,99	3,1	3,15	3,19	3,48	3,71	3,88	3,67	3,43	4,61	4,13
Escenario Climático 2		3,75	2,98	3,08	3,12	3,17	3,46	3,7	3,87	3,67	3,41	4,53	4,05
Escenario Climático 1	Escenario de Gestión 2	4,27	3,47	3,58	3,63	3,67	3,96	4,19	4,36	4,15	3,91	5,08	4,61
Escenario Climático 2		4,23	3,46	3,56	3,6	3,65	3,94	4,18	4,35	4,15	3,89	5,00	4,53
Referencia (1980-2020)	Referencia (1980-2020)	3,29	2,51	2,61	2,65	2,7	2,99	3,23	3,39	3,19	2,94	4,07	3,59

6.3. Escenarios de Gestión Hídrica

6.3.1. Descripción de los Escenarios Establecidos

Se definieron 2 escenarios de gestión para ser modelados, con el propósito de determinar la respuesta del sistema frente a distintas estrategias definidas para abordar problemáticas hídricas. Estas iniciativas propuestas han surgido durante el desarrollo del presente estudio, considerando la especificidad de la cuenca a través de las actividades de Participación Ciudadana, del análisis de los antecedentes recopilados en coordinación con la DGA y del diagnóstico realizado.

Lo identificado, en la actividad de la PAC define los escenarios a modelar ya que ésta refleja las visiones y percepciones de los grupos que están en el territorio, colectivos de la sociedad civil y organismos públicos. La evaluación de los escenarios propuestos no limita la incorporación de distintas alternativas al Plan estratégico elaborado.

Es importante señalar que la cuenca en estudio tiene un régimen prácticamente natural, donde no existen obras construidas (ni en planes de construir), no hay población residente en la zona y por parte de las comunidades existe un espíritu de conservación de los recursos hídricos y el medio ambiente, dado esto no se consideran iniciativas de obras en la cuenca como parte de los escenarios modelados.

Como se ha identificado y estudiado en la cuenca Endorreica existen derechos de aprovechamiento de aguas otorgados a empresas mineras y comunidades locales (mediante regularizaciones de derechos de agua), sin embargo, no existen derechos que estén actualmente siendo explotados. Como ejercicio de análisis se considera importante estudiar en detalle la fragilidad del ecosistema hídrico presente en la Cuenca Endorreica por lo cual, se definieron los siguientes escenarios:

6.3.1.1. Escenario 1: Modelación de los Derechos de Aprovechamiento Otorgados a las Comunidades Indígenas Presentes en el Territorio

Para esto se utilizaron los derechos declarados en "Catastro Publico de aguas", y los valores modelados corresponden 500 [l/s] (aproximadamente) distribuidos en la cuenca según la información recopilada. (más información se puede revisar en Informe Final Capítulo 3: Demanda Física y legal).

6.3.1.2. *Escenario 2: Modelación de Derechos de Aprovechamiento Otorgados a Compañías Mineras en el Territorio.*

Para la modelación de este escenario, se siguió la misma lógica anterior, pero esta vez solo considerando la información declarada para las empresas mineras. Los valores corresponden a un total de 1000 [l/s], aproximadamente.

Para finalizar, es importante señalar, que el modelo solo puede capturar en detalle las particularidades de la modelación superficial, por lo que cualquier resultado obtenido aquí no será representativo de la Cuenca en su totalidad, por lo que no se deben tomar los resultados como absolutos.

6.3.2. Resultados de la Simulación Hidrológica para los Escenarios de Gestión Hídrica

Los escenarios de Gestión Hídrica mostraron que la activación de los derechos de agua asignados en la cuenca incrementa las demandas promedio mensuales en aproximadamente un 26.2% considerando el Escenario Climático 1 en conjunto con el escenario de Gestión 2. Estas demandas incluyen todos los nodos de demanda disponibles en el modelo WEAP-Endorreicas, por lo tanto, las diferencias observadas en la Tabla 6-6, corresponden principalmente a los volúmenes asociados a la activación de los derechos de agua en las cuencas Endorreicas.

La combinación de los escenarios climáticos y los escenarios de gestión reveló importantes brechas que podrían afectar el manejo de aguas en las cuencas Endorreicas. Por ejemplo, una reducción de las precipitaciones acumuladas en el tiempo, combinada con la activación de los derechos de agua implica cambios importantes en el almacenamiento de agua subterránea de las Cuencas Endorreicas (ver detalles en Tabla 6-7). Esto se verifica al comparar el almacenamiento asociado al Escenario Climático 2 en conjunto con el Escenario de Gestión 2 en donde el volumen de agua subterránea se reduce en promedio 31.864.935 m³/año para las cuencas Endorreicas.

La Figura 6-2 presenta las demandas anuales de agua asociadas a los escenarios climáticos y de gestión simulados en el modelo WEAP-Endorreicas (incluye todos los nodos de demanda incluidos en el modelo). El gráfico incluye el periodo de acondicionamiento (warm-up period) del modelo hidrológico (1979-1981).

Tabla 6-6. Demandas simuladas desde todos los nodos de demanda disponibles en las cuencas Endorreicas. Los escenarios de gestión incluyen las demandas asociadas a la activación de derechos de agua dentro de toda la cuenca. El escenario de referencia es presentado en m³/s y los escenarios de cambio climático y gestión son presentados en porcentajes sobre el escenario de referencia.

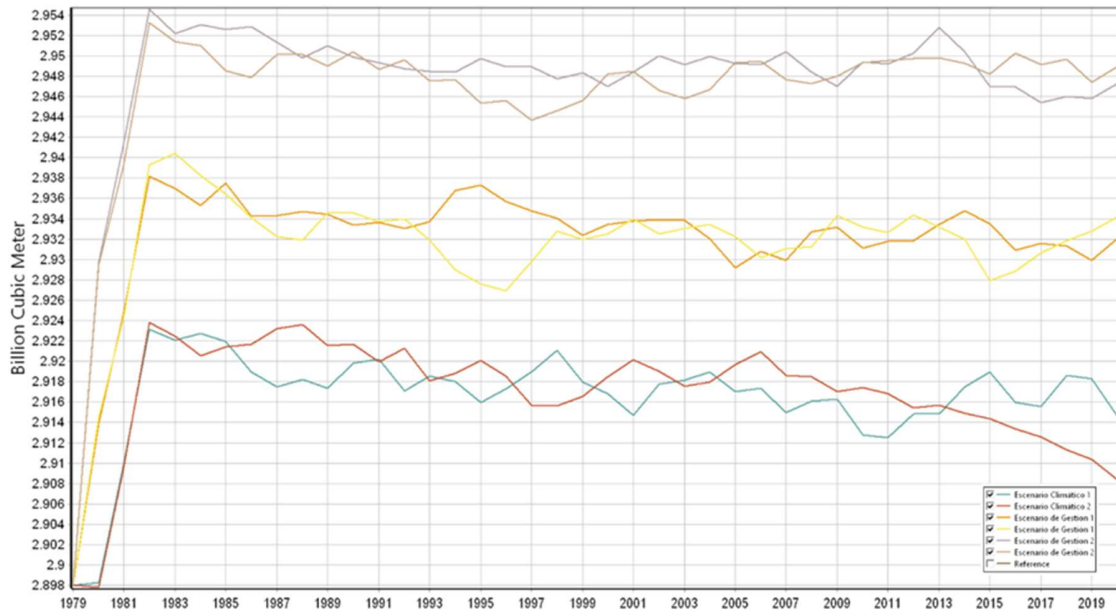
Escenarios	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Referencia	7.931.332	6.119.486	5.978.492	6.094.867	6.221.992	6.861.726	7.755.565	7.917.287	7.674.638	7.221.774	9.417.400	9.203.400
Escenario Climático 1 y Gestión 1	116.4	121.2	121.4	121.7	121.1	118.3	116.8	115.8	116.7	118.2	113.8	115.5
Escenario Climático 2 y Gestión 1	115.3	120.7	120.4	120.6	120.3	117.8	116.3	115.5	116.5	117.4	111.7	113.3
Escenario Climático 1 y Gestión 2	132.1	142.2	142.2	142.8	141.8	136.5	133.4	131.6	133.5	136.1	126.2	129.5
Escenario Climático 2 y Gestión 2	131.0	141.7	141.2	141.8	141.0	136.0	132.9	131.2	133.3	135.3	124.0	127.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-7. Almacenamiento promedio mensual de agua subterránea en las cuencas Endorreicas considerando todos los acuíferos disponibles en el modelo WEAP-Endorreicas. El escenario de referencia es presentado en m3/s y los escenarios de cambio climático y gestión son presentados en porcentajes sobre el escenario de referencia.

Escenario	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Referencia	750.166.735	748.398.678	746.616.378	744.333.704	741.806.116	738.545.897	735.171.200	731.652.703	728.297.280	728.502.434	734.466.410	739.894.238
Escenario Climático 1	96.5	96.4	96.4	96.4	96.3	96.3	96.3	96.3	96.4	96.5	96.4	96.3
Escenario Climático 2	102.6	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.6	102.6	102.8	102.8	102.8
Escenario de Gestión 1	101.8	101.7	101.7	101.8	101.7	101.7	101.7	101.8	101.9	101.9	102.1	101.9
Escenario de Gestión 1	95.8	95.7	95.7	95.7	95.6	95.6	95.7	95.8	95.7	95.7	95.7	95.6
Escenario de Gestión 2	96.5	96.4	96.4	96.4	96.3	96.3	96.3	96.3	96.4	96.5	96.4	96.3

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-2. Demandas anuales en los escenarios climáticos y de gestión en el modelo.

7. Brechas

A continuación, se presentan las brechas identificadas como resultado del diagnóstico del área de estudio. Se analizan las brechas asociadas a gobernabilidad y aspectos socioculturales, medio ambiente y calidad de agua, hidrogeología, infraestructura, SIG y minería y sobre las cuales es pertinente formular acciones en base de los objetivos de este Plan Estratégico.

Se ha incluido este capítulo específico porque se ha considerado necesario detallar explícitamente las brechas detectadas en cada una de las componentes analizadas y de esta forma visibilizarlas de manera de que la formulación de acciones en base de ellas esté adecuadamente fundamentada.

No obstante, es relevante hacer presente que esta cuenca en particular presenta un aspecto que no puede ser resuelto por la formulación de acciones específicas dentro del ámbito de los recursos hídricos. Es necesario evidenciar que este territorio presenta un alto grado de sensibilidad por parte de las comunidades principalmente por la necesidad de la resolución de sus demandas territoriales, seguida de la difícil interacción con las agencias de turismo que irrumpen de manera desregulada en sus territorios reclamados, lo que ha generado roces entre dichos sectores ocasionando cortes de caminos y bloqueo de los accesos a sus territorios. El ejercicio de las actividades de las agencias de turismo requiere de acciones y regulaciones suficientes y adecuadas que permitan su desarrollo en armonía con las comunidades y sin afectación de los sitios turísticos de interés.

En consecuencia, la solución de estos temas, en particular el referido a las reclamaciones territorial es el paso necesario para la implementación de cualquier Plan Estratégico de Recursos Hídricos a fin de tener posibilidades de éxito o de tener buenos resultados lo que pasa por la aceptación de éste por parte de las comunidades.

De acuerdo al análisis realizado, se reconocen brechas asociadas a varios temas principales. Por un lado, la enorme brecha en cuanto a capacidad institucional para poder desarrollar un adecuado plan de gestión en la cuenca, seguida de la escasa información existente en la cuenca, la cual es una limitante para el desarrollo de los modelos, así como para la comprensión detallada del funcionamiento y vocación de la cuenca, como asimismo definiciones técnicas como los SHACs que evidencian algunos errores en sus definiciones que también deben revisarse a lo menos por cuanto en la definición de un SHAC, el acuífero o parte del acuífero debe presentar una delimitación que permita su evaluación hidrogeológica de forma independiente, y no siempre se ha contado con antecedentes

cuantitativos concretos en la definición de los sectores hidrogeológicos lo que hace que no presenten independencia hidráulica entre ellos asumiendo delimitaciones según consideraciones teóricas. Por otro lado, se observa una falta de normativa para la protección de los ecosistemas salares, contrastado con una presión extractivista por sobre otras actividades. Por último, se reconoce una desconfianza por parte de las comunidades que habitan el territorio hacia el Estado y los organismos vinculados a este. Esto ha generado problemas para poder llevar a cabo acciones relacionadas al PEGH como serían las actividades de terreno, el cual debió ser modificado al existir territorios cercados a los cuales no se pudo ingresar para la construcción planificada de punteras.

A este respecto hay que tener en cuenta que es más que evidente y se encuentra suficientemente probado que la crisis hídrica de los últimos tiempos, no sólo a nivel nacional, sino que también a nivel mundial, impone la necesidad de generar acciones en orden a aspectos como el acceso universal al agua y al saneamiento que por lo demás corresponde al Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 6 que deben cumplir los países, en un contexto de cambio climático en donde la sequía es una seria amenaza a la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos.

Además, la seguridad hídrica se ve incrementada por la crisis sanitaria que requiere adecuados servicios del agua para la salud y el desarrollo humano lo cual también presenta brechas en algunos sectores del país y de las cuencas.

Esta brecha de gobernanza del agua genera que, sin perjuicio de las condiciones climáticas actuales, la gestión, regulación e infraestructura que define el acceso, la propiedad, uso y actividades productivas y de conservación, sea precaria y siga generando desigualdades hídricas territoriales en escalas que pueden ir desde lo local a lo global. Así, la necesidad de satisfacer una multiplicidad de usos del agua ya sea para el consumo humano, el desarrollo productivo, prácticas culturales o su conservación en los territorios, aumenta la demanda por el agua y, con esto, el riesgo a la inseguridad hídrica bajo los efectos del cambio climático.

En consecuencia, la gobernanza del agua debe poder implementar el acceso equitativo, la calidad y la cantidad de los servicios de agua en el territorio de manera de prevenir y generar acciones que permitan priorizar los territorios que enfrentan brechas de acceso que limitan la satisfacción de las necesidades de las personas, los ecosistemas y los sistemas productivos, que incluyan los riesgos que puedan afectar esos objetivos.

