



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

**PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA
EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA TOTORAL
Y COSTERAS HASTA QUEBRADA DE CARRIZAL**

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

S.I.T. N° 500

Santiago, Junio 2022

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Arquitecto Sr. Juan Carlos García

Director General de Aguas (S)

Ingeniero Civil Sr. Cristian Núñez Riveros

Directora Regional Atacama (S)

Ingeniera Ambiental Srta. María Avilés Flores

Inspector Fiscal

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Sr. Maximiliano Bolados Arratia

Inspector Fiscal Subrogante

Ingeniero de Ejecución Forestal Sr. Jorge Espinoza Marino

Profesional DEP

Geóloga Srta. Loreto Valdivia Ortiz

Asesor en modelación

Ingeniero Civil Dr. Pedro Sanzana Cuevas

CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

Jefe de Proyecto

Ingeniero Civil Sr. Alejandro Arenas Herrera

Equipo Profesional

Ingeniero Civil Dr. Felipe Espinoza Contreras

Geólogo/Hidrogeólogo Igor Aguirre Araneda

Bióloga María Ximena Molina Paredes

Ingeniero Civil Sr. Juan Torres Cubillos

Antropólogo Sr. Víctor Zúñiga Pérez

Geógrafa Sra. Soledad Huerta Miranda

Equipo Apoyo

Ingeniero Civil Sr. Marco Matamala Castro

Ingeniero Civil Sr. Gustavo Romero Sepúlveda

Ingeniero Civil Sr. Ulises Sepúlveda Jilberto

Ingeniero Civil Diego Soto Rodríguez

Geógrafo Sr. Sebastián Bozo Villarroel

Para citar bibliográficamente este estudio, se recomienda la siguiente manera: Dirección General de Aguas (DGA), 2022. Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca de la Quebrada de Totoral y Costeras hasta Quebrada de Carrizal, SIT N° 500, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Realizado por: Con Potencial Consultores SpA.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVO GENERAL	2
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	4
2.1	CLIMA	8
2.2	DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	9
2.2.1	<i>Ecosistemas terrestres</i>	9
2.2.2	<i>Ecosistemas hídricos: humedales</i>	9
2.2.3	<i>Áreas bajo protección oficial y otras figuras de conservación</i>	10
2.2.4	<i>Amenazas a la biodiversidad</i>	11
2.3	INFRAESTRUCTURA HÍDRICA	12
2.4	NUEVAS FUENTES EXISTENTES.....	15
2.5	GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA	17
2.6	BRECHAS DE INFORMACIÓN	19
2.7	DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DIFERENTES USOS	19
2.8	OFERTA HÍDRICA	21
2.8.1	<i>Agua superficial</i>	21
2.8.2	<i>Agua subterránea</i>	21
2.9	BALANCE HÍDRICO.....	23
3	ACCIONES	26
3.1	PROBLEMAS ADOPTADOS	27
3.2	EJES TEMÁTICOS Y TIPOLOGÍAS ADOPTADAS.....	30
3.3	ACCIONES PROPUESTAS SEGÚN EJE TEMÁTICO Y PROBLEMA IDENTIFICADO.....	30
3.4	ACCIONES PROPUESTAS	31
4	EVALUACIÓN DE LA CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS	32
4.1	EVALUACIÓN Y RANKING DE LAS ACCIONES PROPUESTAS.....	32
4.2	VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA.....	34
4.2.1	<i>Acciones a Ejecutar por Actor</i>	34
4.2.2	<i>Distribución de Valor Actualizado de Costos por Eje PEGH</i>	36
5	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	38

5.1	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	38
5.1.1	<i>Aspectos a Considerar.....</i>	38
5.1.2	<i>Pasos para la Implementación del PEGH.....</i>	42
5.2	ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN.....	48
6	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN	50
6.1	PLAN DE MONITOREO.....	50
6.1.1	<i>Indicadores del PEGH Totoral.....</i>	51
6.1.2	<i>Seguimiento</i>	52
6.2	MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES	52
7	CONCLUSIONES	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1:	Ubicación área de estudio	5
Figura 2-2:	División Político-Administrativa del área de estudio	6
Figura 2-3:	Resumen infraestructura hídrica en el territorio	14
Figura 2-4:	Territorios con potencial de cosecha de nubes	16
Figura 2-5:	Mapa de Actores (Disposición/Influencia)	18
Figura 2-6:	Modelo Conceptual 3D	22
Figura 2-7:	Esquema de Indicadores Hídricos subterráneos.....	25
Figura 2-8:	Comparación de Indicadores Hídricos adimensionales en escenarios Caso Base (CB) y Ventana Futura (VF)	26
Figura 4-1:	Cronograma Propuesto PEGH Totoral.....	33
Figura 4-2:	Distribución Costos por Actor Institucional	34
Figura 4-3:	Distribución Valor Actualizado de Costos por Plazo Ejecución	35
Figura 4-4:	Distribución VAC (millones \$) por Tipología, Entidad Encargada y Plazo de Ejecución.....	35
Figura 4-5:	Distribución VAC (millones \$) por Eje Temático, Plazo y Tipología	36
Figura 5-1:	Esquema Simplificado de los Pasos de Implementación del PEGH Totoral	44

Figura 5-2: Identificación de actores participantes en la Gobernanza propuesta para el PEGH Totoral	46
Figura 5-3: Esquema de gobernanza propuesto	47
Figura 5-4: Detalle Gobernanza Propuesta	47
Figura 6-1: Esquema de revisión del PEGH	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Fluctuación habitantes en poblados del área de estudio entre periodos intercensales.....	7
Tabla 2-2: Características SSR Concentrados Identificados en la Cuenca	13
Tabla 2-3: Red de medición en el territorio	15
Tabla 2-4: Antecedentes disponibles de Canales.....	15
Tabla 2-5: Resumen demandas (m ³ /año)	20
Tabla 2-6: Oferta natural de la fuente superficial (m ³ /s).....	21
Tabla 2-7: Balance hidrogeológico acuífero (l/s)	24
Tabla 2-8: Indicadores Hídricos para la sustentabilidad del acuífero	25
Tabla 3-1: Problemáticas adoptadas para la formulación de PEGH	28
Tabla 3-2: Ejes Temáticos Adoptados PEGH Totoral	30
Tabla 3-3: Relación Problemas-Ejes Temáticos	30
Tabla 3-4: Tipologías de Obras PEGH Totoral	31
Tabla 3-5: Resumen acciones propuestas	31
Tabla 4-1: Distribución VAC (millones \$) por Eje PEGH.....	37
Tabla 5-1: Caracterización de difusión propuesta según tipo de actor en su relación a la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos	49

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Introducción

El desarrollo de "Planes Estratégicos de Gestión Hídrica" (PEGH) para las cuencas existentes en el territorio nacional tiene como marco general el recrudescido contexto de cambio climático y escasez hídrica a nivel nacional y global. Planificar el desarrollo de los recursos hídricos del país requiere avanzar en materia de políticas públicas que consideren la gestión integrada de cuencas hidrográficas, para esto, es indispensable diagnosticar en profundidad la situación actual de la brecha hídrica existente a nivel nacional, caracterizando los usos del recurso y la naturaleza de las demandas en cada sistema hídrico. Estos PEGH conformarán instrumentos indicativos de gestión, orientadores de un uso sustentable y sostenible del agua, para las diversas y crecientes demandas provenientes tanto de los sectores productivos de la economía nacional como del consumo humano, considerando también la necesidad de propiciar un nuevo diseño para la gobernanza hídrica.

La Dirección General de Aguas como institución pública responsable de la gestión, verificación y difusión de la información hídrica del país, especialmente en lo que refiere a volumen y calidad del recurso, ha puesto en marcha la elaboración de Planes de Gestión que consideran un enfoque de integración entre la modelación hidrológica superficial y subterránea, por medio de una sola plataforma de cálculo. Esto posibilita una representación física más precisa del ciclo hidrológico, sumado a una pormenorizada caracterización de la demanda hídrica, permitiendo planificar y proyectar el desarrollo hídrico de las cuencas. La modelación hidrológica en los PEGH pretende aportar un método de gestión rápida de información una vez construido y calibrado dicho modelo, por ello es fundamental que consideren un estándar de flexibilidad de operación y procesamiento de los resultados. La relevancia de este tipo de innovación en el ámbito de la gestión pública en materias de información hídrica está dada por la posibilidad de modelar escenarios en función de la integración de datos de distinta naturaleza y origen, que a su vez propicien el diseño de planes que conformen una cartera de acciones pertinentes para minimizar la brecha hídrica existente.

En cuencas prácticamente sin disponibilidad de recursos superficiales, como es la cuenca de la quebrada Carrizal, surge como factor esencial el agua subterránea, extraída mediante pozos desde las napas subterráneas y acuíferos del subsuelo. Por este motivo, el desarrollo de un plan de gestión hídrica en esta zona de baja pluviometría requiere de un modelo hidrológico, un diagnóstico de la cuenca, y en general cualquier proceso referido a la cuantificación y descripción de la oferta hídrica que incluya el potencial subterráneo de

recursos hídricos. En particular en este territorio, del que existe poca información, se hace necesario caracterizar el sistema subterráneo con prospecciones geofísicas que permitan identificar la ubicación y potencial de los recursos subterráneos disponibles.

En definitiva, la información que se recopile, permitirá caracterizar en mejor forma la brecha hídrica existente, es decir, la diferencia entre la oferta y la demanda, tanto a nivel espacial como temporal. Para esto se considera recopilar diferentes tipos de información: hidrología, infraestructura, uso del agua, gobernanza, etc. Con toda la información recopilada se formulará un modelo de simulación hidrológico-hidrogeológico de la cuenca. El modelo será operado bajo condiciones actuales, esperadas a futuro y de cambio climático, con un horizonte de análisis a 30 años, y también se utilizará para cuantificar la brecha hídrica existente. Por último, se presentará un conjunto de acciones que permitan por una parte mejorar el conocimiento hídrico del territorio, y por otra ayudar a mitigar la brecha hídrica y de gestión, las que serán la columna vertebral del PEGH, el que será entregado a los actores de la cuenca, tanto públicos como privados.

1.2 Objetivo general

Proponer un plan estratégico de gestión hídrica indicativo en las cuencas de la Quebrada de Carrizal, que oriente la toma de decisiones de agua, mediante la generación de portafolios de acciones para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la información, instituciones, e infraestructura de agua, adaptación al cambio climático, y gobernanza.

1.3 Objetivos específicos

Los Objetivos Específicos (OE) a cumplir son los siguientes:

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

-
- ♦ **OE 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.
 - ♦ **OE 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.
 - ♦ **OE 8:** Compilar avances y productos finales en un sistema de información geográfico, informes, y actividades de difusión.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La Región de Atacama limita al sur con la Región de Coquimbo y al norte con la Región de Antofagasta. La Región de Atacama es una zona de transición entre el clima árido representativo del Norte Grande del país y el clima semiárido representativo del Norte Chico y pertenece al Sistema Hidrográfico Pacífico Seco que se caracteriza por ser el área más árida de Latinoamérica.

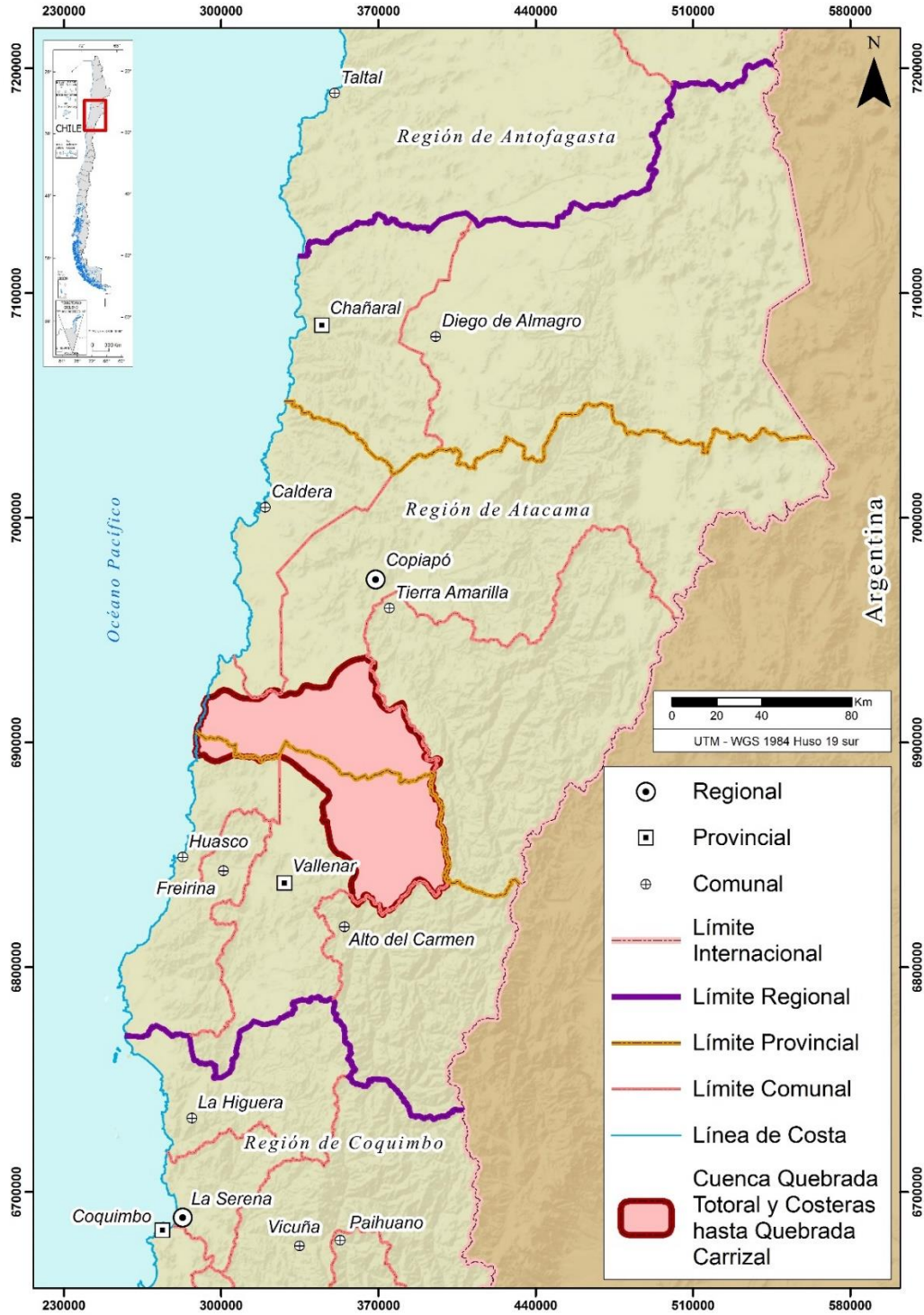
Uno de los fenómenos representativos de estas características de transición es el Desierto Florido, donde en un ambiente de árido a semiárido se producen lluvias que propician la aparición de vegetación estacional, sin embargo, este no es un fenómeno constante y depende que se supere cierto rango de precipitaciones.