Por ello la necesidad urgente de formular políticas públicas que permitan disminuir las brechas de acceso a los servicios hídricos y permita el desarrollo y conservación de las cuencas de manera sostenible.

7.1. Gobernabilidad y Aspectos Socioculturales

En primer lugar, y en términos de institucionalidad se evidencia un gran centralismo en las estructuras de los organismos públicos y, en segundo lugar, se tiene una gran dispersión de funciones y atribuciones relacionadas con el agua en distintos órganos del Estado que tienen competencia sobre el tema¹²¹³, y que en ocasiones generan acciones e implementan proyectos que no son coherentes con el resto de la normativa sectorial que existe. Ello genera falta de coordinación o claridad reglamentaria lo que produce en algunos casos superposiciones, duplicidades y vacíos de responsabilidad institucional.

Lo señalado no es un hallazgo de este estudio, ya en marzo del año 2011, en el estudio desarrollado por el Banco Mundial "CHILE: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos"¹⁴, se indicó de manera expresa que "Una dificultad particular de los arreglos institucionales de Chile es que la DGA, el órgano con la responsabilidad principal de la supervisión de la GRH del país, tiene menor jerarquía institucional que, p.ej., el nuevo Ministerio del Medio Ambiente responsable de la calidad de aguas. Otro problema se encuentra en el área legal, donde el Código de Aguas no entra necesariamente en conflicto con las leyes principales de otros sectores como el eléctrico o la minería, pero se podría considerar secundario y facilitar la puesta en vigor de las otras leyes (Vergara, 2010). Estos y otros temas, como la falta de complementariedad en las funciones, la no compartición de información clave (que además se encuentra fragmentada), y la existencia de diferentes solapes, crea una serie de interferencias con otras instituciones dentro y fuera del sector del agua".

El mismo informe agrega que "En lo relativo a los Tribunales de Justicia, y debido a la falta de tribunal especializado, un gran número de conflictos no resueltos llegan a instancias de los tribunales ordinarios de justicia, los cuales no poseen el grado de especialización adecuado para interpretar técnicamente las causas de estos (Peña, 2001). En los casos en que las decisiones judiciales se recurren, dicho recurso acaba en la Corte de Apelaciones

¹² https://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013_OK.pdf, pág. 4 punto 2. MEJORAR LA INSTITUCIONALIDAD

¹³ https://www.mop.cl/Prensa/Documents/Mesa_Nacional_del_Agua_2020_Primer_Informe_Enero.pdf, pág. 25, letra b)

¹⁴ <https://documents1.worldbank.org/curated/en/452181468216298391/pdf/633920ESW0SPAN0le0GRH0final0DR0REV-0doc.pdf>

de Santiago, la cual se puede decir que en la práctica se ha convertido en el principal tribunal de aguas del país sin estar especialmente capacitado para ello. Finalmente, existe una baja calidad técnica en las resoluciones judiciales dictadas en asuntos de aguas, no sólo debido al desconocimiento técnico en el tema del agua, sino también a los bajos estándares procesales que se dan en los recursos especiales de aguas (falta de observancia de los principios del debido proceso, o bilateralidad de la audiencia, entre otros)“.

Enseguida, en sus conclusiones el estudio señala: “Varios retos vinculados con los aspectos legales e instrumentos de gestión están relacionados con las definiciones y características, así como con la regulación de los DAA son:

Proteger los derechos de aguas de los grupos vulnerables. Un gran desafío para la protección de los DAA de grupos vulnerable, incluyendo los grupos indígenas y pequeños agricultores, es que una cantidad importante no tiene títulos o no están inscritos en los registros de los Conservadores de Bienes Raíces (CBR), cuya función principal es dar certeza en la posesión de derechos. Otro desafío es la protección de los —usos en la corrientell, de los que depende el modo de vida de algunos grupos ribereños.

Mejorar la protección de los requerimientos hídricos para los ecosistemas y servicios asociados. Una gran dificultad en este tema es que el CA no reconoce el uso ambiental y que no se ha podido establecer caudales ecológicos mínimos en las áreas con mayor escasez de agua ya que cuando se introdujo este instrumento, el agua de la mayoría de los ríos de las partes norte y central del país ya estaba asignada a DAA existentes. Además, la patente por no uso ha impedido que actores privados adquieran y conserven DAA para este propósito. Sin embargo, el Gobierno está exento del pago de la patente y podría poseer tales DAA ya sea comprándolos o recibéndolos de privados como donación.”

Termina sus recomendaciones con tres aspectos relevantes para este PEGH:

“Hacer la gestión del agua subterránea más sostenible. La sostenibilidad del recurso está en riesgo en algunos acuíferos porque los DAA otorgados exceden la capacidad de explotación. En particular, falta información, buenas herramientas de gestión y conocimiento del recurso en el país; las aguas subterráneas y superficiales no se manejan de manera conjunta; en general, hay muy poco control de las extracciones, legales o ilegales; los usuarios no se han organizado para asumir la gestión de los acuíferos; no existen perímetros de protección para proteger las fuentes de agua potable; y no se han analizado los efectos de los subsidios a la tecnificación del riego al evaluar su efecto sobre la recarga y la contaminación de los acuíferos.

Profundizar las medidas ya tomadas para asegurar la calidad del agua. Se ha logrado en poco más de 10 años, una reducción importante de la carga contaminante de las aguas servidas urbanas e industriales y una reducción drástica de la prevalencia de las enfermedades hídricas. Sin embargo, la calidad de las aguas ha disminuido en algunas regiones del país. Los desafíos pendientes son afrontar la contaminación difusa agrícola y forestal y los impactos eventuales de los pasivos asociados a los residuos mineros, y proteger los lagos costeros, los estuarios y las aguas subterráneas, particularmente vulnerables a la contaminación. Por ello, es importante implementar plenamente los instrumentos para el control de la contaminación previstos por la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, como las normas de calidad ambiental de las aguas receptoras (normas secundarias) y los planes de prevención y de descontaminación asociados. También será necesario mejorar la red de monitoreo y el sistema de información de la calidad de aguas; profundizar el conocimiento de los ecosistemas acuáticos y fortalecer el personal en las Autoridades Ambientales Regionales y en la DGA.

Mejorar los sistemas de información y comunicación. A pesar de que hay una gran cantidad de datos, estudios e informes para el sector del agua fácilmente disponibles, hay algunas deficiencias en la cobertura, calidad y accesibilidad de la información. Esto incluye datos de disponibilidad y principales usos de agua, incluyendo flujos de retorno; y en la calidad ambiental del agua y fuentes de contaminación. La información en ciertos aspectos institucionales tampoco es fácilmente accesible, p. ej., con respecto a los conflictos de agua”.

Lo señalado genera, en un territorio como esta cuenca sobre la que tiene que formularse el plan, que puedan eventualmente coexistir y/o colisionar el desarrollo de actividades promovidas por el Estado como la minería no metálica de explotación de Litio en los salares caracterizados por Sernageomin como aptos, el Código de Aguas que permitió la adquisición de derechos de agua sobre los que se formuló el fallido proyecto de explotación de agua para la minería conocido como el Proyecto “Pampa Colorada”, y el desarrollo de actividades de turismo y de formulaciones de instrumentos municipales como el Plan de Desarrollo

Turístico para San Pedro de Atacama (PLADETUR)¹⁵ que hace promoción de un turismo indígena operado por las propias comunidades¹⁶ y el astroturismo¹⁷, entre otros.

Enseguida, se tiene que las definiciones de las unidades territoriales a analizar ameritan un sólido fundamento y justificación a objeto de generar instrumentos que tengan certeza en cuanto a la viabilidad de implementarse. Por ello se debe generar conocimiento a través de adecuada obtención de datos que permita definir tanto las unidades territoriales a estudiar y los instrumentos a desarrollar como modelos tanto conceptuales como matemáticos los cuales para su validación requieren de información suficientemente extensa y confiable, de una longitud de registro de tal magnitud que de seguridad acerca de los resultados de dichos modelos entregan o predican. De esa forma los escenarios que se corran tendrán certidumbre en cuanto a resultados y las consecuentes acciones que se deriven de ello tendrán mejores opciones de ser implementadas. Sobre esto debe considerarse además el escenario de cambio climático que agrega una complejidad adicional que requiere con mayor justificación la generación de información de las variables hidrometeorológicas que alimentan los modelos.

En cuanto a lo señalado acerca de los SHACs existentes en el área en estudio se tiene que en los procedimientos para otorgar derechos de aprovechamiento de agua se ha utilizado como herramienta fundamental el "Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común" (SHAC), que ha sido definido en el Reglamento de Aguas Subterráneas (Decreto N°203, MOP de 2013) como "el acuífero o parte de un acuífero cuyas características hidrológicas espaciales y temporales permiten una delimitación para efectos de su evaluación hidrogeológica o gestión en forma independiente".

Como esta herramienta se definió en la ley principalmente para gestionar los derechos de agua, en ocasiones han tenido que readecuarse por inconsistencias principalmente asociadas a la falta de independencia hidráulica entre un sector hidrogeológico y otro, que impiden una correcta delimitación hidrogeológica que además se utiliza para temas de evaluación y funcionamiento del sistema hidrogeológico, más allá del objetivo para el cual fue definido en la normativa.

¹⁵ https://www.municipiosanpedrodeatacama.cl/wp-content/uploads/2020/12/PLADETUR_SPA_Vigente_2020-2025.pdf

¹⁶ <http://www.fundacionspa.cl/wp-content/uploads/2021/03/2021-TURISMO-INDIGENA-ADI-Atacama-La-Grande.pdf>

¹⁷ <https://www.fundacionspa.cl/DiagnosticoAstroturismo2021.pdf>

Lo anterior se evidencia en el caso del salar de Atacama en donde la definición de los SHACs ha tenido que ajustarse cuatro veces (años 1977, 1999, 2010, 2012 y 2013). Ello es particularmente importante ya que como se señaló en este informe, las cuencas hidrológicas que conforman el área de estudio considerados por la DGA como sistemas cerrados endorreicos, observaciones hechas en superficie y en profundidad mediante sondajes y geofísica, en algunas de las cuencas de mayor cota dentro del área indican la falta de depósitos salinos o lacustres, o presencia de afloramientos de agua o lagunas. En consecuencia, dado que existe recarga activa en dichas cuencas y ésta no se manifiesta en superficie, esto implicaría descarga de agua subterránea hacia cuencas vecinas situadas a menor cota. Esta representación de los flujos de agua subterránea les confiere a estas cuencas hidrológicas endorreicas una extensión hidrogeológica mayor, pudiendo establecer para esta zona distintos sistemas o sectores hidrogeológicos.

Por último y considerando el proceso constituyente que definirá la nueva constitución, es necesario señalar que la actual legislación de aguas presenta grandes brechas de gobernanza, debieran considerarse aspectos ignorados por la actual normativa relacionados con tales como: la multiplicidad de funciones y valores del agua, los derechos humanos al agua y al saneamiento y reconocer constitucionalmente el carácter de bien nacional de uso público de las aguas¹⁸.

Lo anterior constituye las grandes brechas de gobernanza sobre choque de normativas y falta de información para la modelación. Lo que implica mayor datos y estaciones de monitoreo.

En seguida, la cuenca tiene una gran importancia para las comunidades atacameñas que han habitado el territorio desde tiempos inmemoriales, las que mantienen demandas y reivindicaciones territoriales. Además de tener legítimas desconfianzas en cuanto al uso de la información para la determinación de los balances de disponibilidades y calidad de las aguas de los territorios que ocupan, lo que, en su opinión, y atendido el marco normativo del régimen de las aguas y concesiones mineras, permiten generar datos e información que finalmente redunden en una nueva afectación a sus hábitats y territorios.

¹⁸<https://foroconstitucional.uc.cl/wp-content/uploads/2021/10/Aguas-y-Nueva-Constitucion-Perspectivas-y-Propuestas.pdf>
y <https://www.latercera.com/reconstitucion/noticia/daniela-rivera-abogada-del-foro-constitucional-uc-es-importante-que-la-nueva-constitucion-reconozca-que-el-acceso-fundamental-prioritario-es-el-agua-para-uso-personal-y-domestico/FRXPVNTTE6FFFLDBK3GRSJAGFQA/>

En general las comunidades rechazan el actuar de órganos de la Administración del Estado, en particular la Dirección General de Aguas, CORFO y el Ministerio de Minería, y al Estado de manera transversal por cuanto en su opinión, ha habido de su parte una actitud permanente de no reconocer que las comunidades tienen una relación vinculante con su tierra y su territorio ancestral. Además de considerar que, a pesar de los innumerables estudios realizados por muchos organismos públicos e instituciones científicas a nivel mundial, paradójicamente no han significado una mejora de las comunidades que han sido las pobladoras originarias y las que van a seguir desarrollando sus sistemas de vida y costumbres en esos territorios.

Consideran que la acción del Estado sólo ha significado afección y detrimento a las comunidades sin que se haya hecho nada al respecto, lo que ha provocado que éstas deban protegerse y defenderse por sí mismas de los efectos y las amenazas que genera este abandono. Por ello, consideran que es su derecho resguardar y cuidar sus territorios y sus recursos naturales de modo de prevenir que se genere información o antecedentes que sean de dominio público que pudiesen significar un detrimento a la ya delicada situación de sus pueblos y sus territorios y ecosistemas, severamente deteriorados por una gestión fragmentada por parte del Estado que ha significado graves consecuencias para quienes habitan esos territorios.

En este sentido, es importante señalar que en relación a las aguas indígenas aún falta bastante para darles la adecuada seguridad jurídica¹⁹ dentro de la normativa vigente y en particular en esta cuenca donde los derechos de agua regularizados a comunidades no guardan relación con la valoración que le dan a sus aguas en sus territorios. En cuanto a la constitución de derechos de aprovechamiento de agua por la vía del Código de Aguas, perviven derechos de terceros que no están siendo utilizados y que pagan holgadamente el cobro anual de patente por no uso, pero que podrían ser vendidos o transferidos para el desarrollo de algún proyecto en la cuenca o ser adquiridos y posteriormente ser trasladados a puntos de explotación fuera de la cuenca.

En efecto, los tribunales han admitido que las comunidades atacameñas, aunque históricamente hayan carecido de títulos otorgados por la autoridad, no por ello son meras

¹⁹ Las regularizaciones realizadas a través de las disposiciones del Código de Aguas asimilan los requerimientos y procedimientos a características de derechos de agua que no tienen relación ni con la tierra ni el entorno sociocultural y ha obligado a las comunidades a someterse a un estatuto legal que no reconoce su condición sociocultural diversa quedando de esa forma restringidos a características y modalidades que no les son propias

usuarias de aguas, sino que legítimas poseedoras de derechos ancestrales originados en prácticas consuetudinarias reconocidas por el legislador, que, con títulos o sin ellos, tienen plena validez y protección. Siendo esto así, es perfectamente procedente que ellas regularicen sus derechos, a fin de dotarlos de certeza jurídica y protegerlos ante los crecientes conflictos generados por el aumento de la demanda de derechos de agua de la zona. El reconocimiento judicial y la inscripción de estos derechos, en forma comunitaria, ha sido el primer y más importante paso en la protección de las comunidades indígenas que viven de esas aguas desde tiempos inmemoriales, y la base sobre la cual podrá sustentarse su anhelado desarrollo. Sin embargo, la tarea de amparar estos derechos está muy lejos de haber concluido, ya que en los últimos años se han planteado nuevas situaciones que amenazan el legítimo ejercicio de estos, como lo es la extracción indiscriminada de aguas subterráneas. Este fenómeno además de causar impactos negativos en la preservación de los ecosistemas andinos afecta directamente a las comunidades atacameñas de dos formas distintas: provocando la desecación de diversas vegas de uso ganadero y pastoril y, en segundo lugar, ha hecho mermar en algunos casos el caudal de aguas superficiales, de uso agrícola, que se abastecen con aportes subterráneos²⁰.

Igualmente existen numerosas pertenencias mineras vigentes en el área en estudio que capturan territorios para posibles actividades de minería que también representan amenazas a las comunidades y/o colisionan con otras actividades que pueden desarrollarse en ella como ya se dijo.

El análisis realizado corresponde a la segunda brecha de gobernanza detectada, la baja participación y credibilidad desde las Comunidades Indígenas hacia los servicios públicos y sus estudios pues son utilizados para beneficios de los privados.

El tema de la Consulta Indígena también es un desafío ya que en estos territorios es relevante dicha consulta, la que es normada por el DS 66/2014, del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, Reglamento que Regula el Procedimiento de Consulta Indígena en Virtud del Artículo 6 del Convenio N° 169 de la Organización Internacional del Trabajo, que tiene por objeto dar ejecución al ejercicio del derecho de consulta a los pueblos indígenas, el cual se aplica a los organismo del Estado tal como lo señala expresamente el DS66/2014 en su Artículo 4, inciso 1º: "El presente reglamento se aplica a los ministerios, las intendencias,

²⁰ <http://ojs.uc.cl/index.php/REDAE/article/view/8126/7598>

los gobiernos regionales, las gobernaciones y los servicios públicos creados para el cumplimiento de la función administrativa".

A este respecto, el artículo 7° inciso 3° del señalado decreto supremo establece que "Son medidas administrativas susceptibles de afectar directamente a los pueblos indígenas aquellos actos formales dictados por órganos que formen parte de la Administración del Estado [...] cuya propia naturaleza **NO REGLADA** permita a dichos órganos el ejercicio de un margen de discrecionalidad que los habilite para llegar a acuerdos y obtener el consentimiento de los pueblos indígenas en su adopción; y, cuando tales medidas sean causa directa de un impacto significativa y específico sobre las pueblos indígenas".

En consecuencia, las solicitudes de consulta indígena respecto de algunos procedimientos administrativos reglados habían sido rechazados en base de la normativa antes señalada.

En lo que sigue se analiza la tendencia jurisprudencial sobre este tema que permite concluir que la consulta debe hacerse incluso para procedimientos reglados lo cual debe ser tenido en cuenta no sólo por la DGA sino por cualquier otro organismo de la Administración del estado con competencia en materias de aguas con consideraciones indígenas.

Sin embargo, en el caso de la Res. Ex. N°016/2020, de fecha de 28 de enero de 2020, la Dirección Regional de la DGA Región de Antofagasta, resolvió "Otorgar autorización para explorar aguas subterráneas a Compañía Minera Zaldívar SpA (CMZ), en la comuna de San Pedro de Atacama, provincia de El Loa, Región de Antofagasta", procedimiento totalmente reglado en el Código de Aguas. En contra de este acto administrativo, la Comunidad Indígena Atacameña de Peine presentó recurso de reclamación ante la Corte de Apelaciones respectiva, para que fuera dejada sin efecto, se rechazara en definitiva la solicitud para explorar aguas subterráneas y se ordenara a la autoridad reclamada iniciar un proceso de consulta indígena con la COMUNIDAD INDÍGENA ATACAMEÑA DE PEINE, de conformidad con lo establecido en el Convenio N°169 de la Organización Internacional del Trabajo y el D.S. N°66/2013 del Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

En sus descargos la DGA argumentó el carácter reglado que tiene la aprobación de una solicitud de exploración de aguas subterráneas, y que este tipo de proyectos no se encuentra comprendido dentro de aquellas medidas administrativas que deben ser consultadas a los pueblos indígenas interesados, correspondiendo su aprobación o rechazo a la Dirección General de Aguas, conforme a la normativa específica establecida en el Código de Aguas y en el Decreto Supremo M.O.P. N°203 de 2013.

Sin embargo, el Tribunal señala que ello no es así, toda vez que la consulta es procedente cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectar directamente a los pueblos indígenas, como lo indica el artículo 6 del Convenio 169, no pudiendo invocarse el derecho interno para incumplir una obligación asumida en virtud de un tratado internacional ratificado por Chile.

Señaló a continuación que el mecanismo de consulta indígena se justificaba plenamente en ese caso porque el informe técnico y lo señalado por la propia DGA, de acuerdo con el oficio Ord. N°0039 de 27 de febrero de 2019 CONADI el área solicitada por CMZ para la exploración de aguas subterráneas se inserta en tierras bajo régimen de propiedad indígena y en área de desarrollo indígena, conforme a la Ley N°19.253 de 5 de octubre de 1993, por lo que a juicio del Tribunal resulta obvio que el proyecto de la CMZ para explorar aguas subterráneas afecta directamente a la comunidad indígena por la cual se reclama, pues la autorización supone el ingreso a terrenos que se encuentran bajo el régimen de propiedad indígena, que la comunidad reclama como propiedad suya, y en los cuales la empresa privada solicitante pretende realizar trabajos de exploración, lo que significa perforaciones y alteraciones del lugar, que tienen como propósito final la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas.

En mérito de lo anterior en consecuencia, la Corte concluyó que la Dirección General de Aguas de Antofagasta al dictar la Resolución Exenta N°016 de 28 de enero de 2020, omitió la consulta respectiva a la comunidad indígena de Peine, y no ha cumplido con la obligación a que voluntariamente se sometió el Estado de Chile al ratificar el Convenio N° 169, y en consecuencia dicha omisión torna ilegal la decisión de la Dirección de Aguas como también el procedimiento previo a su dictación, pues ha faltado la obligación de consulta que debía acatar la autoridad por imperativo legal, implicando la falta de validez del procedimiento y el acto administrativo impugnado.

Finalmente, la empresa CMZ se desistió del permiso de exploración otorgado y la DGA mediante acto administrativo, acogió la renuncia a la autorización de exploración y declaró disponibles los terrenos para nuevas exploraciones.

Este análisis sobre la procedencia de la consulta indígena constituye la tercera brecha de gobernanza detectada acerca de la necesidad de implementar la Consulta Indígena para realizar estudios e implementar cartera de acciones.

7.2. Brechas en Dimensión Ambiental y Calidad de Agua

Se desprende del diagnóstico de la cuenca, la importancia ambiental, científico y cultural que el territorio y los ecosistemas presentes en él representan para las comunidades locales. Las experiencias vecinas (salar de Atacama) han demostrado la enorme fragilidad y dependencia de los distintos hábitats con los recursos hídricos disponibles tanto superficiales como subterráneos y la interconexión existente entre las cuencas, de ahí surge la fuerte oposición de las comunidades indígenas locales y del Consejo de Pueblos Atacameños (CPA, que agrupa a las/los presidentes de las comunidades del Salar de Atacama), a intervenciones externas.

Existen diversos estudios que se han utilizado para declarar el resguardo de las vegas y bofedales altoandinos prohibiendo la exploración y explotación de los recursos subterráneos con la finalidad de proteger los ecosistemas extremófilos que se desarrollan en los cuerpos de agua, los cuales son de gran importancia científica y sustento de la vida en la puna. Esta fragilidad ecosistémica, y la particularidad de la explotación de la salmuera no está adecuadamente cubierta o protegida por la institucionalidad ambiental ni sectorial por lo que se requiere de una política específica para la explotación de los salares, de modo de preservar su sustentabilidad en el largo plazo. O bien propiciar el resguardo de estos ambientes en reservas o parques nacionales en donde adquieran estatus suficiente como para proteger estos ecosistemas frágiles.

Por otra parte, y contrastando con la importancia ecológica de los sistemas que habitan la puna y su fragilidad, se tiene que el Servicio Nacional de Geología y Minería determina a través de estudios sobre el potencial del litio en Chile, zonas de interés para la explotación a los Salares de Aguas Calientes Norte, Pujsa, Loyoques o Quisquiro, Aguas Calientes Centro, El Laco y Aguas Calientes Sur, aumentando así la presión sobre la demanda de la extracción del litio en la zona principalmente de las empresas mineras, lo cual se traduce en un incentivo contrapuesto al DS 50/90 que crea la R.N. Los Flamencos administrada por CONAF en convenio con las comunidades atacameñas y también contra la Res. DGA 529/03 de protección de vegas y bofedales altoandinos.

En la zona además ya existen numerosas pertenencias mineras en forma de concesiones de exploración y explotación vigentes, por tanto actualmente existe una demanda de usos mineros que no considera la enorme fragilidad ecosistémica que estos cuerpos de agua tienen, dado que la extracción de salmueras tiene el potencial de afectar los recursos hídricos, incluyendo los sistemas lagunares y el medio biótico asociado, además de tener

impactos negativos sobre los grupos humanos y comunidades indígenas asentados en el entorno de la cuenca del salar o que ocupan dichos territorios. Por consiguiente, no se logra explicar cómo es posible que se otorguen concesiones mineras de exploración y explotación en lugares que por decreto supremo o resolución exenta están de una manera u otra, protegidas por el Estado. Esto, por lo tanto, refleja falta de lineamientos claros y priorización de intereses de uso, abastecimiento y conservación del agua en los territorios por parte de los organismos gubernamentales.

Por otra parte, la escasa información de estudios que evidencien precisamente cuál es la afectación real de la explotación de la salmuera sobre los ecosistemas nos conduce a una nueva brecha que tiene relación con la información oportuna y veraz para la toma de decisiones; la falta de estudios científicos acerca de los impactos negativos sobre los recursos y sistemas de agua dulce no permite una gestión adecuada de los territorios y sus recursos naturales. De esta forma, se reconoce una falta de estudios de caso para investigar la afectación de los territorios (análisis de impactos en cuencas vecinas, costo-beneficio) y la necesidad de generar un sistema de levantamiento y generación de información in situ, análisis y monitoreos (telemetría), medidas de control y alertas tempranas.

Con respecto a la calidad de agua se tiene que la mayor parte de los cuerpos y cursos de agua presentes en la zona de estudio son altamente tóxicas para el consumo humano y uso en riego principalmente por sus concentraciones de arsénico y boro, sin embargo, existen vertientes y afloramientos de buena calidad que actualmente son utilizados por las comunidades locales para pastoreo de sus animales las cuales pueden verse afectadas por la disminución de las napas subterráneas producción de la extracción creciente en cuencas aledañas.

No existe red de monitoreo hidrométrico ni hidroquímico que permita mantener información actualizada y oportuna respecto de la calidad, cantidad y variabilidad temporal y espacial del recurso hídrico en la cuenca lo que provoca una incertidumbre y desconocimiento para realizar una adecuada administración del recurso, no existe información sobre fuentes de contaminación antrópicas en la cuenca, no hay fiscalización sobre operadores o unidades de fiscalización ambiental o posibles focos de contaminación y no existe información ni estudios específicos del comportamiento y movimiento de los recursos hídricos en la cuenca.

Finalmente se llega a la conclusión de que las principales brechas en temas de medio ambiente y calidad de agua responden a: intereses político-económicos sectorizados y

contrapuestos, por un lado, el potencial extractivo de los salares presentes en la cuenca y la fuerte presión de explotar los recursos por parte de la minería y por otro lado la oposición férrea de las comunidades locales y científicas a dicha explotación para el resguardo de las funciones ecosistémicas y el equilibrio natural de estos lugares que intentan mantener los usos ancestrales para el abastecimiento y conservación del agua en los territorios. Ante esta disyuntiva es evidente que debe existir una institucionalidad pública firme con lineamientos claros y coherentes para la gestión sustentable de los salares, vegas y bofedales, que asegure la no afectación de los territorios y sus recursos naturales y resguarde las funciones ecológicas de los ecosistemas presentes.

Para asegurar una correcta y sustentable gestión y administración del recurso hídrico en la cuenca se requiere de información de monitoreo hídrico el cual debe propiciar el entendimiento del funcionamiento y dinámicas de las aguas para las tomas de decisiones de los diferentes sectores.

7.3. Brechas en Hidrogeología

En relación a la modelación hidrogeológica conceptual para la cuenca Endorreica entre Fronterizas y el Salar de Atacama están asociadas principalmente a la escasa información disponible en algunos sectores. Esta brecha se ve acentuada por la imposibilidad de acceder a territorios para la generación y captura de información relevante para entender la dinámica y funcionamiento de las aguas subterráneas.