La cuenca del presente estudio denominada por DGA como cuenca Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada Carrizal se ubica en la Región de Atacama, entre los 27°40' a 28°42' latitud sur y 70°2' a 71°10' longitud oeste (Figura 2-1). La cuenca es del tipo exorreica, significando que las aguas que recorren la cuenca vierten sus aguas en el mar. Respecto a las dimensiones del área de estudio, la cuenca posee un área de 5.944 km² y un perímetro de 443 km, aproximadamente.

La topografía en el área de estudio varía básicamente por la inclusión de zonas andinas, de esta forma la altura promedio de la cuenca es de 1.350 m s.n.m. En cuanto a las precipitaciones, estas ocurren en la zona de llano y en la zona costera debido a la influencia de la misma y se concentran en la temporada de invierno.

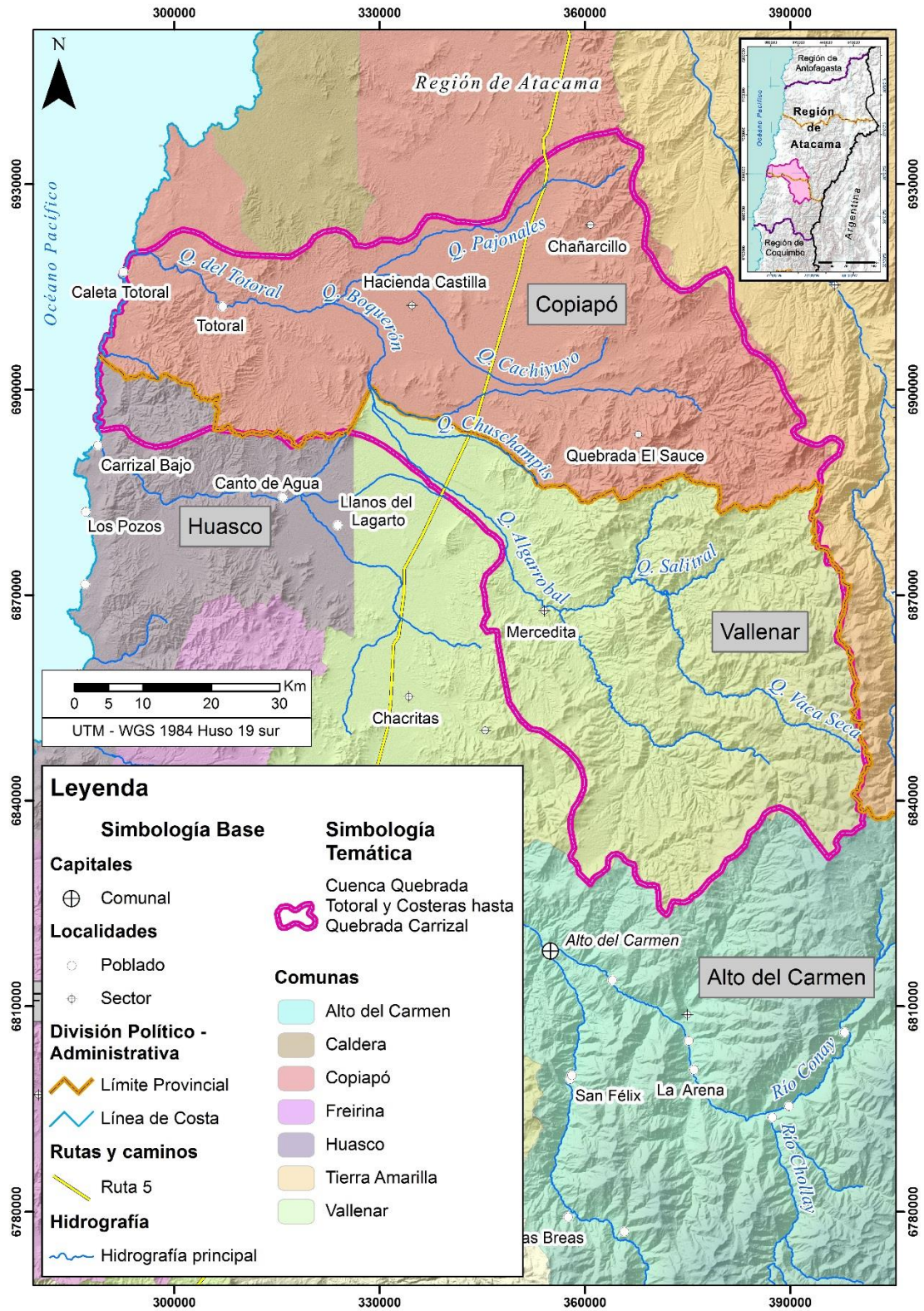
Los cauces de la cuenca son de carácter efímero y solo con lluvias intensas logran llevar aguas hasta el mar. Se destaca la Quebrada Totoral dado el complejo sistema de drenes que tributan en dichas quebradas. También se destaca la Quebrada Algarrobal, cauce principal del área pre andina del estudio y que conecta con la quebrada mencionada.

La cuenca abarca las comunas de Huasco (17%) y Vallenar (45%), en la provincia de Huasco, y Copiapó (38%) en la provincia de Copiapó, tal como se muestra en la Figura 2-2. La zona se caracteriza por su baja densidad de habitantes y la inexistencia de grandes urbes. De hecho, en el sector oriente de la cuenca no se identifican caseríos, esto según el último Censo poblacional (2017). En la zona, el poblado de Totoral es el que concentra mayor población, mientras que en la zona costera se encuentra el caserío Caleta Totoral.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1: Ubicación área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-2: División Político-Administrativa del área de estudio

En la Tabla 2-1 se hace una comparación respecto al número de habitantes en las localidades del área de estudio entre tiempos censales. Destaca la disminución de habitantes en Totoral.

Tabla 2-1: Fluctuación habitantes en poblados del área de estudio entre periodos intercensales

Localidad	Censo (habitantes)	
	2002	2017
Caleta Totoral	8	11
Totoral	69	41

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2002) e INE (2017).

En relación a la presencia indígena del territorio, hay que señalar que 90 personas se sienten pertenecientes a un pueblo indígena, siendo una 46% del total de población. Para las comunas presentes en la cuenca, la CONADI tiene registradas 55 comunidades indígenas (CONADI, 2022), estando 44 en Copiapó, 8 en Vallenar y 3 en Huasco. Si bien para toda la cuenca de Quebrada Totoral no se observan comunidades indígenas registradas, a través de las reuniones sostenidas con la comunidad se conoció la presencia de la etnia Diaguita en el poblado de Totoral.

En términos de la actividad económica, en el territorio se identifican 3 grandes tipos de actividad:

- a) **Actividad Minera:** En la cuenca se identifican 97 faenas, siendo 58 de ellas cobre (activas). Otros minerales como oro y hierro también son explotados en el área de estudio, mientras que recursos como la plata, el molibdeno y los carbonatos de calcio representan menos del 10% de las faenas.
- b) **Actividad agrícola:** Totoral es el poblado en el área de estudio que se identifican como comunidad agrícola. El nivel de detalle de la información del Censo agropecuario 2007 no permite identificar individualmente las características agrícolas de cada poblado, sin embargo, al no identificarse otros poblados o plantaciones agrícolas a través de imágenes satelitales de la época, se entiende que el distrito Totoral agrupa la información de los poblados de la cuenca. Si bien los datos en la zona respecto a la agricultura como actividad económica son escasos, existe evidencia reciente de acciones gubernamentales que dan cuenta de la importancia de la agricultura en la zona. INDAP ha desarrollado una serie de programas y ayudas con las distintas comunidades de la zona, otorgando ayuda técnica e infraestructura relacionada con potenciar la agricultura.

-
- c) **Actividad turística:** La actividad turística emerge tímidamente en la cuenca, siendo el poblado de Totoral su principal eje. Han surgido en el lugar emprendimientos relacionados con la hospedería y servicios de alimentación, los cuales se centran en las características del territorio.

Respecto a los ecosistemas de interés, en el área de estudio destaca el Parque Nacional Llanos de Challe como el recientemente declarado Santuario Natural Humedal Costero de Totoral. También se puede incluir en esta categoría al fenómeno periódico del Desierto Florido. Los dos primeros atraen al turismo regional, mientras que el Desierto Florido atrae turistas de diversas partes del país, e incluso del extranjero (SERNATUR, 2015).

2.1 Clima

La Región de Atacama es una zona de transición entre la árida Región de Antofagasta y la semiárida Región de Coquimbo. En los 27° latitud sur se identifica como el punto culmine de esta transición, con la aparición de los valles transversales. De esta forma, al norte de este punto, las temperaturas son altas y las precipitaciones escasas, mientras que hacia el sur existe un aumento de precipitaciones y disminución de temperaturas.

Considerando los factores existentes en diversas escalas se puede identificar zonas que comparten características de esta índole. Sarricolea et al. (2017) clasificó el clima en Chile continental actualizando lo propuesto en la Clasificación climática de Köppen-Geiger. Las categorías presentes en la cuenca serán descritas a continuación:

-Clima desértico frío de lluvia invernal (BWk(s)): representativo de zonas más septentrionales, es uno de los remanentes del desierto característicos de esta zona de transición.

-Clima semiárido de lluvia invernal (BSk(s)): esta categoría es la dominante en el área de estudio, ya que domina la zona andina y pre andina y se encuentra en gran parte del llano central. Las lluvias son impulsadas por el retroceso de ASPS y el avance de los Vientos del Oeste, siendo más frecuentes que en sectores boreales.

-Clima semiárido de lluvia invernal e influencia costera (BSk(s)(i)): domina el sector poniente del área de estudio, relacionado con la Cordillera de la Costa y unas angostas planicies marinas, donde obviamente existe y prevalece la influencia marina. Dado al rol termorregulador del océano, las temperaturas no son extremas.

-Clima de tundra de lluvia invernal (ET(s)): en el extremo suroriente del área de estudio, se encuentra esta categoría. Guarda relación con ambientes andinos que logran

ser alcanzados por la influencia invernal de los Vientos del Oeste, provocando de esta forma precipitaciones en la zona. Estas ocurren por la influencia orográfica del sector que afectan los movimientos atmosféricos a pequeña escala.

2.2 Dimensión ambiental

La dimensión ambiental se compone de las unidades ecosistémicas terrestres y acuáticas como también de las áreas de conservación existentes tanto oficiales como privadas.

2.2.1 Ecosistemas terrestres

2.2.1.1 Caracterización de la flora y vegetación

La región de Atacama presenta 20 ecosistemas terrestres con 14 pisos vegetacionales, que abarcan una superficie de 7.342.083 ha aproximadamente, con variada representación de superficie remanente, que consisten en desiertos y estepas. Presenta macroclimas tropical (pluviestacional, xérico, desértico e hiperdesértico) y mediterráneo (hiperdesértico y desértico-oceánico), y sectores sin vegetación, que mayoritariamente caen dentro del bioclima hiperdesértico (Luebert y Pliscoff, 2017). Se distingue desiertos, estepas y áreas desprovista de vegetación (GORE, 2014).

2.2.1.2 Caracterización de la fauna

En general la fauna no es abundante, por las condiciones geográficas y climáticas de amplia oscilación térmica y aridez del suelo. Se presenta un alto grado de endemismo, con la presencia de 246 especies, de estas, 62 poseen problemas de conservación (GORE, 2013). Se destaca la región de Atacama por ser el límite norte de distribución geográfica de un grupo importante de especies de animales mamíferos, reptiles y aves. En las especies de reptiles, 16 de las 17 están descritas como endémicas de Chile y 4 de ellas sólo en Atacama; en cambio las aves son el grupo que presenta el menor número de endemismos regionales, con 1,5% a nivel de subespecies (Arcadis Geotecnia, 2008).