Dentro de la zona de estudio de este PEGH, definida como la cuenca Endorreica entre Fronterizas y el Salar de Atacama existe sólo un punto oficial de control de algunas variables hidrometeorológicas (temperatura, radiación, velocidad y dirección del viento, humedad y precipitación líquida) y por un período corto de tiempo (3 años). Esta falta, espacial y temporal, de datos hidrológicos genera una brecha en cuanto al control instrumental de la cuenca y condiciona a la generación modelos hidrogeológicos alimentados por datos obtenidos fuera de estas cuencas y proyectados desde sectores con distintas características hidrológicas. En general, a nivel país, las estaciones meteorológicas se encuentran ubicadas dentro o cercanas a zonas pobladas de fácil acceso, lo cual genera brechas de información hidrometeorológica en zonas cordilleranas sin asentamientos humanos de importancia o actividad minera, como es el caso de la cuenca de estudio, donde existe escasa a nula información de escorrentía superficial, precipitaciones líquidas y sólidas, evaporación y sublimación, siendo estos registros fundamentales para realizar estudios confiables de recarga y dinámica de las aguas subterráneas.

Esta falta de información en la cuenca queda en evidencia también al existir amplios sectores sin información hidrogeológica. Como se presenta en el Capítulo 2, las cuencas de estudio, por su ubicación geográfica y socio-territorial, presentan muy baja intervención humana, sin proyectos productivos que hayan necesitado de estudios de las aguas subterráneas, tanto para su caracterización, extracción o protección. Sólo en las subcuencas ubicadas al sur del área de estudio, se desarrolló un proyecto de exploración y evaluación de recursos hídricos subterráneos²¹ que generó importante información hidrogeológica, hidrológica y de calidad de aguas. Sin embargo, todas las subcuencas ubicadas en la zona norte, centro y poniente del área de estudio, vale decir: salar de Pujsa, salar de Aguas Calientes Norte, salar de Quisquiro, gran parte del salar de Aguas Calientes Centro, laguna Lejía, lagunas Miscanti y Meñiques y salar de Capur, no tienen información de pozos o aguas subterráneas.

Para acrecentar la falta de información en el área de estudio, se evidenció que gran parte de los terrenos, al ser territorios de uso ancestral de las comunidades cuyos poblados se encuentran en la vertiente oriental del Salar de Atacama, se encuentran con acceso restringido. Esto dificulta la realización de tareas de investigación para organismos ajenos a las comunidades. De esta forma, se observa además que la falta de instancias para estudios colaborativos con las comunidades locales podría subsanar esta brecha. Para esto, sin embargo, se requiere, en primer lugar, generar lazos de confianza entre la institucionalidad y las comunidades locales para aprovechar sus conocimientos y capacidad de investigación.

Por último, se reconoce una brecha en la falta de estudios regionales que integren resultados y profundicen en la investigación del comportamiento de los flujos de agua subterránea entre cuencas. Mejorar el conocimiento de los sistemas hidrogeológicos alto andinos, estableciendo un enfoque de estudio regional considerando que en la dinámica de las aguas subterráneas en medios fisurados y rocas volcánicas porosas se reconocen recorridos de estos flujos que se extienden fuera de los dominios de las cuencas hidrológicas clásicas y podrían existir traspasos subterráneos entre ellas o afloramientos de aguas subterráneas con un respaldo hídrico que abarca una superficie superior a la cuenca hidrográfica. La necesidad de hacer estudios conjuntos se vincula con la idea expresada por los dirigentes de las comunidades atacameñas contactadas de vincular o unir los distintos PEGH existentes al interior del ADI Atacama La Grande. Es decir, un solo PEGH que incluya

²¹ Proyecto: SUMINISTRO DE AGUA PAMPA COLORADA
https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=1986330

las cuencas del Salar de Atacama, Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama y las cuencas Fronterizas sin PEGH a la fecha donde se ubica el salar de Tara; tal como señaló la directiva de la Comunidad de Toconao en reunión sostenida 27/9/21 (Ver Anexo I: PAC - Capítulo 3. Actividades PAC).

7.4. Brechas en Infraestructura

A partir de la caracterización de la cuenca en ámbitos de infraestructura, se visualizan como principales problemáticas, una baja densidad de estaciones en la cuenca, donde existe solo una estación meteorológica DGA, Paso Sico. Además no existen estaciones fluviométricas en la cuenca, que permitan cuantificar el recurso superficial y mejorar la comprensión del balance y disponibilidad hídrica en la cuenca. También en procesos de participación ciudadana, se menciona la necesidad de preservar y conservar los bofedales, como también la infraestructura de captación y conducción del APR de la Comunidad de Peine, que capta sus recursos en la cuenca.

Según las necesidades de infraestructura identificadas en la cuenca, se identifican las siguientes brechas:

- Investigar y cuantificar los recursos hídricos y el clima en la cuenca, a través de una red de estaciones hidrométricas.
- Carencia de información base y análisis para contribuir a la protección de ecosistemas de la cuenca.
- Necesidad de conservar sectores de aguas superficiales y espacios de biodiversidad de la cuenca.
- Necesidad de obras de captación regularizadas de usuarios (as) de agua con derechos y usos reales del recurso hídrico superficial (Comunidad de Peine).

7.5. Brechas SIG

Las brechas identificadas en materia del Sistema de Información en la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama, se refieren a la escasa información existente a escala local, ya que, a escala nacional, existe información levantada a escala 1:50.000, no existe información de la cuenca a escalas menores.

Una escala adecuada para obtener información local de la cuenca sería 1:10.000, esta ayudaría a representar de mejor manera los distintos accidentes geográficos presentes en el territorio.

Esta base cartográfica se puede lograr mediante la realización de vuelos fotogramétricos o levantamiento por medio de Modelos de Elevación Digital (DEM) con imagen satelital, ambos tipos se pueden vincular a un punto IGM y una red secundaria para su georreferenciación.

Como institución a realizar esta labor son las atinentes a estas labores como son el SAF, IGM o CIREN. Esta puede realizarse a mediano plazo dependiendo de los fondos establecidos para esta tarea.

7.6. Brechas en Minería

Las brechas identificadas en materia de minería es el proyecto minero El Laco, el cual se encuentra suspendido, aunque este puede ser reactivado, según mejoren los precios internacionales de los minerales. Si se reactivara este proyecto, la presión sobre los recursos hídricos alteraría el equilibrio del sistema en donde se sitúa.

El yacimiento de El Laco se ubica en la parte suroriente de la cuenca, por el débil equilibrio ecológico existente en la cuenca se espera una actualización de los estudios ambientales de la mina, si se decide comenzar nuevamente a explotarla.

Previo a la reanudación de la explotación, los entes públicos deberán licitar estudios ambientales en la zona, o exigir una actualización acorde a los objetivos ambientales desarrollados en este Plan.

7.7. Brechas en la modelación WEAP

Respecto de la identificación de brechas para la modelación hidrológica base, estas se detallan a continuación en el contexto de la modelación hidrológica base.

El primer set de brechas de modelación se da por no contar con un modelo regional de aguas subterráneas para permitir acople con modelos hidrológicos superficiales, por ejemplo WEAP y así mejorar considerablemente la representación física de los sistemas hidrológicos e hidrogeológicos.

- La primera brecha encontrada es que el modelo simplifica la representación física de las cuencas y los acuíferos, por ejemplo, la simulación de sistemas hidrogeológicos regionales está limitada a una o varias cajas acuíferas.

- El Modelo no simula cuerpos de agua naturales o procesos hidrológicos como la recarga lateral, la evaporación desde un acuífero superior, los afloramientos, y la recarga lateral hacia los salares.

Un segundo tipo de brechas de modelación tiene que ver con la aplicabilidad del Modelo WEAP y los datos observacionales disponibles.

WEAP es una buena herramienta para establecer esquemas de manejo de aguas a escala mensual, sin embargo, no es recomendable para simular inundaciones o crecidas aluvionales por lo que debiera evaluarse la necesidad de nuevos modelos hidrológicos e hidrogeológicos, por ejemplo, Modelos de inundación para las Cuencas Endorreicas

- Existe una baja disponibilidad de estaciones meteorológicas y datos observados en las cuencas endorreicas. Solo seis estaciones con registros recientes se encuentran disponibles. Existen datos observados de afloramientos sólo en dos cuencas.
- No hay desarrollo de iniciativas de financiamiento para mejorar la red hidrométrica de las cuencas Endorreicas.
- Hay un bajo número de estudios públicos y privados existentes con información detallada pertinente a la modelación WEAP de las cuencas Endorreicas.
- Las variables de estado y parámetros iniciales de la mayoría de las cuencas incluidas en el modelo WEAP han sido estimados utilizando las características geomorfológicas de las cuencas, la modelación WEAP del salar de Atacama y otras simulaciones previas.
- Estas brechas se dan por la no implementación de programas para el desarrollo de proyectos de monitoreo e investigación de mediano y largo plazo que permitan generar información clave para mejorar la gestión de las cuencas Endorreicas. Lo anterior va de la mano con falta de información hidrometeorológica e hidrogeológica para modelar las cuencas Endorreicas, la cual debe ser mejorada.

8. Acciones

Las acciones propuestas en este plan se estructuraron en torno a 6 ejes, lo que buscan responder a las brechas identificadas previamente, y con los cual además se asignó la respectiva identificación para cada iniciativa propuesta

1. Gobernabilidad y aspectos socioculturales (GS)
2. Dimensión Ambiental y Calidad del Agua (DC)
3. Hidrogeología (HG)
4. Infraestructura (IN)
5. Sistemas de información (SI)
6. Modelación WEAP (MW)

Sobre las acciones propuestas se tiene lo siguiente:

8.1. Gobernabilidad y Aspectos Socioculturales

8.1.1. Capacidad de Carga Demográfica/Capacidad de Acogida de los Territorios

En el caso de la cuenca en estudio, y dadas las aprehensiones y preocupaciones evidenciadas por parte de las comunidades indígenas que se sitúan en esos territorios principalmente por la desregulada actividad de operadores turísticos, se considera que podría considerarse una medida que formule un instrumento como el de la capacidad de carga turística o capacidad de acogida, dado que no hay desarrollo de actividades productivas en ella, similar a los establecidos para rapa Nui o Juan Fernández, sin tener que formular ni reformas constitucionales ni leyes especiales en este caso, sino que a través de instrumentos que emanen de la autoridad regional y que considere indicadores no demográficos sino ambientales, sociales, culturales y económicos, que permitan definir una matriz de indicadores de capacidad de carga sociocultural.

La componente sociocultural es fundamental en este caso para establecer los límites de capacidad de carga de un territorio a fin de alcanzar la sustentabilidad, de manera de detectar y actuar a tiempo para prevenir o superar efectos no deseables en la identidad

local y la calidad de vida de las comunidades como resultado directo de las relaciones sociales que se generan entre quienes habitan el territorio y las personas foráneas²²

En el caso de las islas de Juan Fernández y Rapa Nui, la Ley N° 20.193/2007²³, mediante reforma constitucional, declaró a Rapa Nui y al Archipiélago Juan Fernández, territorios especiales, permitiendo de esta forma que el Gobierno y Administración de estos territorios se regirán por los estatutos especiales que establezcan las leyes orgánicas constitucionales respectivas. Enseguida, la Ley

Enseguida, la Ley N° 21.070, reguló el ejercicio de los derechos a residir, permanecer y trasladarse hacia y desde el territorio especial de isla de Pascua y posteriormente, el Decreto 1.546, del 2019, del Ministerio del Interior, aprobó el reglamento de la ley 21.070.

Previamente, y por Decreto 1.120, de 2018, del Ministerio del Interior, y conforme a lo establecido en el artículo 11 de la ley N° 21.070, se estableció la capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua, en periodos de latencia y saturación.

Lo anterior a raíz de la creciente actividad económica impulsada en el territorio especial de Isla de Pascua, de una mayor extracción de recursos naturales, desarrollo de la industria del turismo y la expansión de la infraestructura, que intensificaron las presiones sobre el medio ambiente, particularmente atendidas las condiciones especiales propias de su situación geográfica, como su origen volcánico, la erosión del suelo y la existencia de sectores rocosos, que dificultan la instalación extensiva de asentamientos humanos de forma homogénea.

A lo anterior se sumó que la población que reside en Isla de Pascua había aumentado progresivamente, lo que ha generado preocupación de su comunidad la que manifestó la necesidad de enfrentar los efectos que este aumento pudiera generar, además de establecer un control migratorio, con el objeto de asegurar la mantención de las condiciones que permiten un desarrollo sostenible y la calidad de vida de las personas que la habitan y especialmente conservar el patrimonio ambiental de Isla de Pascua.

El establecimiento de la capacidad de carga demográfica se hizo en base del "Estudio de Capacidad de Carga Demográfica para el territorio de Isla de Pascua" (marzo, 2018) y la "Asesoría para la implementación de la Ley 21.070, en el marco del establecimiento del

²² <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2017/05/TESIS-PAH.pdf>

²³ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=263040>

decreto de capacidad de carga demográfica de Isla de Pascua" (julio, 2018), ambos desarrollados por el equipo de Planes y Proyecto Urbanos, de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

8.2. Dimensión Ambiental y Calidad de Aguas

8.2.1. Acceso a la Información

Tal como se identificó en el capítulo de brechas el acceso oportuno a la información sobre cantidad, calidad, variabilidad y comportamiento espacio temporal del recurso hídrico, repercute en la necesidad de la creación de una plataforma web con información unificada y de fácil interpretación proveniente del monitoreo constante en los principales cursos y cuerpos de agua de la cuenca, esta información debe mantenerse disponible en tiempo real y estar previamente depurada y analizada, la cual permitirá a los tomadores de decisiones actuar de forma coordinada y oportuna ante eventos de contaminación o variaciones significativas de la cantidad y calidad del recurso.