2.2.2 Ecosistemas hídricos: humedales

Existe una amplia variedad de definiciones sobre humedales, y Chile adoptó la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR). Específicamente los humedales continentales de la región de Atacama abarcan un total de 18.745 ha (MMA, 2018b). De acuerdo con la Estrategia Nacional para la conservación y uso racional de los humedales en Chile (CONAMA, 2005), se clasifican en tres clases: evaporación, afloramientos subterráneos y de escorrentía. Los humedales son sistemas de gran valor ambiental, importantes por su biodiversidad, por los bienes y servicios que prestan al bienestar humano, necesarios de proteger. De tal manera que deben

planificarse dentro del manejo de cuencas hidrográficas, para integrar la gestión de los recursos hídricos con la conservación de estos, bajo la noción que el agua forma parte del ecosistema y constituye tanto un recurso natural, social y económico, donde tanto su calidad como cantidad determinan la naturaleza de su uso (MMA, 2020b).

En la cuenca Quebrada Totoral, se distinguen tres sistemas hídricos: el Humedal Totoral, Humedal Caleta Totoral y un conjunto de cuerpos de agua emergentes (MMA, 2020b).

2.2.3 Áreas bajo protección oficial y otras figuras de conservación

Chile suscribió el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas en 1992, instrumento internacional para un desarrollo sostenible, donde se propuso como estrategia proteger al menos oficialmente el 10 % de la superficie de los ecosistemas al año 2010 lo cual actualmente no se ha cumplido (Squeo *et al.*, 2008; MMA, 2019).

Se cuenta en el país con un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE administrado por CONAF, cuyo objetivo es el conservar el patrimonio ambiental, de acuerdo con estándares internacionales y así poder tutelar la preservación de la naturaleza y asegurar la diversidad biológica. Por otra parte, están otras figuras como los sitios prioritarios que son áreas de valor ecológico, por su representación de ecosistemas, su singularidad ecológica, o por disponer de hábitat de especies amenazadas, priorizadas para conservar la biodiversidad. Esto fue propuesto producto de los Comités Regionales de Biodiversidad que para Atacama se inició el año 2002 con la Estrategia Regional para la Conservación y uso sustentable de la Biodiversidad, la cual fue revisada posteriormente (Comité regional de Biodiversidad CRB, 2009). También sobre estos sitios se aplican los procedimientos del Servicio de Evaluación Ambiental, de acuerdo a la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente 19.300 art. 11, letra d.

La Región de Atacama es de gran relevancia, pues constituye el límite norte de uno de los 34 "Hotspots" de biodiversidad a nivel mundial. Presenta especies endémicas, y potencialmente extintas, dado que no se han vuelto a coleccionar algunos ejemplares en al menos 50 años. A pesar de su importancia la información es escasa y fundamentalmente disponible en publicaciones de Squeo *et al.* (2008), donde indica que la región alberga alrededor de un 19% de las especies presentes en la flora de Chile continental, con especies nativas (980 especies) e introducida naturalizada (con 119 especies).

Respecto a la fauna también la información es muy limitada, y se ha obtenido principalmente de estudios ambientales del SEIA.

Como área protegida, están los SNASPE (categorías de Parque Nacional, Reserva nacional y Monumento Natural) y los Bienes Nacionales Protegidos, sitios Ramsar y Santuarios de la Naturaleza. Se releva en esta cuenca el ecosistema de Desierto Florido, con superficie protegida por SNASPE y sitio prioritario (CRB, 2009).

A continuación, se indica para la cuenca a nivel de piso vegetacional (P) la superficie cubierta por alguna figura de protección, considerando las áreas protegidas oficiales SNASPE (Parque nacional, Santuario de la naturaleza) y los sitios prioritarios. De los ocho pisos vegetacionales presentes, se destacan solo dos con áreas protegidas, que son los de mayor superficie representada en la cuenca: el P15 y P18. Primeramente, el P15 "Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus/Atriplex desertícola*" posee una superficie de 2.796 km², y presenta la mayor área de protección, con un 89,4%; luego le sigue el piso P18 "Matorral desértico mediterráneo interior de *Adesmia argéntea/ Bulnesia chilensis*" con una superficie de 1.331 km², que representa aproximadamente un 10%. El resto de los pisos vegetacionales bajo el 1%, así se tiene el P 14 "Matorral desértico mediterráneo costero de *Oxalis virgosa / Eulychnia breviflora*" con una superficie de 153 km² con 0,41% protegido, el P13 "Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum y Atriplex clivicola*" posee una superficie de 63 km² con 0,14% protegido, y P108 "Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia hystrix/Ephedra breana*" con una superficie de 769 km², con 0,11% de protección. El resto de los pisos de la cuenca P109, P117 y P26 carecen de áreas de protección.

2.2.4 Amenazas a la biodiversidad

La región de Atacama es de especial interés por constituir un hotspot de la biodiversidad a nivel mundial. Su alto endemismo y hábitats originales se ven muy impactados por la acción humana, acrecentada más aún por su sinergia con el cambio climático. Entre las amenazas se encuentran al menos las siguientes:

- ♦ Actividad de minería provoca perforaciones cercanas a figuras de protección.
- ♦ Actividad minera provoca cambio de uso de suelo, posee un alto tránsito vehicular con probabilidad de atropello a fauna y emisiones atmosféricas que puede reducir la vegetación por disminución de su actividad fotosintética.
- ♦ Pastoreo caprino altera la flora y la vegetación sobre todo en época de desierto florido.

-
- ♦ Competencia por alimento entre la fauna doméstica (perros) y especies nativas (guanacos). Depredación y persecución de especies introducidas sobre las nativas.
 - ♦ Aumento de la población flotante en verano provocan un aumento de residuos, y alto tránsito vehicular en lugares con figuras de protección "Santuarios". Esto trae consigo la afectación de aves, destrucción de nidos y atropello.
 - ♦ Se produce por parte de la población extracciones de agua subterránea para uso agrícola y humano, en desmedro de la necesaria para la mantención de la flora y vegetación.
 - ♦ Períodos de sequía y afectación de la vegetación.
 - ♦ Los humedales costeros se encuentran en situación crítica por escasez de recurso hídrico afectando la sobrevivencia de especies nativas.

Para diversas amenazas es posible plantear algunas soluciones para disminuirlas, bajo una gestión integral de los recursos hídricos, considerando un sistema socioecológico. Una alternativa es incorporar propuestas basadas en la naturaleza, propuesta en estudios dirigidos a la seguridad hídrica de cuencas (Fundación Chile, 2019), en las Mesas del Agua para una Política Nacional de Recursos Hídricos (MOP, 2022a) y ya incorporado en el Código de aguas, como una de las acciones para el Plan estratégico de cuencas, entre otras.

2.3 Infraestructura hídrica

En este acápite se describe la infraestructura relacionada con el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en la cuenca, partiendo por una caracterización de los SSR (Sistemas de Saneamiento Rural), las redes de control hidrográfico y la infraestructura de riego, tal como se muestra en la Figura 2-3.

a) Agua Potable Urbana: No existe en el territorio.

b) Sistemas Sanitarios Rurales (SSR): Usando como base el estudio DGA (2017a), además de lo informado en el "Observatorio de la Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico", se identificó 1 sistema de SSR (ex APR, Servicios Sanitarios Rurales), con 95 beneficiarios al año 2021. En la Tabla 2-2 se muestran las características de los sistemas concentrados en operación. La ubicación de estos sistemas se presenta en la Figura 2-3. Se hace notar que se indica como sistema y no como localidad, ya que las características del programa de SSR establecen condiciones de concentración de los habitantes servidos que no

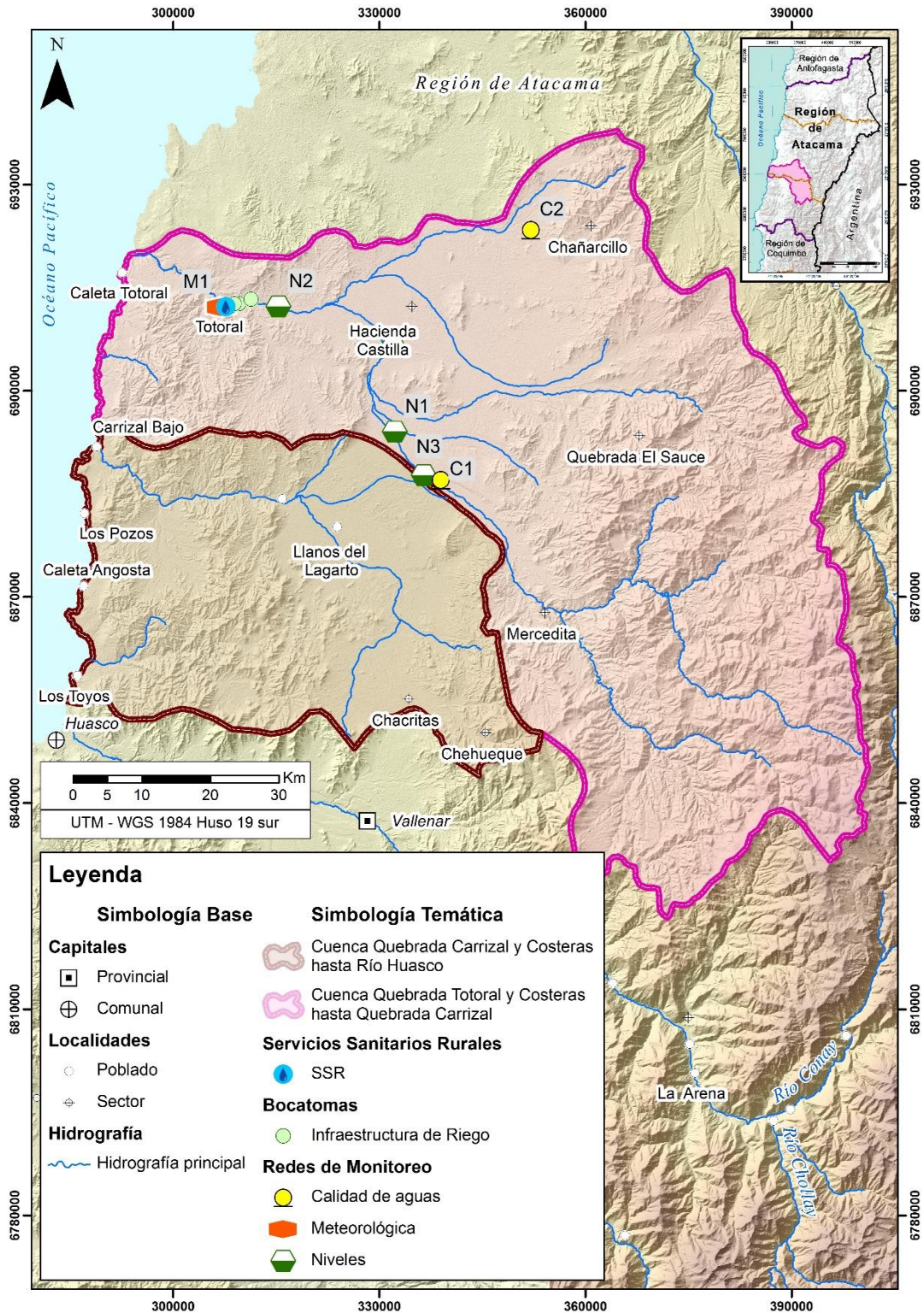
necesariamente aplican a toda la localidad, sino que solo a una fracción de ella. Esto constituye una brecha de información que debería ser resuelta.

Tabla 2-2: Características SSR Concentrados Identificados en la Cuenca

Nombre Sistema	Comuna	Año Puesta en Funcionamiento	Beneficiarios (estimación)
Totoral	Copiapó	1980	95

Fuente: Elaboración propia en base a "MOP: Observatorio de la Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico". Base SSR (2017).

- c) Redes de control:** La DGA cuenta con una red de control que permite la caracterización y medición de los recursos hídricos en la cuenca, midiéndose: precipitaciones, temperatura, niveles de aguas subterráneas, y calidad de aguas subterráneas. La información está disponible en el BNA (Banco Nacional de Aguas). No se identificaron estaciones de otros entes públicos o privados en la cuenca. Las redes existentes en el territorio se muestran en la Tabla 2-3, y su ubicación en la Figura 2-3.
- d) Riego:** De acuerdo a lo recopilado en actividades PAC, en el territorio existe algún tipo de infraestructura de riego, en la forma de 3 canales. Se hace notar que en el CPA (Catastro Público de Aguas), no aparece el caudal asignado, y solo el número de acciones. Tampoco se dispone de información relacionada con el desarrollo de los canales. Se determinó que INDAP ha financiado el mejoramiento de algunos de estos canales, junto con la construcción de otras obras, pero no fue posible obtener la información. Lo anterior se muestra en la Figura 2-3.



Fuente: Elaboración propia con antecedentes MOP: Observatorio de la Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico; antecedentes BNA-DGA, y antecedentes INDAP.