8.2.2. Normativa de Sustentabilidad de Salares

Se requieren normativas claras para asegurar la sustentabilidad de los salares, la cual proponga medidas concretas para el resguardo de los sitios de interés ambiental y de alto valor para las comunidades locales, no se puede dejar de mencionar la vocación productiva de la cuenca bajo la mirada de las propias comunidades que la habitan, la cual está enfocada en la conservación de sus recursos y el desarrollo de un turismo sustentable. Por tanto, es necesario generar una política específica para la explotación de los salares, de modo de preservar su sustentabilidad en el largo plazo, una política consensuada con las comunidades para propiciar el resguardo de las vegas y bofedales altoandinos prohibiendo la exploración y explotación de los recursos subterráneos con la finalidad de proteger estos ecosistemas que se desarrollan en torno a los cuerpos de agua, los cuales son de gran importancia y sustento de la vida en la puna.

8.2.3. Caudales de Reserva en Sitios de Interés

Por otra parte, y en contraste con la importancia ecológica de los sistemas que habitan la puna y su fragilidad, se tiene conocimiento del potencial de extracción del litio y el interés económico sobre este recurso, lo cual se traduce en un incentivo contrapuesto a la protección de sitios de interés ambiental como las vegas y bofedales y aquellas lagunas

protegidas dentro de la R.N Los Flamencos. Por lo tanto, queda de manifiesto la falta de lineamientos claros y priorización de intereses de uso, abastecimiento y conservación del agua en los territorios. Lo que se pretende con esta acción, es reconocer a través de un estudio, la fragilidad ecosistémica de los cursos y cuerpos de agua de mayor interés tanto para la población que se abastece de estas aguas como para el sustento de la vida y proponer el decreto de caudales de reserva asociado a la limitación de otorgamiento de DAA para asegurar la no perturbación de las condiciones actuales del recurso hídrico.

8.2.4. Estudio del Derecho de la Naturaleza

Este concepto que se ha posicionado fundadamente en el último tiempo considera que la crisis ecológica y climática es muestra de un problema profundo y una alerta desde la cual se transparentan las deficiencias en la forma en que las personas se relacionan con el entorno que, determinada por la concepción antagónica entre humanidad-racional y naturaleza, ha dominado la cultura desde la modernidad, como consecuencia de la Revolución Científica y la Revolución Industrial²⁴

Por lo anterior, para frenar la destrucción de la naturaleza provocada por la humanidad, se formula la necesidad de cambiar el paradigma antropocéntrico por uno que transite hacia una relación de respeto e igualdad con la naturaleza, en que se reconozca que todas las formas de vida son moralmente relevantes. Esta visión, considerada ecocéntrica, reconocible en la cosmovisión de los pueblos indígenas, presente en la discusión ética y científica desde la ecología e incluso existente de manera hegemónica con anterioridad a la revolución industrial, se considera que el ser humano es parte de la naturaleza y como tal, debe vivir en armonía con ella, respetando sus ciclos y límites y sus derechos.

En la actualidad, el reconocimiento de derechos a la naturaleza, con distintos estatus y consideraciones, se ha incorporado en varios países como Ecuador, Colombia, Australia, India, Nueva Zelanda, Bolivia, Bangladesh, México, Uganda y Estados Unidos.

Estos derechos van desde el reconocimiento constitucional, reconocimiento legal, reconocimiento a nivel local a través de instrumentos de ordenamiento territorial.

²⁴ <https://www.fima.cl/wp-content/uploads/2022/01/informe-derechos-de-la-naturaleza.pdf>

En síntesis, en la formulación de estos instrumentos legales y normativos se acepta que la naturaleza es un sujeto de derecho moralmente valioso, que tiene derecho a existir, a persistir y a ser reparada y restaurada.

Este reconocimiento en los sistemas jurídicos permite avanzar en la protección de la naturaleza en sí misma y mejorar las herramientas que la ciudadanía tiene para proteger sus territorios y sus derechos ambientales, además de avanzar hacia una relación de mayor respeto y armonía con otras formas de vida en donde la humanidad es parte de un todo y que la naturaleza posee un valor en sí misma con independencia de los servicios o utilidad que pueda prestar a los seres humanos.

De esta forma, este reconocimiento de que la naturaleza tiene derechos permite avanzar hacia un nuevo paradigma en el que se evidencia la importancia de la naturaleza para todas las formas de vida.

Normar este derecho permitiría que todo nuestro ordenamiento jurídico como leyes, reglamentos, ordenanzas y toda otra norma jurídica considere respetar la naturaleza de manera expresa y en base de este concepto, formular soluciones de gestión de cuencas y de recursos hídricos de manera integral abandonando el concepto de que las personas son el centro de esta gestión y que los recursos naturales sólo les brindan servicios ecosistémicos.

8.3. Hidrogeología

Dentro de las acciones, la hidrogeología cuenta un rol importante dados las características hídricas de la cuenca, donde no se hayan grandes escurrimientos permanentes (ríos o vertiente), por lo existe una imperante necesidad de caracterizar los recursos subterráneos para el correcto desarrollo sustentable en el futuro (y presente) de la Cuenca Endorreica.

Se proponen acciones que permitan aumentar la cantidad de información hidrogeológica con una mirada integral a nivel de cuencas, pasando por el levantamiento de estudios básicos específicos apuntados a generar esta mejor caracterización del medio sobre el cual se pretende realizar gestión hídrica.

Para esto se propone levantar una línea base de información hidrogeológica, concentrando los estudios en las cuencas que carecen de estos antecedentes (Salar de Pujsa, Salar de Aguas Calientes Norte, Salar de Quisquiro o Loyoques, Laguna Lejía, Lagunas Miscanti y Meñiques, Salar de Capur y gran parte del Salar de Aguas Calientes Centro), realizando

estudios geofísicos, hidroquímicos, construcción de pozos y pruebas de bombeo, con el objeto de reconocer y caracterizar los recursos hídricos subterráneos, además de aumentar el conocimiento de la dinámica de las aguas subterráneas entre estas cuencas.

8.4. Infraestructura

Con respecto a infraestructura se mencionan iniciativas a baja escala de intervención, ya que como ha sido mencionado en múltiples ocasiones, la cuenca tiene una vocación de conservación y sustentabilidad dado sus usos ancestrales y escasa ocupación del territorio actual, donde no existen actividades productivas y tampoco explotación de derechos de agua otorgados. Sin embargo, existe una captación de la Comunidad de Peine, que obtiene el recurso hídrico en la cuenca y luego se conduce a la zona poblada, donde es necesario realizar un diagnóstico. Para mejorar la infraestructura de captación y conducción de la comunidad.

También se visualiza la importancia de generar una red de monitoreo en la cuenca con estaciones meteorológica, fluviométrica y de calidad, para tener una mejor línea base y balance respecto a los recursos hídricos en la cuenca.

Finalmente, se propone un diagnóstico para evaluar la condición de los bofedales y proponer medidas para su recuperación, entre las que se propone a priori la evaluación del efecto que tendría la construcción de obras de conducción y su construcción. Estas obras cumplirían el objetivo de regular las aguas afluentes a estos sistemas.

8.5. Sistemas de Información

Como parte del correcto desarrollo de un futuro sostenible en la cuenca, se considera una acción en la línea de robustecer la información cartográfica de la cuenca.

8.6. Modelación WEAP

Como parte de las iniciativas se considera fundamental poder estudiar en mayor detalle la captación de datos en terreno para la construcción del modelo local, de forma de robustecer el modelo numérico.

9. Cartera de Acciones

La formulación de este Plan de Acción considera el diagnóstico de la cuenca, la identificación de las brechas de los objetivos del plan, una propuesta de medidas de intervención en base de ellas y de los resultados del proceso de participación ciudadana, todo ello para terminar finalmente en acciones específicas para la cuenca.

Se presentan en este capítulo la síntesis final de las acciones propuestas y lo que será la metodología de evaluación de las acciones.

La metodología adoptada finalmente para la evaluación de las acciones formuladas para esta cuenca, tuvo en cuenta su carácter especial de territorio no habitado y ocupado ancestralmente por comunidades, además de sus especiales condiciones de territorio de conservación ambiental, lo que hizo necesario repensar las metodologías clásicas en donde componentes como agricultura, ciudades, desarrollo de industrias no están presentes en el territorio, además de la ausencia de información, datos y conocimiento sobre variables hidrometeorológicas.

9.1. Síntesis de Acciones Propuestas

A continuación, en Tabla 9-1 se muestran las iniciativas propuestas, y un mayor detalle de cada una se puede revisar en el Anexo K1.

Tabla 9-1. Síntesis de acciones propuestas para la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Temática	ID	Ficha	Acciones
Infraestructura	IN1	1	Instalación de estaciones fluviométricas y meteorológicas en subcuencas sin información
	IN2	2	Estudio y creación de una red de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca para contar con información en tiempo real.
	IN3	3	Mejorar o construir nueva infraestructura de captación y conducción de agua para la comunidad de Peine
	IN4	4	Diagnóstico para la construcción de obra de conducción y recuperación de bofedales

Tabla 9-1. Síntesis de acciones propuestas para la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Temática	ID	Ficha	Acciones
Dimensión Ambiental y Calidad del Agua	DC1	5	Creación de una plataforma digital con información unificada y de fácil interpretación de los datos de monitoreo.
	DC2	6	Estudio y desarrollo de una normativa de sustentabilidad para los salares
	DC3	7	Limitar el otorgamiento de DAA y decretar caudales de reserva en sitios de interés ambiental vigente
	DC4	8	Estudio sobre "Derecho de la Naturaleza" en Cuenca Endorreica.
Hidrogeología	HG1	9	Estudios hidrogeológicos completos e integrales las cuencas que conforman SHAC sin información
	HG2	10	Estudios geofísicos, hidro químicos e hidrogeológicos entre las Cuencas Endorreicas y la cuenca del Salar de Atacama
	HG3	11	Redefinición y delimitación de los SHAC en la cuenca de estudio.

Tabla 9-1. Síntesis de acciones propuestas para la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama.

Temática	ID	Ficha	Acciones
Modelación WEAP	MW1	12	Implementar programas de monitoreo de la autoridad en conjunto con las comunidades locales para la obtención de parámetros y variables para la modelación hidrológica en terreno.
SIG	SI1	13	Campañas de terreno para el levantamiento de información topográfica en la cuenca estudiada.
Gobernabilidad y aspectos culturales	GS1	14	Crear un organismo de cuenca que estudie la macrozona Salar de Atacama y cuencas periféricas, con recursos y facultades reguladoras de carácter vinculante y resolutivo.
	GS2	15	Apoyo en los procesos de traspaso de tierras e inscripción de DAA en favor de las comunidades con el fin de resolver los conflictos entre comunidades y dar respuesta satisfactoria a las comunidades en los territorios reclamados de uso exclusivo y compartido.
	GS3	16	Reconocer el rango constitucional de las aguas como bienes nacionales de uso público.
	GS4	17	Estudio de capacidad de carga demográfica para el territorio estudiado e implementación de esta medida.

Fuente: Elaboración propia

9.2. Evaluación de las Iniciativas

En este acápite se explicita la metodología de evaluación de las acciones formuladas por el presente Plan Estratégico de Gestión Hídrica (PEGH) de manera de poner en contexto primero las brechas y posteriormente priorizar de manera técnica las acciones correspondientes por un panel de expertos desde una perspectiva interdisciplinaria.

9.2.1. Metodología de Priorización

La priorización de las acciones del presente PEGH se elaboró utilizando la metodología multicriterio propuesta por Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social en su documento "Manual metodológico de evaluación multicriterio para

programas y proyectos” (ILPES,2008), el cual fue adaptado a la realidad de la cuenca en estudio. A continuación, en la Figura 9-1 se expone la secuencia de elaboración, los valores de ponderación y los subcriterios con sus indicadores que permitieron establecer una priorización de las iniciativas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9-1. Procedimiento esquemático de priorización de iniciativas para el PEGH.

- A) Propuesta Preliminar de Iniciativas: El equipo consultor elaboró un primer listado de iniciativas a partir de la revisión bibliográfica.
- B) Levantamiento de Observaciones y Priorización de Iniciativas: Las iniciativas fueron presentadas a los actores relevantes mediante reuniones con el fin de obtener retroalimentación que nos permitieron complementarlas, modificarlas y/o identificar nuevas iniciativas.
- C) Clasificación de Iniciativas: Las iniciativas fueron clasificadas según su temática (infraestructura, gobernanza, ambiental, etc.) y su tiempo de ejecución (corto 1-3 años, mediano 4-8 años, largo 9 o más años).
- D) Matriz de Priorización Técnica: Se utilizaron los siguientes criterios e indicadores con el objetivo de analizar y jerarquizar las iniciativas.
 - Económico - Estratégico.
 - Medio Ambiental
 - Social - Participación Ciudadana (PAC).

Cada criterio tiene una ponderación (%) específica (Tabla 9-2), la cual se obtiene a partir de la revisión de antecedentes, los resultados de los procesos de participación ciudadana (PAC) y los criterios establecidos por un panel de expertos. A continuación, se presenta la escala de ponderación para cada criterio.

Tabla 9-2. Porcentajes de ponderación criterios.

Criterio	Ponderador (%)
Económico - Estratégico	30
Medio Ambiente	30
Social - PAC	40
Total	100

Fuente: Elaboración propia.

Cada criterio se divide en subcriterios con sus respectivos indicadores, que en su conjunto permiten establecer una priorización técnica de las iniciativas propuestas para la cuenca. A continuación, se detalla la matriz de ponderación con sus subcriterios, indicadores y asignación de puntaje (ver Tabla 9-3).

Tabla 9-3. Matriz Técnica de Priorización de Iniciativas.

Crterios	Sub- criterios	Indicadores	Asignación de puntaje	Porcentaje ponderado del subcriterio (%)
Económico - Estratégico (30%)	Impacto productivo económico	Impacto en la productividad: Alto - Medio - Bajo	Alto:5; Medio: 3; Bajo: 1	25 %
	Escala de la inversión	Cuenca, Subcuenca o Localidad	Alto (5): cuenca; Medio (3): subcuenca; Bajo (1): localidad	25 %
	Vinculación con la estrategia política regional y planes de desarrollo.	Estrategia Desarrollo Regional- Estrategia de Innovación regional.	Acción vinculada de manera directa y explícita a Estudios-Programas y/o Estrategias = 5 Acción vinculada de manera indirecta a Estudios-Programas y/o Estrategias; y/o de interés de los servicios públicos = 3 Acción no vinculada a ningún tipo Estudios-Programas y/o Estrategias; y/o al interés de los servicios públicos = 0	30 %
	Cambio Climático	Considera escenarios de incertidumbre y/o flexibilidad para afrontar el Cambio Climático	Sí: 5 puntos; No: 0 puntos	20 %

Tabla 9-3. Matriz Técnica de Priorización de Iniciativas.

Crterios	Sub- criterios	Indicadores	Asignación de puntaje	Porcentaje ponderado del subcriterio (%)
Medio Ambiente (30%)	Tipo de Impacto	Se refiere a si la acción propuesta genera impactos negativos o positivos sobre el medio ambiente, los sitios de interés turístico, valores paisajísticos, sitios patrimoniales o culturales, etc.	Negativo = 0 punto Neutro = 1 punto Positivo Indirecto = 3 puntos Positivo Directo = 5 puntos	50%
	Incidencia del Impacto	Grado de incidencia del impacto en la mantención, recuperación y resguardo de recursos naturales de la cuenca	Nulo = 0 punto Bajo = 1 punto Medio = 3 puntos Alto = 5 puntos	50%
Social - PAC (40%)	Impacto a las personas y/o comunidades indígenas.	Nº de habitantes y/o comunidades indígenas beneficiadas por la acción.	Alto (5): más de 20 personas y/o 2 o más comunidades indígenas; Medio (3): entre 10 y 20 personas y/o 1 comunidad indígena; Bajo (1): entre 1 y 10 personas.	20 %
	Interés de los actores relevantes del agua	Cantidad de menciones de la temática abordada por la acción en los discursos de los actores relevantes en la gestión hídrica (usuarios del agua locales, comunidades indígenas, servicios públicos, organizaciones territoriales, etc.)	Puntaje de 1 a 5 según intereses expresados por los actores.	80 %

Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Criterios de Evaluación Económica y Estratégica.

El criterio de evaluación económica se considera relevante por la condición productiva que posee el agua en la cuenca, considerando como ejemplos en esta cuenca los usos paisajísticos (turismo) y mineros. Así como también, conocer el impacto de la iniciativa en términos de cobertura territorial a través del subcriterio escala de la inversión.

El criterio estratégico busca que las iniciativas presentadas se analicen considerando una visión integrada (además de participativa) de la cuenca hidrográfica, donde la prospección del trabajo futuro (institucional e intersectorial) considere las políticas y programas regionales, territoriales, locales y/o sectoriales. Mientras que el criterio estratégico de cambio climático permite conocer qué iniciativas están aportando o disminuyendo los efectos del cambio climático.

Cada uno de los subcriterios fueron definidos en conceptos, indicadores y escalas de medición, lo que permite guiar la valorar las iniciativas según su impacto.

9.2.3. Criterios de Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental recoge los aspectos principales en materia medioambiental de cada una de las acciones propuestas en este Plan Estratégico de Gestión Hídrica. Los indicadores ambientales utilizados en la evaluación se relacionan directamente con la imagen objetivo de la cuenca en estudio y son directamente proporcionales con el impacto positivo en la protección y conservación de los recursos de la cuenca.

Para el análisis cualitativo de los indicadores en la evaluación ambiental de las iniciativas se recurre a la opinión experta y se considera una clasificación de impactos basado en un indicador del Tipo de Impacto, el que puede ser: **Negativo** (0); **Neutro** (1); **Positivo Indirecto** (3) o **Positivo Directo** (5) los cuales se explican en la Tabla 9-4.

Tabla 9-4. Escala de evaluación cualitativa para Evaluación Ambiental.

TIPO IMPACTO	Descripción	Puntaje
Impacto Negativo	Acciones o medidas que afectan negativamente ecosistemas, sitios prioritarios o lugares con valor paisajístico, arqueológico o cultural	0
Impacto Neutro	Acciones o medidas con impacto nulo o indirecto sobre los recursos naturales y/o patrimoniales- culturales	1
Impacto Positivo Indirecto	Acción o medida a partir de la cual se generaría un impacto positivo en la cuenca	3
Impacto Positivo Directo	Acción que nace a partir del objetivo de protección y conservación de los recursos de cuenca (calidad de aguas, ecosistemas, etc.)	5

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, para evaluar las medias se utiliza el indicador de Incidencia del Impacto en la protección y conservación de los recursos naturales, que se clasifica en: impacto **Nulo** (0); impacto **Bajo** (1); impacto **Medio** (3) o **Alto** (5). Como se puede apreciar en la Tabla 9-5, se asigna un mayor puntaje si se estima una mayor incidencia directa (positiva) en recursos naturales.

El puntaje ambiental asignado a cada iniciativa, se visualiza Anexo K2 "Matriz Técnica de Priorización de Iniciativas

Tabla 9-5. Escala de evaluación cualitativa Indicador Incidencia del Impacto		
INCIDENCIA IMPACTO	Descripción	Puntaje
Impacto Nulo	Proyectos, programas y medidas sin incidencia directa en mantención, recuperación y resguardo de recursos naturales	0
Impacto Bajo	Programas de monitoreo, estudios, acciones destinadas a recabar información de los recursos naturales en la cuenca	1
Impacto Medio	Proyectos, catastros, obras de mejora para uso eficiente, regulación, fiscalización y/o gestión de los recursos naturales de la cuenca	3
Impacto Alto	Proyectos, programas y medidas con incidencia directa en mantención, recuperación y resguardo de recursos naturales (calidad de aguas, ecosistemas, etc.)	5

Fuente: Elaboración propia.

9.2.4. Criterios de Evaluación Social y de Participación Ciudadana (PAC)

La Evaluación Social y de Participación Ciudadana (PAC) busca dar cuenta del impacto social de las acciones y su vinculación con los discursos de los actores relevantes identificados, analizando los discursos aparecidos durante la revisión de antecedentes bibliográficos y los expresados durante las diversas actividades participativas realizadas por el presente PEGH.

En relación al primer criterio utilizado "Impacto a las personas y/o comunidades indígenas", este dice relación con el número de personas y/o comunidades indígenas que se ven beneficiados por la acción. Mientras que el criterio "Interés de los Actores Relevantes", se refiere a la cantidad de veces que los actores relevantes mencionan la temática vinculada a la acción. Sobre este último indicador, se identificaron 206 menciones o discursos, las que se conectaron con un tema principal y una subcategoría temática más específica. De esta manera, cada acción fue puntuada de acuerdo al valor de la subcategoría, es decir la cantidad de veces que la temática fue mencionada directamente por los actores, más un valor ponderado (en un 20%) de la temática principal. Por último, este valor final fue normalizado en un puntaje o índice único que oscila entre 1 y 5, lo que permite su comparación con los otros criterios analizados.

Cabe señalar, que las fuentes discursivas utilizadas fueron el “Plan Estratégico de Gestión de Recursos Hídricos de la Región de Antofagasta” (Arcadis, 2016), el “Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta” (Arrau Ingeniería, 2012), las “Actas de Reuniones del Consejo Directivo ADI Atacama La Grande” (2015-2020), y las entrevistas y reuniones realizadas durante el presente PEGH (2021), entre otras. Los resultados de la sistematización de los 206 discursos analizados muestran que las principales problemáticas en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama tienen que ver con la “Gobernanza” con 106 menciones, con un marcado énfasis en la implementación de un “Trabajo Intersectorial” (26 menciones - 50%) que permita articular la labor del sector público con las necesidades de la sociedad civil en un contexto de respeto a las comunidades indígenas y sus formas organizacionales (para más detalles ver Anexo I: Actividades PAC, Capítulo 4).

9.3. Priorización de las Iniciativas

En la Tabla 9-6 se presenta el resultado de la priorización, desarrollada según la metodología multicriterio descrita en acápite 9.2.1, La tabla se encuentra ordenada de mayor a menor en cuanto al puntaje obtenido para cada iniciativa. Para más detalles de los valores asignados por el panel de expertos en las dimensiones económica-estratégica, ambiental y social-PAC ver Anexo K2: “Matriz Técnica de Priorización de Iniciativas”.

Tabla 9-6: Resultado de la metodología de priorización para las acciones propuestas

ID	Horizonte	Iniciativa	Puntaje Priorización Técnica
IN4	Mediano	Diagnóstico para la construcción de obra de conducción y recuperación de bofedales	4,46
MW1	Mediano	Implementar programas de monitoreo de la autoridad en conjunto con las comunidades locales para la obtención de parámetros y variables para la modelación hidrológica en terreno.	4,33
IN2	Mediano	Estudio y creación de red de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca para contar con información en tiempo real.	4,32
HG2	Largo	Estudios geofísicos, hidro químicos e hidrogeológicos entre las Cuencas Endorreicas y la cuenca del Salar de Atacama	4,20
IN1	Largo	Instalación de estaciones fluviométricas y meteorológicas en subcuencas sin información	4,17
GS1	Corto	Crear un organismo de cuenca que estudie la macrozona Salar de Atacama y cuencas periféricas, con recursos y facultades reguladoras de carácter vinculante y resolutivo.	4,14
DC3	Corto	Limitar el otorgamiento de DAA decretar caudales de reserva en sitios de interés ambiental vigente	4,09
HG1	Largo	Estudios hidrogeológicos completos e integrales las cuencas que conforman SHAC sin información	3,98
DC2	Largo	Estudio y Desarrollo de una normativa de sustentabilidad para los salares	3,92
GS4	Mediano	Estudio de capacidad de carga demográfica para el territorio estudiado e implementación de esta medida.	3,86
DC4	Mediano	Estudio sobre "Derecho de la Naturaleza" en Cuenca Endorreica.	3,81
DC1	Mediano	Creación de una plataforma digital con información unificada y de fácil interpretación de los datos de monitoreo.	3,79
GS2	Mediano	Apoyo en los procesos de traspaso de tierras e inscripción de DAA en favor de las comunidades con el fin de resolver los conflictos entre comunidades y dar respuesta satisfactoria a las comunidades en los territorios reclamados de uso exclusivo y compartido.	3,76
GS3	Corto	Reconocer el rango constitucional de las aguas como bienes nacionales de uso público.	3,46

Tabla 9-6: Resultado de la metodología de priorización para las acciones propuestas

ID	Horizonte	Iniciativa	Puntaje Priorización Técnica
HG3	Corto	Redefinición y delimitación de los SHAC en la cuenca de estudio.	3,20
IN3	Mediano	Mejorar o construir nueva infraestructura de captación y conducción de agua para la comunidad de Peine	2,83
SI1	Mediano	Campañas de terreno para el levantamiento de información topográfica en la cuenca estudiada.	2,36

Fuente: Elaboración propia

A partir de la priorización técnica, se destaca la necesidad de infraestructura que permita para la restauración y recuperación de bofedales, como también la necesidad de cuantificar el recurso hídrico para conocer la disponibilidad y los impactos en el balance hídrico, esto también a través de las acciones que permiten cuantificar el recurso hídrico subterráneo.

9.3.1. Ejecutora o Mandante D.G.A

Dentro de las acciones las que se describen como de exclusiva responsabilidad de la DGA son las presentadas en la Tabla 9-7.

Tabla 9-7. Acciones Ejecutadas exclusivamente por la DGA

ID	Acciones
IN1	Instalación de estaciones fluviométricas y meteorológicas en subcuencas sin información
IN2	Creación de red de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca para contar con información en tiempo real.
DC1	Creación de una plataforma digital con información unificada y de fácil interpretación de los datos de monitoreo.
DC3	Limitar el otorgamiento de DAA y decretar caudales de reserva en sitios de interés ambiental vigente
HG1	Estudios hidrogeológicos completos e integrales las cuencas que conforman SHAC sin información
HG2	Estudios geofísicos, hidro químicos e hidrogeológicos entre las Cuencas Endorreicas y la cuenca del Salar de Atacama
HG3	Redefinición y delimitación de los SHAC en la cuenca de estudio.
MW1	Implementar programas de monitoreo de la autoridad en conjunto con las comunidades locales para la obtención de parámetros y variables para la modelación hidrológica en terreno.
GS1	Crear un organismo de cuenca que estudie la macrozona Salar de Atacama y cuencas periféricas, con recursos y facultades reguladoras de carácter vinculante y resolutivo.

Fuente: Elaboración propia

9.3.2. Otras Instituciones

Dentro de las iniciativas también se señalaron como responsables, las siguientes instituciones:

- Ministerio de Medio Ambiente
- Constituyentes
- SEA
- SMA
- Instituto geográfico Militar (IGM)
- CONADI
- Ministerio del Interior

- Ministerio de Bienes Nacionales
- Ministerio de economía
- Municipalidades presentes en la cuenca
- Comunidades presentes en la cuenca.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación

La distribución de actores responsables se puede observar en la Tabla 9-8.

Tabla 9-8. Distribución de responsables por acciones

ID	Acciones	Institución Responsable
IN3	Mejorar o construir nueva infraestructura de captación y conducción de agua para la comunidad de Peine	DOH/DGA/Comunidad Peine
IN4	Diagnóstico para la construcción de obra de conducción y recuperación de bofedales	DGA, MMA,
DC2	Desarrollo de una normativa de sustentabilidad de los salares	DGA, MMA,
DC4	Estudio sobre "Derecho de la Naturaleza" en Cuenca Endorreica.	MMA, Comisión Constituyente, DGA, ministerios sectoriales, SEA, SMA
SI1	Campañas de terreno para el levantamiento de información topográfica en la cuenca estudiada.	IGM
GS2	Apoyo en los procesos de traspaso de tierras e inscripción de DAA en favor de las comunidades con el fin de resolver los conflictos entre comunidades y dar respuesta satisfactoria a las comunidades en los territorios reclamados de uso exclusivo y compartido.	CONADI, MINISTERIO DEL INTERIOR, MINISTERIO DE BB.NN
GS3	Reconocer el rango constitucional de las aguas como bienes nacionales de uso público.	Constituyentes
GS4	Estudio de capacidad de carga demográfica para el territorio estudiado e implementación de esta medida.	Ministerio del interior, Ministerio de economía, Municipalidad, comunidades locales, MMA, DGA.