Figura 2-3: Resumen infraestructura hídrica en el territorio

Tabla 2-3: Red de medición en el territorio

#	Código BNA	Nombre estación	Tipo Estación	Coordenadas WGS 84 UTM 19S		Vigencia
				E (m)	N (m)	
M1	03604001-7	El Totoral	Meteorológica	306.985	6.912.196	Vigente
N1	03603001-1	Boquerón Chañar	Niveles	332.266	6.894.074	Vigente
N2	03600001-5	Pozo Totoral Bajo	Niveles	315.350	6.912.275	Vigente
N3	03603002-K	Quebrada Algarrobal W-2	Niveles	336.497	6.887.718	Vigente
N4	-	ST1	Niveles	332.048	6.906.426	Instalado
C1	03602000-8	Pozo Estación Algarrobal	Calidad de aguas	338.984	6.887.016	Vigente
C2	03600002-3	Totoral	Calidad de aguas	352.079	6.923.371	Vigente

Fuente: Elaboración propia con antecedentes BNA-DGA.

Tabla 2-4: Antecedentes disponibles de Canales

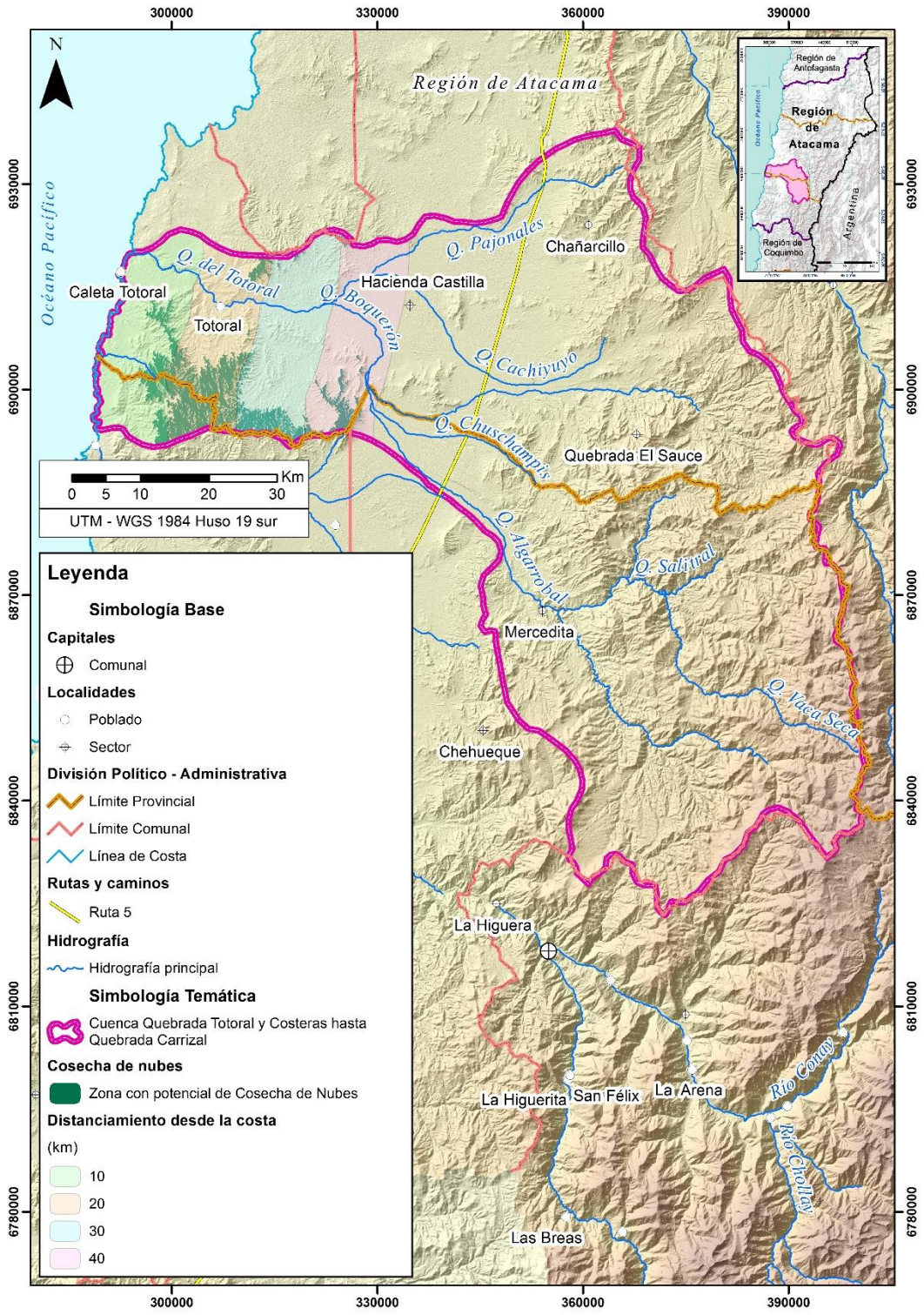
Expediente	Canal	Fecha Ingreso	Fecha Aprobación	Acciones
NC-0302-84	Bellavista	05-05-1997	30-01-1998	144
NC-0302-91	Totoral	05-05-1997	08-02-1999	1.200
NC-0302-92	Perales	05-05-1997	08-02-1999	504

Fuente: Elaboración propia con antecedentes CPA-DGA.

2.4 Nuevas fuentes existentes

En este acápite se presentan posibles nuevas fuentes de abastecimiento de agua para el territorio, como es la cosecha de nubes, la desalinización y el uso de aguas servidas tratadas:

- a) Cosecha de Nubes:** Una alternativa no tradicional para obtener agua en bajas cantidades es la llamada cosecha de nubes, que consiste en extraer agua desde la humedad existente en la forma de nube o neblina. Según lo propuesto por Cereceda et al. (2014) para el Norte Chico, existen condiciones geográficas cruciales para la presencia de niebla costera y de instrumentos que permitan aprovechar este fenómeno. En el marco del PEGH para la cuenca se desarrolló un análisis que considera altitud, pendiente, orientación de laderas, y distancia a la costa, lo que permitió identificar zonas con potencial para cosecha de nubes, según se muestra en la Figura 2-4, presentando mejor probabilidad las que se ubican más cerca de la costa. Se hace notar que no se identificaron proyectos de cosecha de nubes en el territorio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-4: Territorios con potencial de cosecha de nubes

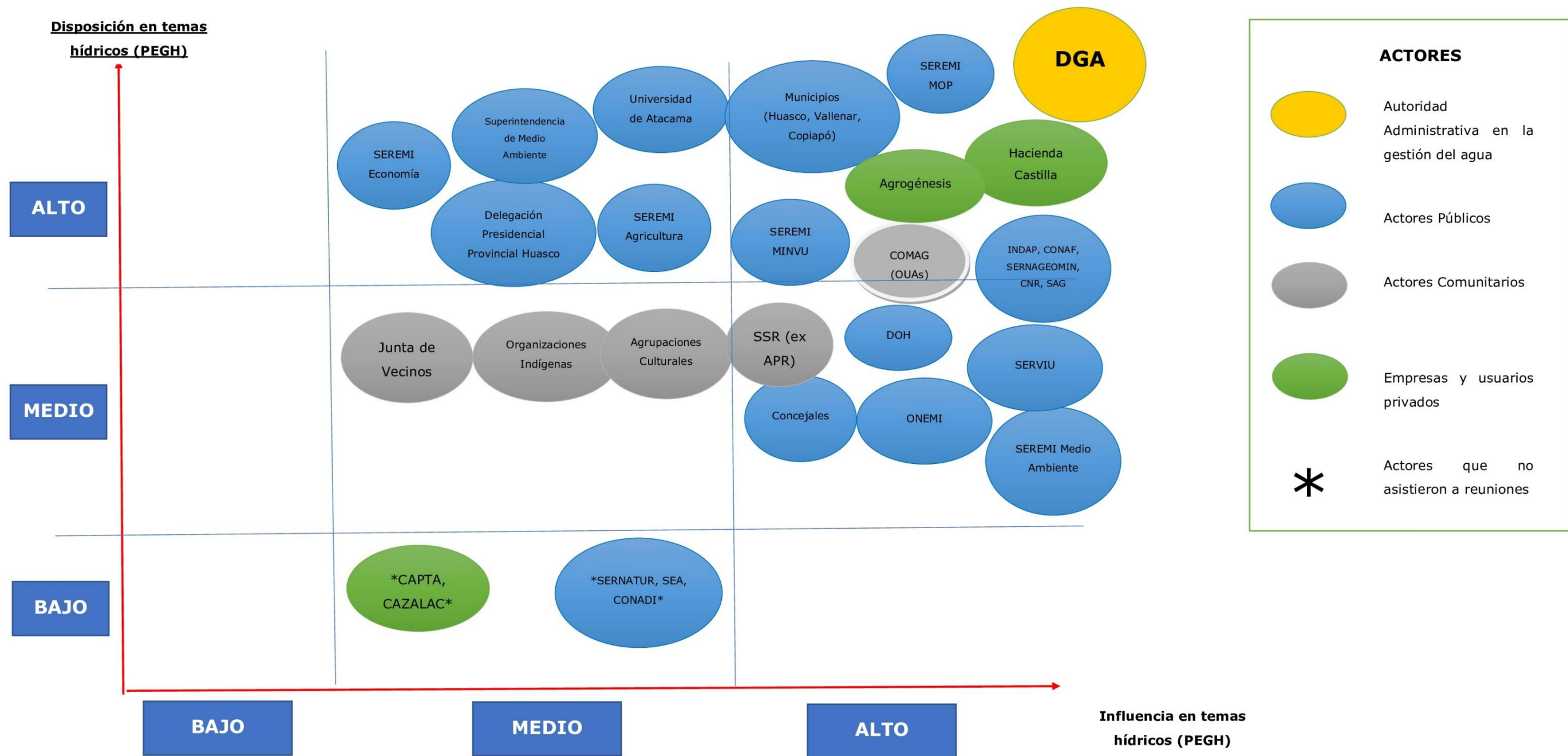
b) Desalinización: Se identificaron 11 plantas desalinizadoras de agua de mar en operación, construcción o factibilidad en la Región de Atacama, pero ninguna ubicada en el territorio, o con suministro de agua al territorio. Se identificó una posibilidad de uso compartido de agua para el territorio, basado en el proyecto minero El Morro, que, si bien tiene una RCA rechazada por temas de Consulta Indígena, continuaría en análisis resolviendo los problemas que presenta. Tal como está diseñado, el proyecto tiene una holgura de 100 l/s de porteo de agua salobre que podría entregarse en el territorio, mediante la instalación de cerca de 27 km de tubería para llevar el agua a Carrizal Bajo, 18 km para llevar agua a Llanos del Lagarto y 23 km hasta Canto de Agua. La idea de analizar a nivel de idea este tipo de solución es que es la única forma real de incrementar la disponibilidad hídrica en la cuenca, aunque una solución de este tipo involucra costos importantes de energía, además de impactos ambientales en el litoral.

c) Uso aguas servidas tratadas: Se identificó que como parte del Programa de Riego Intrapredial (PRI) del INDAP, es posible desarrollar iniciativas de reúso de aguas grises para riego de algunos cultivos permitidos. En todo caso, no se identificó este tipo de solución aplicada en el territorio, aunque su implementación es parte del PEGH Carrizal.

2.5 Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca

En este acápite se presenta el mapa de actores, una breve síntesis de las reuniones y las brechas de coordinación e información identificadas.

a) Mapa de Actores: Como punto de partida del trabajo se identificaron cuáles son los actores relevantes y la disposición e influencia de estos con el estudio y las relaciones que estos actores mantienen entre ellos. Se consideró el siguiente objetivo para el Mapa de Actores: *"Identificar a los actores sociales e institucionales, públicos, privados y comunitarios de interés en el marco del desarrollo e implementación del estudio Plan Estratégico de Gestión Hídrica"*. Como resultado de este trabajo se desarrolló la Figura 2-5 que muestra el grado de disposición e influencia en relación a los recursos hídricos de los diversos actores existentes en el área.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-5: Mapa de Actores (Disposición/Influencia)

b) Actividades PAC: Las reuniones de presentación realizadas fueron siete (7) y dos (2) reuniones fueron suspendidas y/o reprogramadas. Por la contingencia COVID-19 la mayoría de las reuniones de presentación se realizaron de forma virtual, excepto la reunión con Comunidad de Canto de Agua. Los talleres intermedios, donde se presentó el diagnóstico realizado fueron 4: 2 que se realizaron de forma virtual y 2 en forma presencial. Por último, las reuniones finales realizadas fueron 5, donde 3 talleres se realizaron de forma virtual y 2 en forma presencial.

c) Brechas de coordinación: Se identificaron las siguientes brechas entre organizaciones públicas:

- ◆ Coordinación DOH y DGA: En lo que respecta al traspaso de información, especialmente en el área de los SSR
- ◆ Coordinación DGA y CONADI: Especialmente en lo que respecta al asesoramiento de las comunidades indígenas en el tema del agua.

No se identificaron brechas de coordinación entre los organismos públicos y los privados.

2.6 Brechas de información

Se identifican las siguientes brechas:

- ◆ Baja densidad de estaciones meteorológicas.
- ◆ Inexistencia de estaciones fluviométricas.
- ◆ Poca claridad en la información de Derechos de Aguas de las coordenadas de todos los derechos en forma precisa con GPS geodésico.
- ◆ Falta Catastro de Infraestructura Hídrica en la cuenca.
- ◆ Monitoreo continuo de niveles.
- ◆ Falta de monitoreo de extracciones efectivas de agua subterránea.
- ◆ Falta de información de suelos.

2.7 Demanda física y legal diferentes usos

Para la cuenca se identificaron diversos tipos de demandas de agua, según se indica resumida en la Tabla 2-5 donde se muestran las demandas adoptadas para los distintos usos en la cuenca a nivel anual. Se hace notar que no es posible presentar gráficamente las demandas distribuidas en forma espacial, ya que solo se dispone de su valor en forma agregada en todo el territorio (es decir, no hay información base a nivel local).

Tabla 2-5: Resumen demandas (m³/año)

Año	SSR	Ambiental	Riego	Minería	Pecuarías	Total
2021	28.310	251.685	230.000	15.768	75	525.838
2030	29.183	251.685	250.000	15.768	75	546.711
2040	30.152	251.685	280.000	15.768	100	577.705
2050	31.122	251.685	310.000	15.768	100	608.675

Fuente: Elaboración propia.

En lo que sigue, se describe brevemente cada una de las demandas:

- a) SSR:** En la Tabla 2-5 se presenta la demanda del sistema existente.
- b) Ambiental:** Dado que no se dispone de información específica para la cuenca, se emplea como una aproximación a esta demanda los valores del caudal ecológico, definido a través de la metodología indicada en DGA (2008).
- c) Agrícola:** Para evaluar la demanda agrícola, se consideró como fuente de información el estudio DGA (2017a) en conjunto con el modelo integrado WEAP-Modflow desarrollado para este estudio, lo que permitió identificar que las demandas reales en el territorio son cercanas a un 25% de lo reportado en DGA (2017a), estudio que utilizó una extrapolación a nivel comunal, lo que incluye efectos del Valle de Copiapó, no aplicables al territorio.
- d) Minería:** Para cuantificar esta demanda hídrica se utilizó la información del estudio DGA (2017a), que muestra que no habría demanda minera en el territorio, basado en lo existente y operativo en el territorio a esa fecha. Las demandas se complementan con la información de derechos asociados a la minería que son las incluidas es la Tabla 2-5.
- e) Pecuaria:** Para caracterizar esta demanda también se utilizó la información del estudio DGA (2017a), corregidas aplicando el mismo factor territorial determinado para riego, es decir, 25% en promedio. El cálculo se realizó de esta manera, ya que se estima que se aplicó el mismo tipo de extrapolación a nivel del territorio afectado que en la estimación del área agropecuaria.

Por último, en lo que respecta al mercado de aguas, se determinó que existen 8 transacciones de tipo superficial en el territorio: 3 para el canal Totoral, y 5 para vertientes que alimentan los canales. De esta manera se tienen 2 valores representativos del agua a nivel promedio: 1,88 UF/acción para el canal Totoral y de 5,59 UF/acción para las vertientes.

2.8 Oferta hídrica

2.8.1 Agua superficial

Las fuentes de agua superficial son cauces activados esporádicamente gracias a lluvias invernales o de influencia costera, por lo tanto, la zona es dominada por quebradas. Producto de la topografía presente en la cuenca, se desarrolla un gran número de quebradas de menor envergadura que confluyen y forman a las más significativas. Si bien existe un número importante de quebradas, dos destacan por su longitud, trayecto y número de aportaciones recibidas: la Quebrada Algarrobal y la Quebrada del Totoral (o Totoral simplemente).

Para cuantificar la oferta hídrica natural del sistema se presenta en la Tabla 2-6 los caudales medios anuales con probabilidad de excedencia 5% ($Q_{5\%}$), 50% ($Q_{50\%}$) y 85% ($Q_{85\%}$) en los puntos de control que definen los registros fluviométricos sintéticos empleados para la calibración del modelo.

Tabla 2-6: Oferta natural de la fuente superficial (m^3/s)

Sector	Punto de control	$Q_{5\%}$	$Q_{50\%}$	$Q_{85\%}$
Alto	Totoral Alto	0,564	0,042	0,000
Medio	Totoral Medio	0,633	0,053	0,011
Bajo	Totoral Desembocadura	0,672	0,064	0,024

Fuente: Elaboración propia.

En términos de su calidad, no existe información de este tipo disponible, ya que no hay cursos superficiales permanentes muestreados. Tampoco se identificaron fuentes potenciales de contaminación o derechos concedidos.

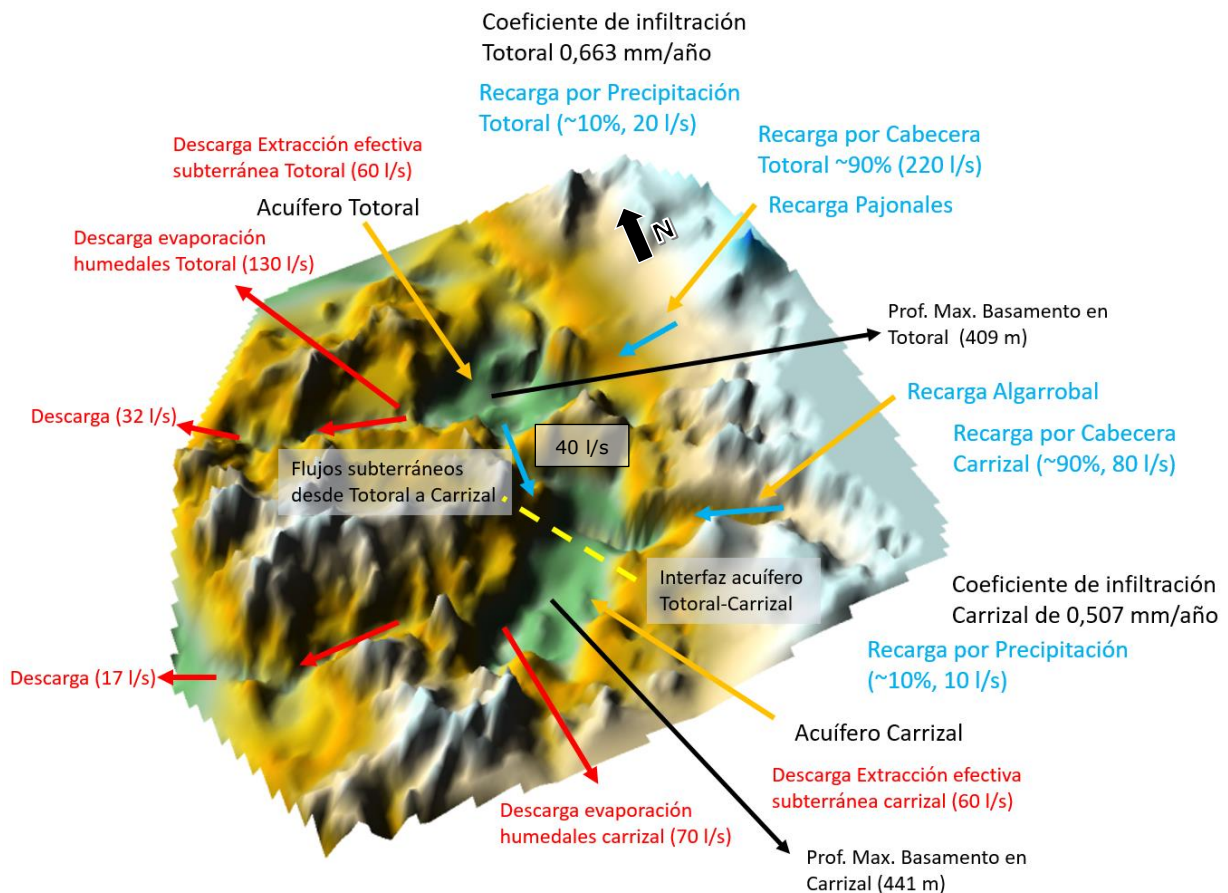
2.8.2 Agua subterránea

En cuencas prácticamente sin disponibilidad de recursos superficiales, como es la cuenca de la quebrada Carrizal y Quebrada de Totoral, surge como factor esencial el agua subterránea, que es extraída mediante pozos que captan las aguas desde las napas subterráneas y acuíferos del subsuelo. Para ello, parte importante para avanzar en el conocimiento de la cuenca y poder generar así, los datos de entrada que alimentará modelación hidrogeológica, se debe generar un diagnóstico de la cuenca, y en general cualquier proceso referido a la cuantificación y descripción de la oferta hídrica que incluya el potencial subterráneo de recursos hídricos. En particular en este territorio, existe poca información, se hizo necesario caracterizar el sistema subterráneo con prospecciones

geofísicas que permitieran identificar la ubicación y potencial de los recursos subterráneos disponibles.

Para realizar esta caracterización se realiza la interpretación de los resultados geofísicos (tanto para los trabajos realizados por esta consultoría, TEM y gravimetría, como la revisión de antecedentes geofísicos disponibles en el área) sumado a los antecedentes estratigráficos de pozos profundos y a la geología disponible en el área de estudio, se pudo determinar la existencia de una única unidad acuífera interconectada (acuífero Carrizal-Total, con una profundidad máxima de 370 m aprox. en el sector de Hacienda Castilla).

En la Figura 2-6 se presenta el modelo conceptual 3D, que describe el sistema acuífero, donde se debe destacar que los resultados como las condiciones de borde presentados corresponden a los resultados del modelo numérico. Esta figura contiene información de zonas de recarga y descargas, límite entre acuíferos, profundidades máximas del basamento rocoso, tasas de infiltración y evaporación, y descargas por extracciones efectivas del acuífero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-6: Modelo Conceptual 3D

En cuanto a los niveles freáticos de las cuencas este es variable según la ubicación del punto de captación, por ejemplo, en el sector de la hacienda Castilla los niveles se encuentran entre los 30 a 45 m de profundidad, mientras que en el sector del Poblado de Canto del Agua los niveles están cercanos a los 5 m de profundidad.

Para caracterizar la calidad de aguas de la cuenca se dispone de un punto de muestreo de la DGA, denominado pozo Algarrobal, ubicado en el límite entre las cuencas, además de los muestreos desarrollados en el contexto de este estudio. La calidad del agua presenta grandes variaciones, asociadas a las condiciones naturales del territorio, tanto a nivel territorial como temporal, teniéndose aguas con altos contenidos de sales, lo que obliga a que en los SSR de Totoral y Carrizal se deba utilizar osmosis inversa para abastecer a la comunidad.

2.9 Balance hídrico

La modelación hidrológica del presente estudio pretende alcanzar una herramienta que permita visualizar la dinámica de los flujos superficiales y subterráneos en la cuenca Quebrada de Totoral, a partir de los modelos numéricos existentes y facilitados por la DGA.

A pesar de presentar estudios diferenciados para la cuenca Quebrada Carrizal y para la cuenca Quebrada Totoral y Costeras hasta Quebrada de Carrizal, el modelo hidrológico superficial – subterráneo asociado a estas cuencas es generado en conjunto debido a que el único cuerpo acuífero de relevancia es transversal a estas cuencas, por lo tanto, es imposible independizar los efectos que generan las acciones de un territorio sobre el otro.

La simulación hidrológica se realiza mediante el acople del código MODFLOW, que permite la representación del sistema subterráneo en la plataforma WEAP, utilizada en la modelación del sistema superficial.

Para el desarrollo del trabajo se modeló la situación actual, una situación bajo condiciones de cambio climático y diferentes escenarios de gestión.

Dado que en este territorio los flujos subterráneos son los principales, se presenta en la Tabla 2-7 el balance hídrico para la situación de calibración, y su comparación para la situación con cambio climático adoptado. Es interesante notar que para el último año de los periodos en análisis no hay mayor diferencia entre el escenario de calibración y la situación con cambio climático, lo que si se observa al comparar la situación promedio (1990-2019) donde se pasa de un superávit a un déficit. Se hace notar que el superávit ocurre ya que solo una pequeña fracción de los derechos concedidos está en uso (menos del 25%).

Tabla 2-7: Balance hidrogeológico acuífero (l/s)

Sector	Escenario Calibración		Escenario Cambio Climático	
	1990 - 2019	2019	2021- 2050	2050
Entradas (l/s)				
Flujo subterráneo	237	219	201	181
Recarga río	0	0	0	0
Recarga superficial	10	0	9	1
Ineficiencia riego	5	7	7	6
Total	252	226	217	189
Salidas (l/s)				
Flujo subterráneo ^a	-44	-39	-36	-34
Afloramiento río	-16	-14	-12	-10
Evapotranspiración ^b	-137	-121	-111	-101
Demandas antrópicas	-51	-73	-69	-61
Total	-248	-247	-229	-206
Variación del almacenamiento (l/s)	4	-21	-12	-17

^a corresponde al flujo que transita desde el sector acuífero Carrizal hacia el de Totoral.

^b considera exclusivamente la evapotranspiración del humedal del sector del humedal Totoral.

Fuente: Elaboración propia.