Fuente: Elaboración propia

9.4. Valorización Económica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica

Las acciones seleccionadas, corresponden a medidas habilitantes, como estudios y programas y también estructurales como infraestructura hidráulica o hidrométrica, que son necesarias para la gestión de los recursos hídricos.

Es importante considerar que la estimación de costos es una aproximación general, basada en referencias de licitaciones, gasto público y/o público-privado. La inversión exacta se debe determinar una vez que se definan los alcances específicos de cada iniciativa, y cuando se desarrollen los estudios de factibilidad y/o detalles correspondientes, lo que permitirá identificar los elementos de costos reales requeridos para la inversión. Las estimaciones acá presentadas son una aproximación referencial que permiten tener un primer acercamiento al costo del Plan.

Para implementar el Plan de Gestión presentado, se estima un monto de 108.485,8 UF (UF feb 2022), para la realización de las 17 acciones propuestas, cuyo desglose por actividad se puede revisar en Tabla 9-9.

**Tabla 9-9. Monto de inversión desglosado por cada eje e iniciativa propuesta.
En UF de febrero 2022.**

Eje	ID	Monto inversión UF
Infraestructura	IN1	2.402,3
	IN2	7.687,2
	IN3	4.163,9
	IN4	1.921,8
Dimensión Ambiental y Calidad del Agua	DC1	1.761,7
	DC2	8.327,8
	DC3	960,9
	DC4	2.402,3
Hidrogeología	HG1	30.909,0
	HG2	20.243,0
	HG3	3.203,0
Modelación WEAP	MW1	4.804,5
SIG	SI1	3.843,6
Gobernabilidad y aspectos culturales	GS1	8.327,8
	GS2	1.921,8
	GS3	3.203,0
	GS4	2.402,3
Total		108.485,8

Fuente: Elaboración propia

Otro enfoque de Evaluación Económica es el de costo eficiencia, utilizando como indicador el valor actual de costos (VAC) y el costo anual equivalente (CAE).

Para conocer el comportamiento y análisis económico de las acciones, en la Tabla 9-10 se presentan los resultados agregados según línea de acción.

Tabla 9-10. Evaluación económica a través del VAC y CAE. En UF de febrero 2022.

Tipología		VAC UF	CAE UF
Infraestructura	IN	22.300,5	4.283,3
Dimensión Ambiental y Calidad del Agua	DC	17.084,8	4.160,3
Hidrogeología	HG	67.250,5	3.375,1
Modelación WEAP	MW	7.383,6	3.172,7
SIG	SI	4.273,5	3.281,5
Gobernabilidad y aspectos culturales	GS1	24.387,4	9.808,8

Fuente: Elaboración propia.

Las alternativas de solución evaluadas, que son más convenientes, desde la perspectiva de los costos, son las que presentan menor valor actual de costos VAC, donde se destacan la Modelación WEAP y SIG, desde el punto de vista técnico económico.

9.5. Distribución de Costos por Actores

Para tener una estimación, de lo que significa implementar el Plan de gestión de forma institucional, se realiza una valoración de las acciones propuestas para la DGA, donde se estima un monto de 80.299,3 UF, para la realización de 9 acciones.

A continuación, en la Tabla 9-11 se muestran las iniciativas institucionales y sus costos asociados.

Tabla 9-11. Distribución de costos asignados exclusivamente a la DGA. En UF de febrero 2022.

EJE	ID	Valorización UF
Infraestructura	IN1	2.402,3
	IN2	7.687,2
Dimensión Ambiental y Calidad del Agua	DC1	1.761,7
	DC3	960,9
Hidrogeología	HG1	30.909,0
	HG2	20.243,0
	HG3	3.203,0
Modelación WEAP	MW1	4.804,5
Gobernanza y aspectos socioculturales	GS1	8.327,8
Total		80.299,3

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la valorización de las acciones, que corresponden a otras instituciones vinculadas a los recursos hídricos, se estimó un monto de 28.186,4 UF, para la realización de 8 acciones.

A continuación, en la Tabla 9-12, se muestran las iniciativas institucionales y sus costos asociados.

Tabla 9-12. Distribución de costos por otros actores relevantes. En UF de febrero 2022:

Eje	ID	Institución Responsable	Valorización UF
Infraestructura	IN3	DOH/DGA/Comunidad Peine	4.163,9
	IN4	DGA, MMA,	1.921,8
Dimensión Ambiental y Calidad del Agua	DC2	DGA, MMA,	8.327,8
	DC4	MMA, Comisión Constituyente, DGA, ministerios sectoriales, SEA, SMA	2.402,3
SIG	SI1	IGM	3.843,6
Gobernanza y aspectos socioculturales	GS2	CONADI, MINISTERIO DEL INTERIOR, MINISTERIO DE BB NN	1.921,8
	GS3	Comisión Constituyente	3.203,0
	GS4	Ministerio del interior, Ministerio de economía, Municipalidad, comunidades, MMA, DGA.	2.402,3
TOTAL			28.186,4

Fuente: Elaboración propia

De las acciones presentadas, existe una mayoría que se encuentra dentro del financiamiento sectorial de las instituciones mencionadas, sin embargo, otras acciones se deberían gestionar con recursos extra sectoriales como el Gobierno Regional o el Gobierno Central.

9.6. Cronograma de las Soluciones

Un aspecto importante para el desarrollo e implementación de las acciones propuestas del Plan de Gestión es el horizonte de ejecución de las iniciativas. A continuación, en la Tabla 9-13 se indican las iniciativas que debiesen tener una implementación en un corto, mediano y largo plazo.

Tabla 9-13. Cronograma de las soluciones

ID	Horizonte		
	Corto	Mediano	Largo
DC3			
HG3			
GS1			
GS3			
IN2			
IN3			
IN4			
DC1			
DC4			
MW1			
SI1			
GS2			
GS4			
IN1			
DC2			
HG1			
HG2			

Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar que las iniciativas que tienen una mayor prioridad son las relacionadas con las gestiones del recurso hídrico respecto al otorgamiento de los derechos de aprovechamiento de agua, considerando un mayor conocimiento de los límites de las zonas acuíferas. También el estudio de la interacción entre la cuenca Endorreica y la cuenca del Salar de Atacama.

En un mediano plazo, se muestra relevante crear una red de monitoreo de calidad de agua y la protección de las zonas de bofedales, el mejoramiento de la infraestructura de la Comunidad de Peine. También la creación de plataformas de monitoreo para tener información en tiempo real, como también el mejoramiento en la obtención de los parámetros locales para la modelación y conocer más a fondo la topografía de la cuenca.

En el largo plazo, se consideran los estudios hidrogeológicos, geofísicos integrales de la cuenca, como también la implementación de normativas para la protección de salares y la construcción de estaciones hidrométricas.

10. Implementación del Plan

En el presente capítulo se presentan los principales hitos identificados en la implementación del Plan de Acción, atendiendo a su horizonte (corto, mediano o largo plazo). Seguidamente, se exponen algunas directrices a considerar para el éxito del Plan de Acción, tanto en lo relativo a la estrategia de su implementación como difusión. Finalmente, se incluye un resumen con la identificación de las fuentes de financiación previstas.

Seguidamente, se exponen algunas directrices a considerar para el éxito del Plan de Acción, tanto en lo relativo a la estrategia de su implementación como comunicacional. Finalmente, se incluye un resumen con la identificación de las fuentes de financiación previstas.

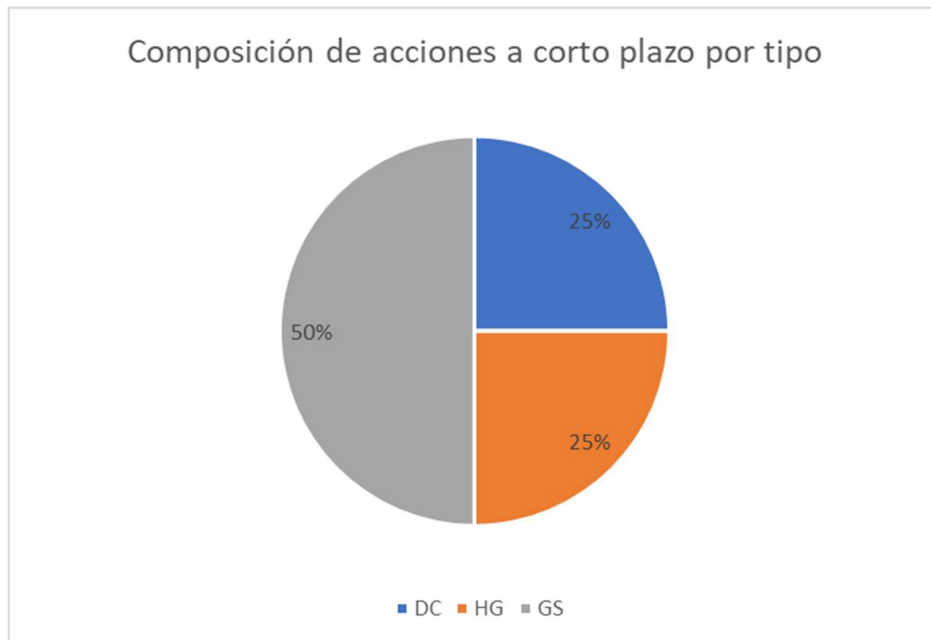
10.1 Hitos de Referencia en la Implementación del Plan

A continuación, se presenta a modo resumen la estructura del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la Cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama (PEGH) y los principales hitos, considerando la variable temporal para las iniciativas asociadas al Plan de Acciones.

Según lo señalado en el Capítulo 9 del presente estudio, el PEGH se estructura en torno a 6 ejes y las acciones se han ajustado a tres horizontes de acción.

- Horizonte de corto plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo entre 0 a 5 años de implementado el PEGH.
- Horizonte de mediano plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo en plazo mayor a 6 años hasta 10 años de implementado el PEGH.
- Horizonte de largo plazo, acciones cuya ejecución se puede llevar a cabo a más de 10 años de implementado el PEGH.

10.1.1 Corto Plazo

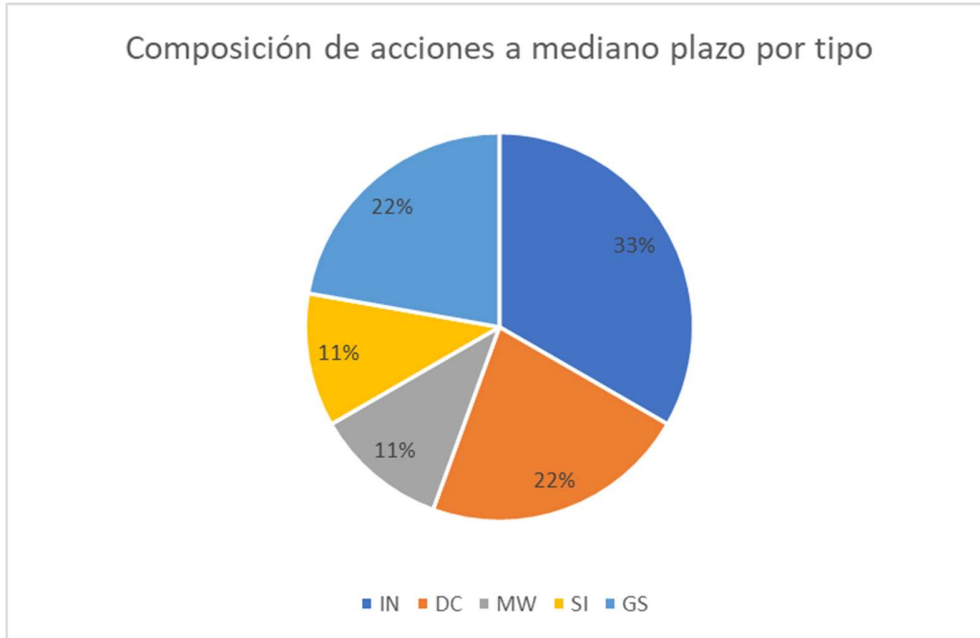


Fuente: Elaboración propia

Figura 10-1. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el corto plazo.

La Figura 10-1 muestra que las iniciativas que tienen la dimensión de gobernanza de la cuenca son prioritarias, como también aspectos de gestiones del recurso hídrico y mayor conocimiento de las zonas acuíferas.

10.1.2 Mediano Plazo

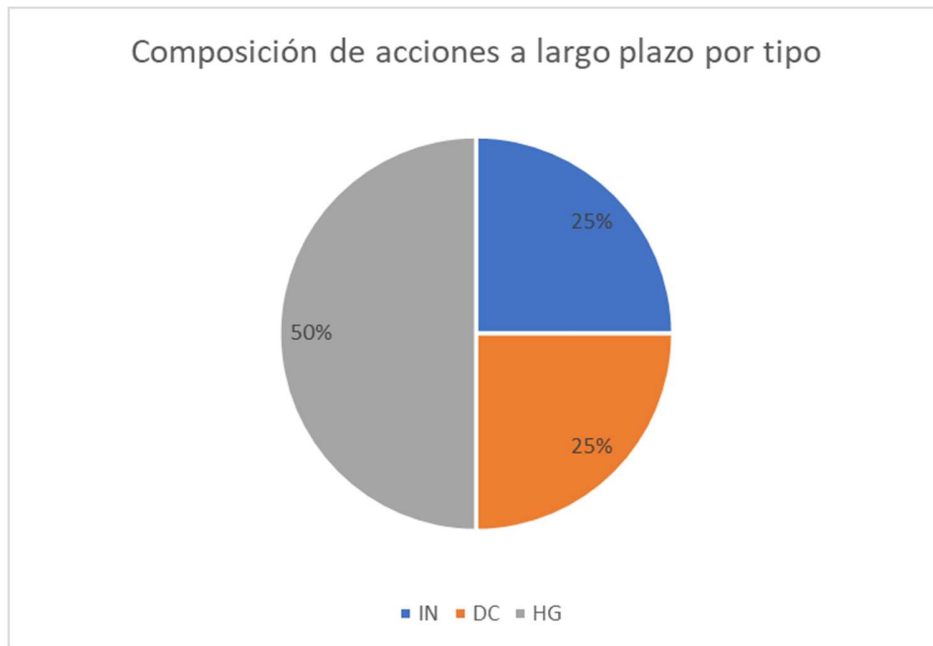


Fuente: Elaboración propia

Figura 10-2. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el mediano plazo.