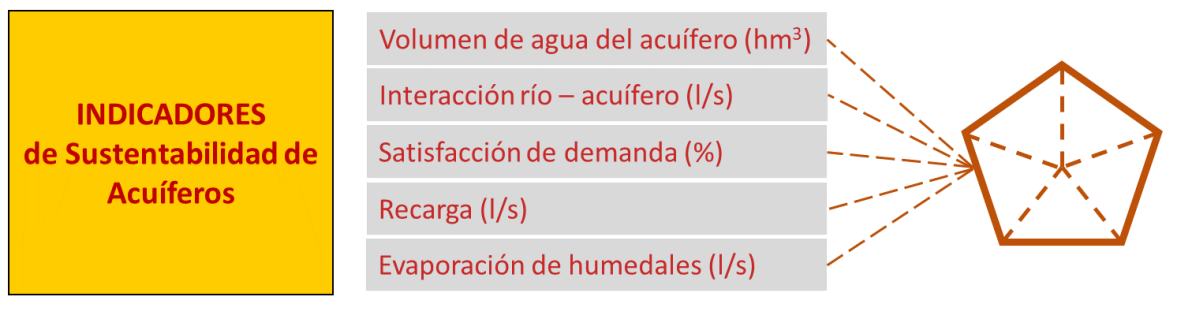
Para complementar la evaluación de los resultados presentados, se utilizan Indicadores Hídricos para la sustentabilidad de acuíferos. Se descartan de antemano indicadores de uso del recurso superficial debido a su casi nulo uso dentro de la cuenca Quebrada de Carrizal.

Estos Indicadores Hídricos son aquellos criterios que componen la sustentabilidad de sectores acuíferos, por lo tanto, se evalúa en los escenarios de gestión el volumen de agua en el acuífero, interferencia río – acuífero, y satisfacción de la demanda.

Todos los Indicadores Hídricos para la sustentabilidad del acuífero ostentan la misma relevancia y son presentados en la Figura 2-7. Dichos indicadores permiten visualizar el comportamiento a nivel subterráneo y pueden ser utilizados como referencia en el seguimiento y monitoreo del Plan de Acción.

Indicadores de Sustentabilidad y Seguridad Hídrica

Se utilizan indicadores para representar el estado de cada SHAC en distintos escenarios de gestión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-7: Esquema de Indicadores Hídricos subterráneos

La Tabla 2-8 entrega los valores de los cinco Indicadores Hídricos para la sustentabilidad del acuífero para distintos periodos de análisis.

Se observa que en todos los Indicadores Hídricos, los valores asociados al Caso Base siempre son mayores para la Ventana Futura, con excepción de la Satisfacción de la demanda, que se mantiene igual en todos los periodos considerados.

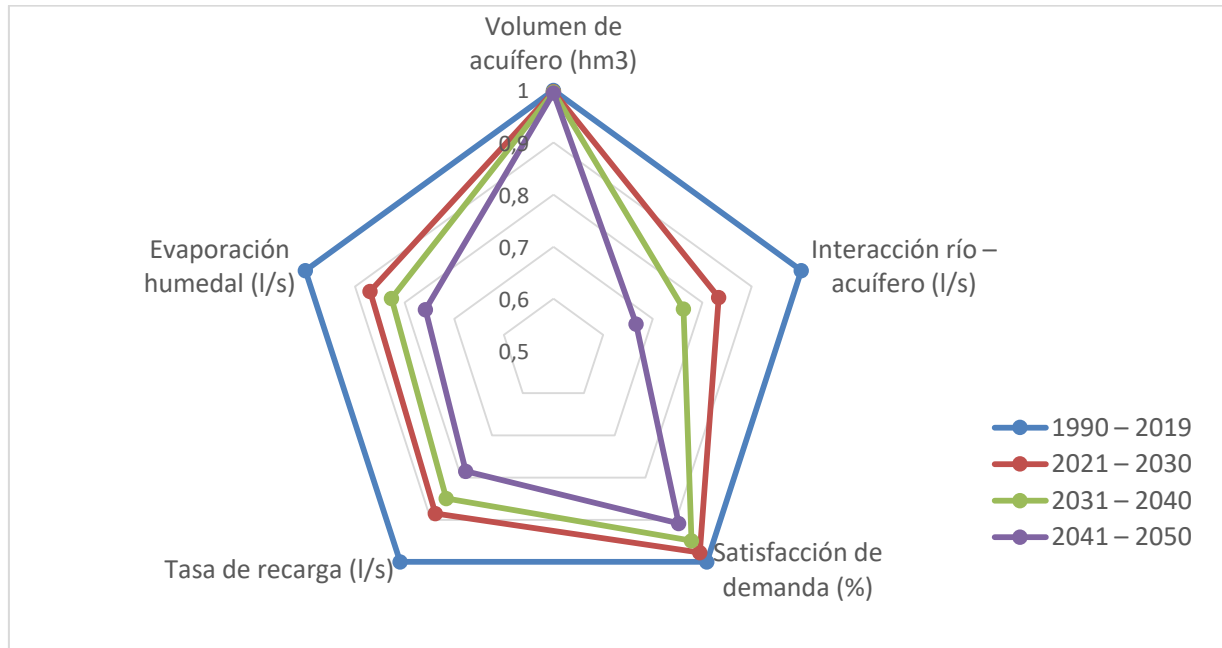
Con el objetivo de comparar los indicadores entre sí, se utilizan los valores del Caso Base (1990 – 2019) como referencia para convertir a todos los indicadores en valores adimensionales. Por lo tanto, el valor de los Indicadores Hídricos del Caso Base adquiere el valor de 1, mientras que, para la Ventana Futura, indicadores mayores a 1 indican una mejora con respecto al Caso Base y menores a 1 un empeoramiento de éste.

Tabla 2-8: Indicadores Hídricos para la sustentabilidad del acuífero

Indicador Hídrico	Caso Base	Ventana Futura		
	90 – 19	21 –30	31 –40	41 – 50
Volumen de agua en acuífero (hm ³)	2440	2434	2432	2427
Interacción río – acuífero (l/s)	-16,8	-14,0	-12,8	-11,2
Satisfacción demandas (%)	100%	97,8%	95,0%	90,9%
Recarga (l/s)	242,2	214,3	205,7	190,2
Evaporación humedales (l/s)	-142,0	-123,5	-117,3	-107,6

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2-8 muestra un gráfico radial de los valores de los Indicadores Hídricos adimensionales, donde el escenario CB (1990 – 2019) se sitúa en el valor de 1. En todos los decenios asociados al escenario VF los indicadores empeoran (Tabla 2-8) por lo que las curvas se desplazan hacia dentro del polígono.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-8: Comparación de Indicadores Hídricos adimensionales en escenarios Caso Base (CB) y Ventana Futura (VF)

Se destaca que los indicadores evaluados son menores en cada década sucesiva, lo que da cuenta de problemas a futuro producto del cambio climático. En específico, las mayores disminuciones ocurren para los indicadores Interacción río – acuífero, tasa de recarga y evaporación del humedal, seguido por la Satisfacción de la Demanda. Finalmente, el Volumen del agua en el acuífero también disminuye, pero en menor medida relativa.

3 ACCIONES

El objetivo central de este capítulo es presentar las acciones a considerar para la formulación del PEGH Total, presentándose en primer lugar los problemas adoptados que resultan de la integración del trabajo de PAC realizado y adicionalmente ratificado por lo recopilado y desarrollado durante este estudio. Luego se presentan los ejes temáticos seleccionados para la solución de los problemas y las tipologías de acciones consideradas, y también cómo se relacionan con los problemas. Finalmente, se presentan las acciones propuestas para resolver los problemas identificados.

3.1 Problemas Adoptados

En primer lugar, en la Tabla 3-1 se presentan las problemáticas adoptadas a ser consideradas para la posterior formulación del PEGH, información que se obtuvo como consecuencia de los trabajos de PAC, en conjunto con las actividades de gabinete del estudio (principalmente la revisión de antecedentes disponibles y entrevistas). Se hace notar que en la Tabla 3-1 además de la problemática adoptada, se presenta lo indicado por los participantes en las actividades de PAC, además de una explicación que define los alcances de lo propuesto como problema a resolver. Se hace notar que en esta tabla no se presenta la importancia relativa asignada a los problemas por los actores participantes, ya que ese elemento se incluye posteriormente en el Capítulo 4, específicamente en lo que respecta a la evaluación del PEGH Total.

Tabla 3-1: Problemáticas adoptadas para la formulación de PEGH

Problemática adoptada	Problemas Identificados en PAC	Descripción
Precaria planificación de uso de suelo rural (crecimiento, uso, población, otros)	Precaria planificación en crecimiento urbano de localidades	Este problema fue planteado desde el inicio del estudio, principalmente por la comunidad que observa que, debido a la ausencia de planificación, se observan asentamientos humanos en lugares no aptos, aumentos desmedidos y sin planificación de la población y falta de infraestructura, mientras otros lo observan como un problema de comunicación y de relación con la comunidad. Algunos usuarios lo ven como un problema asociado a la falta de atribuciones de los organismos públicos, o a la dispersión de estas atribuciones. A modo de ejemplo, indican que bienes nacionales asigna tierras sin verificar la disponibilidad de agua, saneamiento u otros elementos. También, se observa con preocupación la instalación de parcelas de agrado, sin que se sepa de dónde sale el agua, o qué va a ocurrir con los residuos hogareños, especialmente las aguas grises o negras. En términos espaciales, los efectos son más pronunciados en las localidades mayores, que ya cuentan con SSR, ya que resulta más fácil avecindarse en el territorio, llegar a pasar una breve temporada y continuar viviendo en el lugar. De acuerdo a lo informado en las PAC's, los problemas vienen desde hace muchos años, es decir, antes de cumplirse con el periodo de previsión de las obras, o sea, no fueron capaces de cubrir la demanda desde mucho antes de cumplir los 20 años de operación.
	Descontrol por llegada de población flotante en periodo estival	
	Precaria planificación de uso de suelo rural	
	Proliferación de microbasurales	
	El traspaso de terrenos privados en sectores de vegas o humedales a algún ente público	
	Preocupación por ocupación de las vegas por parte de privados	
	Crecimiento de parcelas de agrado	
Deficiente gestión manejo de recursos hídricos (interinstitucional, fiscalización, otros)	Baja oferta de capacitación y asesoría en materia de recursos hídricos	En este problema la comunidad lo visualiza por una parte por la falta de acción de las instituciones frente a los problemas, como se juzga la deficiente a nula fiscalización por parte de DGA, ya sea frente a la fiscalización a los pozos legales existentes, o al nulo actuar frente a la aparente proliferación de pozos ilegales; falta de respuestas claras y rápidas frente a consultas a la autoridad; percepción de poca transparencia en la forma de actuar; coordinación con otras instituciones para resolver los problemas de los usuarios; traslape de accionar entre instituciones; y en general, los usuarios lo ven como parte del desconocimiento del actuar público. También se observa en lo que se relaciona con la necesidad de capacitación, por ejemplo, frente a los alcances de la aplicación del Código de Aguas en lo que se refiere al uso del agua para subsistencia, ya que les interesa disponer de mayores antecedentes en lo que respecta a la aplicación del Código de Aguas.
	Baja fiscalización en uso de DAA	
	Alta cantidad de pozos ilegales	
	Deficiente gestión manejo de recursos hídricos	
	Baja fiscalización y capacitación	
	La integración de la información entre servicios que tengan la competencia de gestión del recurso hídrico, tiempos distintos y actualización de los instrumentos de planificación (instrumentos normativos, y otros) considerando las dinámicas que existen.	
	Falta de cohesión institucional (Coordinación de organizaciones públicas)	
	La falta de una articulación o gobernanza público - privada para la administración del recurso hídrico de la cuenca, que es una de las propuestas que se están barajando en la Convención Constitucional	
	Baja cobertura y apoyo de servicios públicos en localidades rurales	
	Mayor gestión hídrica, entre públicos y privados, considerando la presencia de santuarios de la naturaleza	
	Baja prioridad política para implementar programas y planes de intervención y mejoramiento en comunidades rurales	
	La existencia del decreto de restricción que divide la cuenca de Totoral	
Falta de comunicación con CNR e INDAP		

Problemática adoptada	Problemas Identificados en PAC	Descripción
Insuficiente infraestructura hídrica (SSR, riego, otras)	Insuficiente infraestructura hídrica	<p>A nivel de actividades PAC se identificó claramente la falta de infraestructura de SSR (en localidades menores), o la insuficiente cobertura de la infraestructura existente en localidades mayores.</p> <p>También se visualiza por la falta de acceso a financiamiento para la construcción de infraestructura de riego, especialmente en lo que se refiere a mejorar el uso óptimo del agua.</p> <p>En forma menos recurrente, también se hizo ver la necesidad de contar con información relacionada con el funcionamiento de los humedales.</p> <p>Se indicó por parte de los usuarios la no existencia de infraestructura de monitoreo de las aguas subterráneas.</p>
	Baja cobertura de sistemas APR	
	Alta dependencia del sistema de distribución de agua pública (camión aljibe) y privada (compra)	
	Inexistencia de sistemas de monitoreo hidrogeológico	
Deterioro ambiental en fuentes de agua (fuentes, humedales, otros)	Deterioro ambiental en fuentes de agua	<p>Esta problemática la presentan desde varios puntos de vista: a nivel individual, como potenciales problemas de contaminación de las fuentes de abastecimiento de familias que no tienen acceso a los SSR, o en forma más global en términos de los problemas ambientales del humedal costero.</p> <p>Se estima que la potencial contaminación del acuífero es un problema potencialmente en aumento.</p>
	Bajo control de calidad del agua	
	Desprotección fuentes de agua en alta cordillera	
Limitado acceso a la información de RRHH (desconocimiento, conectividad, otros)	Insuficiente conectividad (Internet) para interactuar con DGA, DOH, CNR y otros	<p>Este tipo de problemática lo asocian a la necesidad de disponer de información de los recursos hídricos, información que en muchos casos ya está disponible en forma digital, pero que por razones de desconocimiento o problemas de conectividad no pueden acceder a ella.</p> <p>La primera problemática puede ser manejada por el PEGH, o al menos mitigada, mientras que la conectividad digital escapa a los alcances de este trabajo (ya que es un problema de telecomunicaciones), pero igualmente va a ser destacada, ya que entre otros aspectos incide en la posibilidad de realizar reuniones virtuales con la comunidad.</p>
	Limitado acceso a información sobre recursos hídricos	
Baja disponibilidad de nuevas fuentes de agua y DAA	Baja disponibilidad de nuevas fuentes de agua	<p>Este problema se relaciona con la imposibilidad de acceder a nuevos derechos de aguas en aquellos sectores donde se ha decretado zona de restricción o prohibición. También les afecta en lo que se relaciona con obtener subsidios para la instalación de infraestructura de riego, ya que un requisito básico de postulación es la tenencia de derechos de agua.</p> <p>También se identificó como la ausencia misma de fuentes nuevas de agua en el territorio.</p>
	Escasa disponibilidad de DAA	
	Financiamiento con subsidios CNR o INDAP a pozos que no tienen regularizados sus derechos de aprovechamiento.	
	El impacto de la minería a gran escala aguas arriba	

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Ejes Temáticos y Tipologías Adoptadas

Con el fin de simplificar la formulación del PEGH Totoral, los problemas de trabajo PAC y tipos de iniciativas, se agruparon en 4 líneas de trabajo, según se muestra en la Tabla 3-2, donde se observan 4 ejes temáticos, los que a su vez se usan para categorizar las problemáticas en diferentes ejes, lo que se muestra en la Tabla 3-3, donde se observa que hay 2 problemas que se deben abordar en forma multi-eje, es decir, para su solución se deben presentar acciones que sean capaces de apoyar la solución de la problemática propuesta desde diferentes puntos de vista.

Tabla 3-2: Ejes Temáticos Adoptados PEGH Totoral

Eje #	Nombre
1	Uso estratégico RRHH
2	Protección Ambiental RRHH
3	Gobernanza y Gestión
4	Monitoreo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-3: Relación Problemas-Ejes Temáticos

Problema	Eje Temático			
	1	2	3	4
Precaria planificación de uso de suelo rural (crecimiento, uso, población, otros)		X	X	
Deficiente gestión manejo de recursos hídricos (interinstitucional, capacitación, fiscalización, otros)			X	
Insuficiente infraestructura hídrica (SSR, riego, redes de control)	X			X
Deterioro ambiental en fuentes de agua (fuentes, humedales, otros)		X		
Limitado acceso a la información de RRHH (desconocimiento, conectividad, otros)			X	
Baja disponibilidad de nuevas fuentes de agua y DAA	X		X	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Acciones Propuestas según eje Temático y Problema Identificado

Una vez que se tienen los problemas definidos por eje temático, viene el momento de definir las acciones que se van a considerar con este fin. Para esto, en la actividad de PAC se analizó en conjunto con la comunidad y otros actores públicos, un conjunto de iniciativas que permiten ayudar a formular el PEGH Totoral, acciones que son complementadas con otras que se derivan del desarrollo del trabajo de gabinete. Previo a la definición de las acciones debe definirse las tipologías a considerar, las que se muestran en la Tabla 3-4, donde se observan 4 categorías principales de acciones.

Tabla 3-4: Tipologías de Obras PEGH Totoral

Código	Nombre
OH	Obras Hidráulicas
NF	Nuevas Fuentes
MG	Mejoramiento Gestión
OM	Otras Medidas

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Acciones propuestas

En la Tabla 3-5 se resumen las acciones propuestas, su costo y duración estimada.

Tabla 3-5: Resumen acciones propuestas

Acción	Costo Estimado (millones \$)	Duración (año)
Ampliación SSR Totoral	108,0	2,0
Mejoramiento abastecimiento localidades menores	93,5	1,0
Identificación Instalación Sistemas de Acumulación	220,0	2,0
Identificación Mejoramiento Sistemas de Distribución	205,0	2,0
Tecnificación del riego	180,0	2,0
Mejoramiento de red de control (Fluviometría, meteorología, calidad y nivel de aguas subterráneas)	397,5	3,0
Monitoreo ambiental de humedales	73,0	5,0
Evaluación potencial cosecha de nubes en la cuenca	121,0	2,0
Fomentar la gestión público-privada para el uso de desalación como fuente de abastecimiento	230,0	5,0
Plan de fiscalización de extracciones	90,0	5,0
Aplicación Art 62 para limitar el uso de los derechos concedidos	143,0	3,0
Capacitación en Nuevo Código de Aguas	28,0	0,5
Capacitación en uso del agua	38,0	0,5
Apoyo y formación OUA's	172,0	2,0
Capacitación OUA's	28,0	0,5
Capacitación en desarrollo agropecuario a usuarios	38,0	0,5

Fuente: Elaboración propia.

4 EVALUACIÓN DE LA CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS

Con el fin de poder ordenar las iniciativas identificadas, se realizó un trabajo con de gabinete, usando lo informado por los participantes, lo que se vio representado en la forma de rankings de preferencias. En forma adicional, cada iniciativa se evaluó en 3 dimensiones adicionales: social, ambiental y financiero. Con este punto de partida, se procedió a ordenar las iniciativas, ajustar los plazos de ejecución, y el orden de las mismas, y finalmente permitió proponer un Plan de acción, el PEGH Totoral.

4.1 Evaluación y Ranking de las Acciones Propuestas

A partir del ranking modificado obtenido, se preparó un cronograma donde se presenta el orden propuesto de ejecución por cada acción, se muestra el valor actualizado del costo de la acción, y se presentan los proyectos agrupados por línea de acción, además de separados en proyectos de corto, mediano y largo plazo. Los resultados de este análisis se presentan en la **Figura 4-1**. En lo que respecta al plazo mostrado en la figura anterior, se observan 10 iniciativas en el corto plazo, 5 en el mediano plazo y 2 en el largo plazo.

Plazo	Eje PEGH	Acción		Año															
		Código	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Corto	Monitoreo	OH-01	Mejoramiento de red de control (Fluviometría, meteorología, calidad y nivel de aguas subterráneas)	■	■	■													
	Gobernanza y Gestión	MG-01	Plan de fiscalización de extracciones	■			■	■											
		MG-02	Capacitación en Nuevo Código de Aguas: Corresponde a capacitación a las comunidades y dirigentes en las nuevas disposiciones del código de aguas	■															
		MG-03	Capacitación en uso del agua: Corresponde a una captación global en el uso del agua, partiendo por el estudio simplificado del ciclo hidrológico, y otros elementos necesarios para el entendimiento de los problemas relacionados con los recursos hídricos	■															
		MG-04	Capacitación OUA's	■															
		MG-05	Capacitación en desarrollo agropecuario	■															
		MG-06	Aplicación Art 62 para limitar el uso de los derechos concedidos (análisis conceptual)	■	■	■													
		MG-07	Apoyo y formación OUA's	■	■	■	■	■											
		MG-08	Propuesta de Gobernanza de cuenca	■	■	■	■	■											
Protección Ambiental RRHH	OM-01	Monitoreo ambiental de los humedales	■	■	■	■	■												
Mediano	Uso estratégico RRHH	OH-02	Identificación Instalación Sistemas de Acumulación: Identificar agricultores interesados en el desarrollo de proyectos de acumulación, para posterior desarrollo de proyectos y proponerlos para financiamiento estatal							■	■								
		OH-03	Identificación Mejoramiento Sistemas de Distribución: Identificar agricultores interesados en el desarrollo de proyectos de mejoramiento de los sistemas de distribución, para posterior desarrollo de proyectos y proponerlos para financiamiento estatal							■	■								
		OH-04	Tecnificación del riego: Identificar agricultores interesados en el desarrollo de proyectos de tecnificación, para posterior desarrollo de proyectos y proponerlos para financiamiento estatal									■	■						
		OH-05	Ampliación SSR Totoral: Se requiere actualizar el diseño del sistema de abastecimiento, aumentando la capacidad de la fuente tomando en cuenta el crecimiento de la población									■	■						
		OH-06	Estudio mejoramiento abastecimiento localidades menores: Permite identificar las posibilidades de abastecimiento de localidades menores, que en la actualidad reciben su agua solo por camión aljibe o por fuentes propias de los usuarios									■							
		Largo	Uso estratégico RRHH	NF-01	Estudio potencial cosecha de nubes en la cuenca												■	■	
Gobernanza y Gestión	MG-09		Programa para fomentar la gestión público-privada para el uso de desalación como fuente de abastecimiento												■	■	■	■	

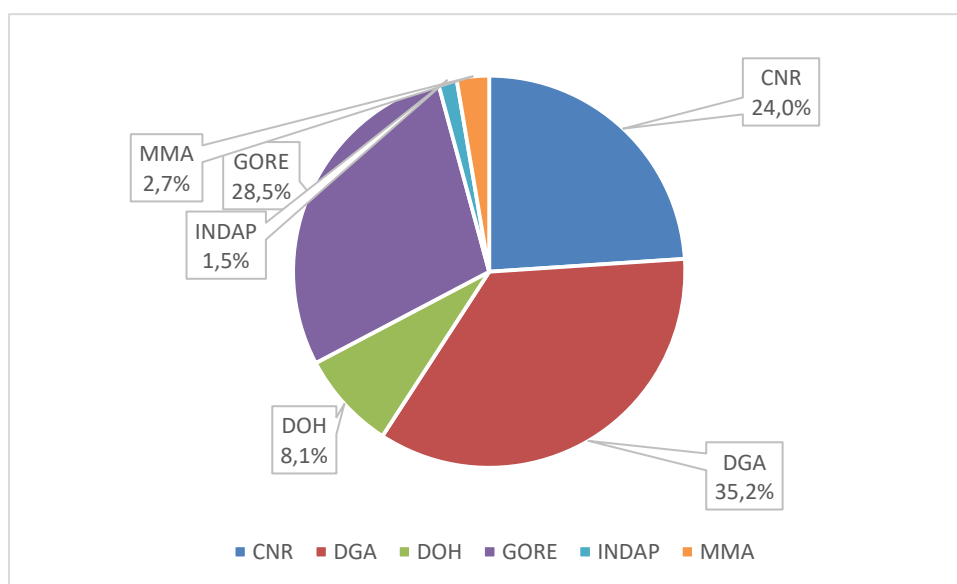
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-1: Cronograma Propuesto PEGH Totoral

4.2 Valorización Económica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica

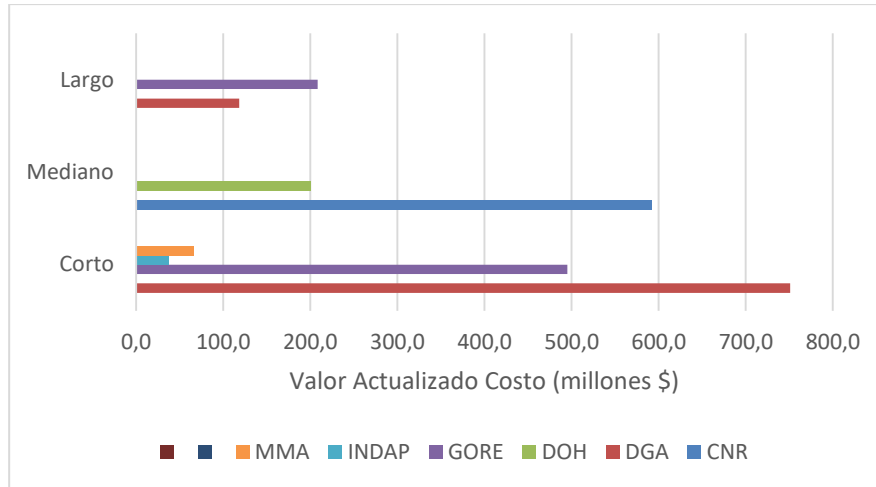
4.2.1 Acciones a Ejecutar por Actor

En primer lugar, se presenta la distribución de acciones, en términos de VAC, a ejecutar por ejecutor, distribuidos entre la DGA y otros actores, en el corto, mediano y largo plazo, lo que se muestra en la Figura 4-2 y Figura 4-3. En términos porcentuales, la DGA está encargada de un 35,2% del presupuesto requerido, con 7 iniciativas, y el restante 64,8% (10 iniciativas) en manos de otras instituciones. La distribución del valor actualizado de los costos se muestra en la Figura 4-4, en la forma de un diagrama Sankey, donde se muestra la tipología, la institución y el plazo.