La Figura 10-2 expone que, en un mediano plazo, la infraestructura es la que tiene una mayor ponderación, donde se destaca la implementación de estaciones monitoreo de calidad, infraestructura basada en la naturaleza la protección de las zonas de bofedales y el mejoramiento de la infraestructura de la Comunidad de Peine.

10.1.3 Largo Plazo



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-3. Porcentaje de eje de acciones a desarrollarse en el largo plazo.

En la Figura 10-3 se aprecia que, en el largo plazo, los estudios hidrogeológicos, geofísicos e hidroquímicos se consideran relevantes para un horizonte de mayor plazo, como también la cuantificación y registro de los recursos hídricos a través de monitoreos de caudales y parámetros meteorológicos. También se ve necesario la implementación de normas para la protección de los salares.

10.2 Estrategia de Implementación

Las iniciativas corresponden a las acciones, una vez se han definido en forma clara los alcances, estimado el presupuesto, definido el horizonte de acción y determinada en quien recae la responsabilidad de ejecutarla.

En función de lo anterior es que para implementar el plan se han determinado los posibles ejecutores de estos:

- Inversión Pública.
- Comisión Nacional de Desarrollo Indígena
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación
- Dirección General de Aguas.

- Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

El éxito de la ejecución del Plan se encuentra asociado a diversos aspectos, lo que se indican a continuación.

10.2.1 Aspectos Institucionales

Es de especial relevancia contar con la institucionalidad adecuada para poder ejecutar el PEGH en estas cuencas.

Para lo anterior se ha considerado lo siguiente:

- Hay una carencia casi total de información en la cuenca por lo que les corresponde un rol esencial a las instituciones relacionadas con este tema como la DGA, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Gobierno regional, Universidades y centros de estudios y colectivos de la sociedad civil.

- Solución de las demandas territoriales de las comunidades. Este es un aspecto esencial que debe resolverse a fin de poder implementar cualquier plan en el área de estudio.

- Solución a la desregulación de los operadores turísticos que trabajan en las áreas de interés del territorio estudiado.

10.2.2 Aspectos de Cultura del Agua

Debe reconocerse la existencia y presencia de las comunidades indígenas y el adecuado resguardo de sus territorios reclamados y su esencial participación en la formulación e implementación de un Plan estratégico.

10.2.3 Aspectos Normativos

Los aspectos normativos relevantes del PEGH guardan relación con las disposiciones existentes en las leyes y normativa vigente que pueden tanto facilitar y favorecer ciertas iniciativas como limitar y/o impedir otras. Actualmente, existen políticas y estrategias intersectoriales que promueven la coherencia entre políticas de agua ("Código de Aguas") y áreas clave como, por ejemplo, medio ambiente (Ley 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente), entre otros.

En particular debe considerarse la modificación del Código de Aguas y su implementación y la Ley Marco de Cambio Climático cuando entre en vigencia.

10.2.4 Pasos de la Implementación

La implementación del Plan de Acción dependerá de diversos factores, entre ellos:

- Identificación de responsabilidades institucionales.
- Financiamiento disponible.
- Externalidades positivas o negativas propias de cada medida.

Por lo anterior, se debe definir una institución coordinadora transversal del conjunto de las medidas propuestas. Dado que el PEGH está promovido por la DGA, esta entidad es la responsable de su herramienta de planificación, y dentro de este servicio, se sugiere que sea la Dirección Regional de Aguas (DGA) en conjunto con CONADI y el Ministerio de Medio Ambiente

10.3 Estrategia de Comunicación y Relacionamento

En este caso, como ya se ha señalado, además de una estrategia de comunicación estándar, como la que se ha formulado para otros planes en cuencas más tradicionales y con tradición de agricultura y provisión de agua potable, se debe considerar un fuerte relacionamiento preliminar con los grupos de interés en la cuenca, principalmente con las comunidades indígenas y su gran desconfianza en lo que hace el Estado, y su interacción con los grupos de operadores turísticos como se dijo, lo que probablemente va a requerir del desarrollo de acciones previas no relacionadas con este plan.

A continuación, se presenta una propuesta de estrategia comunicacional a considerar para las fases posteriores del PEGH, con el objetivo de mantener informado a los actores relevantes y a la ciudadanía en general acerca de los avances y resultados de su implementación.

Al Respecto, se sugiere:

- i. que el PEGH genere una página web institucional, con información disponible para que el público general pueda hacer seguimiento, consultas o aportes, con el objetivo de transparentar el avance de las iniciativas del Plan;
- ii. se recomienda la identificación de una persona con conocimiento íntegro del PEGH que esté encargada de actualizar la información y resolver dudas o consultas de terceros sobre el avance de las medidas; y

- iii. Se recomienda que la página web esté vinculada a las plataformas de la DGA, el gobierno regional, municipalidades y otras que se estimen relevantes (web, redes sociales).

Se recalca la importancia de mantener una información fluida y transparente en todas las etapas del PEGH.

10.4 Identificación de Fuentes de Financiamiento del Plan

Las instituciones públicas y privadas implicadas en las iniciativas del PEGH se han descrito en el acápite 9.4. A continuación, en la Tabla 10-1 se muestra un resumen de los costos del Plan de Acción, según sea el mandante DGA u otras instituciones.

Tabla 10-1. Distribución de costos según mandante DGA u otros.

Mandante	Costo [UF febrero 2022]
DGA	80.299,3
Otras instituciones	28.186,4
Total	108.485,8

Fuente: Elaboración propia

Las fuentes de financiamiento del Plan pueden ser sectoriales o regionales, donde la fuente principal se considera sectorial, toda vez que buena parte de la inversión se ejecutará desde la institución mandante de este estudio y otras instituciones como la DOH, MMA, entre otras, el detalle se encuentra en Cartera de Iniciativas Propuestas.

A partir de la inversión regional, definida por los FNDR, se deben impulsar convenios que permitan abordar prioritariamente las iniciativas que no pueden ser atendidas con el financiamiento sectorial, esto a través de convenios sectoriales e intersectoriales.

Las condiciones particulares de la cuenca permiten realizar investigación de las universidades y centros de investigación regionales y nacionales, en aspectos como el cambio climático, la recarga de acuíferos y la sustentabilidad de los salares, considerando financiamiento privado desde la Empresa Minera y fondos internacionales de investigación para el cambio climático.

11 Monitoreo y Evaluación del Plan

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH tiene por objetivo establecer el seguimiento y la eficacia de su implementación, determinando los indicadores que permitan trazar el grado de cumplimiento de las iniciativas y de los objetivos del PEGH. Adicionalmente, se especifican los mecanismos para la actualización y/o el rediseño del PEGH, como instrumento de planificación a mediano y/o largo plazo.

La cartera de acciones del PEGH considera un total de 17 iniciativas que corresponden a propuestas. El PM centrará como índice de cumplimiento, la implementación de las iniciativas propuestas. Lo anterior supone un esfuerzo de coordinación entre los diferentes servicios públicos, pero justificando y entendiendo que el recurso hídrico es un tema transversal y atañe a un amplio abanico de actores del territorio.

El PM se centrará en dar seguimiento anualmente a los indicadores establecidos para los primeros 5 años, que corresponde al horizonte de corto plazo. Para los periodos posteriores, mediano y largo plazo, el PM deberá ser evaluado, actualizado y reestructurado según lo indicado en el numeral *12.2 Mecanismos para el Análisis y Toma de Decisiones*.

Cabe señalar que, en el PM, las acciones no deben ser inamovibles, sino que año a año deberá evaluarse su vigencia y aplicabilidad en función de institucionalidad regente y aquella que se encuentre en discusión. El PEGH debe inclusive considerar la implementación de nuevas acciones que se encuentren asociadas a la implementación de nuevas normativas y las restricciones sobre los territorios y recursos naturales, como por ejemplo la futura Ley Marco de Cambio Climático como ya se dijo

La coordinación del PEGH se propone la dirija la DGA regional si es posible aumentar su capacidad en cuanto a recursos financieros y profesionales. Por otro lado, el monitoreo se propone sea desde la DGA Nivel Central, quien deberá monitorear la totalidad de los PEGH a nivel nacional. Sin embargo, el PEGH debe tender a organizar un Organismo rector para la gestión de la cuenca.

A continuación, se presentan los indicadores y seguimiento propuestos para el Plan de Monitoreo.

11.1 Indicadores

En cada una de las iniciativas identificadas en el PEGH se ha identificado uno o varios indicadores de evaluación de las acciones, con el objetivo de analizar de forma particular

los resultados obtenidos con su implantación respecto el objetivo esperado y su problemática original. Estos indicadores se presentan en el Anexo K.1.

En el establecimiento de indicadores del PM, se han considerado experiencias anteriores en planificación hídrica; específicamente, se ha tomado como referencia principal el último instrumento de características similares promovido por la DGA.

De esta forma se consideran los siguientes indicadores, que se detallan los siguientes indicadores

- Indicadores Generales: PIC, PICa, PIF y PIFa.
- Indicadores Específicos. Porcentaje de avance de la implementación de las iniciativas propuestas de gobernanza que poseen efecto directo y estratégico en el éxito de ejecución de otras iniciativas de diferentes tipologías (OH, MG, G, NF y/u GI) y del instrumento en su conjunto, siendo éstas: i) MG4 y ii) MG13. Lo anterior se refuerza con el hecho de que la participación de los potenciales beneficiarios en cada medida del PEGH refuerza el éxito de estas, y que las instancias generadas en un marco de buenas prácticas derivadas del servicio de facilitación son necesarias para dicho objetivo

En el numeral 11.2 se detalla el seguimiento del PEGH con los indicadores presentados anteriormente, así como el Plan de Acción.

11.2 Seguimiento del PEGH

El seguimiento del PEGH de esta cuenca se expone en la Tabla 11-1, detallando los indicadores generales y específicos, los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido.

Tabla 11-1. Seguimiento del PEGH.

TIPO DE INDICADOR	INDICADOR DE SEGUIMIENTO	UMBRAL
General	PIC	Umbral PIC 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+4
General	PICa	Umbral PICa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
General	PIF	Umbral PIF 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar al año i hasta i+4
General	PIFa	Umbral PIFa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación el año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
Específico	% de avance por iniciativa	Iniciativa MG04 100% año i
Específico	% de avance por iniciativa	Iniciativa MG13 50% año i+4. Implementando las bases para esta iniciativa que es de largo plazo.

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta seguidamente el Plan de Acción a considerar en el supuesto que no se hayan cumplido con los umbrales fijados en la Tabla 11-1, teniendo en cuenta que el plan de monitoreo se divide en dos periodos, los primeros 4 años y el año 5:

- Primer periodo (año i hasta i+4): El objetivo del Plan de Acción en este periodo consiste en reprogramar o replanificar las iniciativas que se encuentren atrasadas para el año siguiente al originalmente programado. Su valor corresponderá al número de iniciativas mínimas programadas para un

determinado año (PIC, 80% anual) más las iniciativas retrasadas acumuladas.

- Segundo periodo (año i+5): El objetivo del Plan de Acción en este periodo es analizar si el PEGH ha cumplido en un 100% con su planificación. En caso negativo, el PM entregará el número de iniciativas que no fueron ejecutadas, información que será una variable de entrada en la evaluación, actualización y rediseño del PEGH, a través de los mecanismos para el análisis y toma de decisiones (numeral 9.2).

11.3 Mecanismos para el Análisis y Toma de Decisiones

El PEGH tiene una componente dinámica, más aún considerando iniciativas relativas a los recursos hídricos, los cuales van de la mano con las variaciones asociadas al cambio climático, afectando directamente la oferta hídrica, así como también los cambios asociados a las demandas de agua sobre la cuenca. Por lo anterior, es que se hace necesario que el PEGH sea evaluado con el fin de determinar si la planificación ha sido llevada a cabo, considerando para esto las iniciativas que se deben incorporar en el corto plazo (5 años), así como también evaluar los siguientes horizontes.

El mecanismo de análisis y toma de decisiones se expone, la metodología a considerar, y luego cómo debe ejecutarse la etapa de reformulación del PEGH.

En relación al análisis del PEGH para su reformulación, se deben considerar los siguientes aspectos:

- i. Actualización del diagnóstico en esta cuenca en materia de recursos hídricos considerando al menos los siguientes aspectos:
- ii. Brechas entre oferta y demanda.
- iii. Situación de gobernanza en la cuenca.
- iv. Estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca.
- v. Actualización de la cartera actual de acciones, tanto a nivel público como privado.
- vi. Actualización del modelo hidrológico superficial y subterráneo con la nueva data disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.
- vii. Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.
- viii. Evaluación del resultado del Plan de Monitoreo el año i+4, mediante la cuantificación de las iniciativas no comenzadas/finalizadas del PEGH.

En base a lo anterior, la DGA deberá establecer la forma de abordar la reformulación del PEGH, ya sea a través de medios propios o con apoyo externo al servicio, estableciendo:

11. Revisión y/o actualización de los ejes y objetivos específicos del PEGH.
12. Revisión y/o actualización de las iniciativas ya iniciadas, e incorporación de nuevas acciones, a corto/mediano/largo plazo.
13. Si corresponde, actualización del Plan de Monitoreo asociado al PEGH.