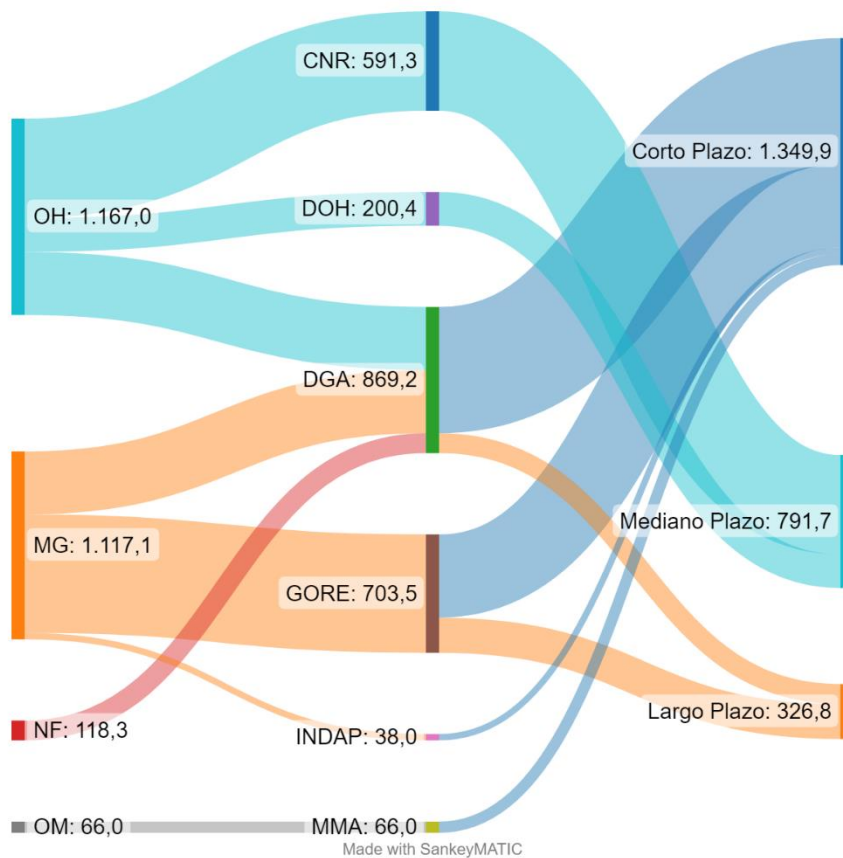
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-2: Distribución Costos por Actor Institucional



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-3: Distribución Valor Actualizado de Costos por Plazo Ejecución

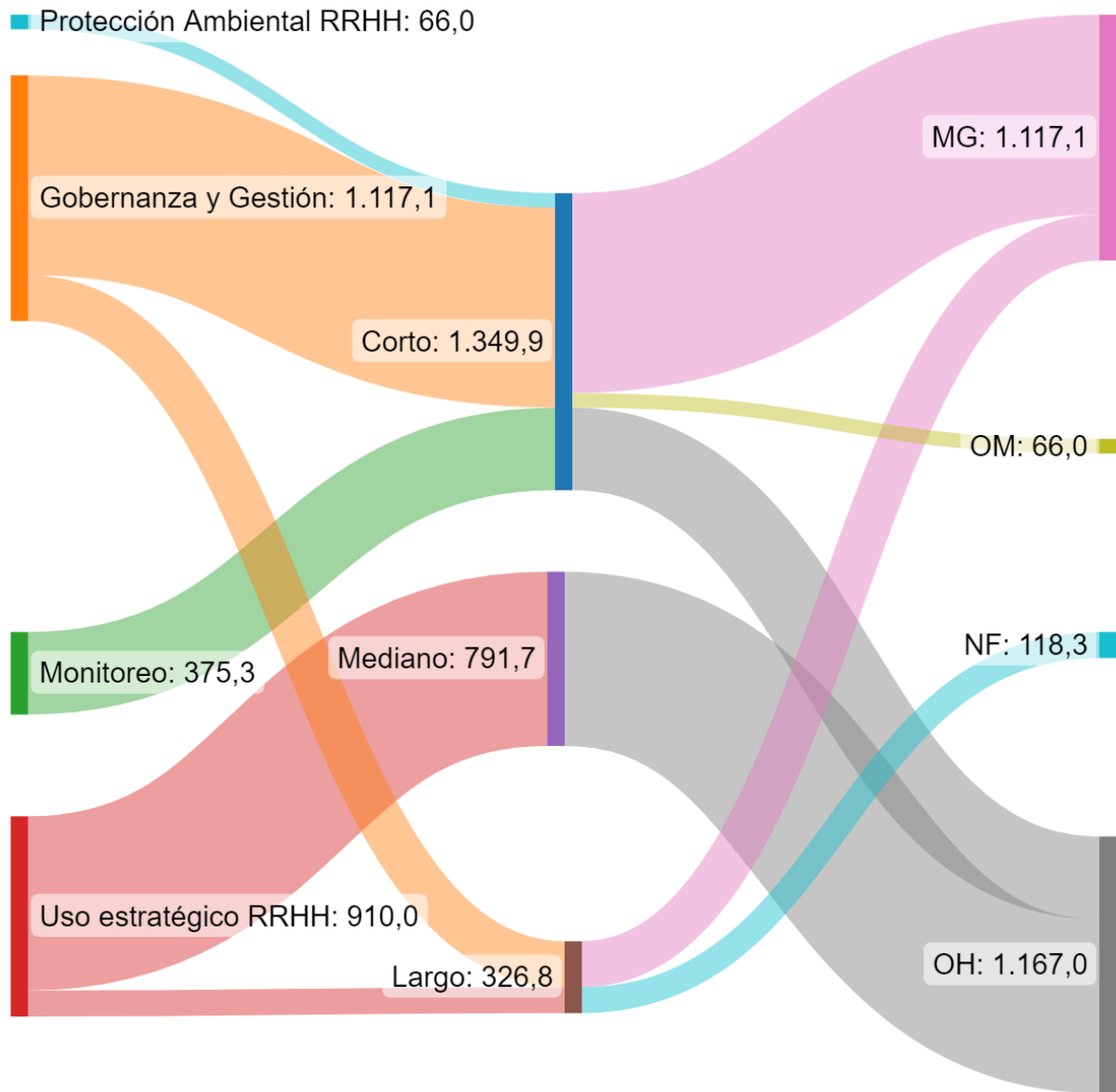


Fuente: Elaboración propia usando SankeyMATIC.

Figura 4-4: Distribución VAC (millones \$) por Tipología, Entidad Encargada y Plazo de Ejecución

4.2.2 Distribución de Valor Actualizado de Costos por Eje PEGH

En último lugar, se presenta en la Tabla 4-1 la distribución del valor actualizado de los costos por línea de acción, institución y plazo, lo que se resume en la Figura 4-5, donde se observa que el 54,7% del presupuesto se asigna al corto plazo.



Made with SankeyMATIC

Fuente: Elaboración propia usando SankeyMATIC.

Figura 4-5: Distribución VAC (millones \$) por Eje Temático, Plazo y Tipología

Tabla 4-1: Distribución VAC (millones \$) por Eje PEGH

Eje PEGH	Corto	Medio	Largo	Total
Uso estratégico RRHH		791,7	118,3	910,0
Protección Ambiental RRHH	66			66,0
Gobernanza y Gestión	908,6		208,5	1.117,1
Monitoreo	375,3			375,3
Total	1.349,9	791,7	326,8	2.468,4
Distribución	54,7%	32,1%	13,2%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

5 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

En este capítulo se presenta un resumen de la estructura del PEGH Totoral y los principales hitos a considerar, en función de la temporalidad establecida para cada medida del plan. Se presenta también la estructura propuesta para la gobernanza, sus componentes, limitaciones. También se analizan fuentes de financiamiento, y el efecto del nuevo Código de Aguas.

5.1 Estrategia de Implementación

5.1.1 Aspectos a Considerar

En este acápite se presentan algunas de las condicionantes que podrían afectar el desarrollo y/o implementación del plan.

5.1.1.1 Proceso de Participación Ciudadana

En lo que sigue se presentan las recomendaciones para la implementación del PEGH. Se propone, como recomendación general, que se continúe con un proceso de participación y consulta que garantice una amplia participación de la comunidad afectada y/o beneficiada de las iniciativas, que se informe adecuadamente a las organizaciones representativas del área de estudio sobre las distintas acciones/perfiles de proyecto que se realizarán a futuro. En ese contexto, se sugiere evaluar las siguientes recomendaciones:

- ♦ La creación de una coordinación interinstitucional del PEGH, como continuadora de las reuniones efectuadas durante el estudio y que reúna a los diversos tomadores de decisiones públicos, resulta como una urgente medida para continuar con lo avanzado a la fecha.
- ♦ La realización de seminarios y charlas como mecanismos de capacitación y de nivelación de los conocimientos existentes entre los diversos actores, que ayudará a la comprensión de conceptos como "cuenca", "balance hídrico", "modificaciones del código de aguas", "OUAs", entre otras materias.
- ♦ Se recomienda masificar el uso de las herramientas de comunicación para informar sobre el PEGH en las siguientes etapas. A pesar de las limitaciones de la conectividad, la creación de una página web del PEGH, creación de Facebook e Instagram, etc. permitirán aumentar el flujo de información hacia los diversos actores y recoger tempranamente las inquietudes de la comunidad del área de estudio.

-
- ♦ Se sugiere incorporar estrategias distintas de relacionamiento (entrevistas, reuniones, talleres, etc.) para los diversos habitantes existentes en el área de estudio.
 - ♦ Se sugiere también para próximas etapas, la generación de algunas actividades PAC de carácter diferenciado (segmentado), de forma complementaria a actividades generales. Ello, en función de los distintos efectos que tiene las acciones/iniciativas para los habitantes del área, es decir, se hace necesario realizar un trabajo específico y diferenciado con aquellos habitantes, grupos y organizaciones más afectados.
 - ♦ Se recomienda involucrar en mayor medida a las Municipalidades. La implementación del PEGH, requiere contar con el apoyo decidido de la organización municipal por el contacto directo que tiene con los principales actores locales involucrados en el plan como por la injerencia cada vez mayor en los temas hídricos.
 - ♦ Se sugiere posibilitar el intercambio de experiencia con otras realidades de cuencas en el sur o en el norte del país, en que pudieran contrastar y compartir experiencias.

5.1.1.2 Proceso de Consulta Indígena

También se requiere profundizar sobre la procedencia y pertinencia de un proceso de Consulta Indígena en las etapas futuras de las iniciativas, ya sea en forma particular de cada una de ellas o en la totalidad del PEGH.

El PEGH puede ser considerado como una "medida administrativa" que servirá como base para futuras decisiones y corresponde a una acción que se diseñó para implementar futuras "medidas" (proyectos, programas y estudios). Para este caso, si los PEGH avanzan en su normativa y sustentación legal, de una etapa indicativa que se encuentra hoy a una etapa de un nivel superior, como lo sucedido con la última modificación del Código de Aguas, adquiere sentido discutir la proposición de revisar las iniciativas del PEGH en el contexto del Convenio 169.

En ese ámbito, hay que considerar que el Convenio 169 señala en su Artículo 6 "...al aplicar las disposiciones del presente convenio, los gobiernos deberán:

- a) consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente;

-
- b) establecer los medios a través de los cuales los pueblos interesados puedan participar libremente, por lo menos en la misma medida que otros sectores de la población, y a todos los niveles en la adopción de decisiones en instituciones electivas y organismos administrativos y de otra índole responsables de políticas y programas que les conciernan;
- c) establecer los medios para el pleno desarrollo de las instituciones e iniciativas de esos pueblos, y en los casos apropiados proporcionar los recursos necesarios para este fin.¹

Si al inicio de los PEGH se estableció por parte del Ministerio de Obras Públicas, no considerar un proceso de consulta Indígena, una vez finalizado un PEGH parece pertinente volver revisar esa decisión, considerando que las disposiciones del Convenio 169 impulsan y promueven que sean los gobiernos quienes deban adaptarse a las condiciones y particulares de las comunidades indígenas y no al revés. Las dificultades de conectividad de internet, la dispersión geográfica de las localidades, la adecuada comunicación de los contenidos técnicos de los estudios, la cantidad adecuada de reuniones, la participación temprana y el debido financiamiento para un proceso participativo de un PEGH, son algunos de los aspectos que deben ser analizados nuevamente en la implementación de un PEGH.

5.1.1.3 Modificaciones al Código de Aguas

Para la implementación del plan deben considerarse las modificaciones al Código de Aguas, en diferentes áreas, en las que el PEGH Totoral tiene acción o interés:

- ♦ Derecho humano al agua y saneamiento:
 - Se establece la priorización del consumo humano, el saneamiento y el uso doméstico de subsistencia, lo que permite asegurar el derecho humano de acceso al agua.
 - Establece el interés público para reservar aguas y así poder satisfacer la función de subsistencia o para la preservación ecosistémica.
 - Bajo cualquier circunstancia, prevalece el uso para el consumo humano, doméstico y de subsistencia, tanto en el otorgamiento de derechos de aguas, como en la redistribución de las aguas.

¹Ver documento disponible en línea en <https://www.mop.cl/asuntosindigenas/Documents/convenio169.pdf>

-
- Fortalece la calidad de las aguas como bien nacional de uso público, explicitando que su uso y dominio pertenece a todos los habitantes de la nación.
 - ◆ **Preservación ecosistémica:**
 - Velar por la armonía y el equilibrio entre la función de preservación ecosistémica y la función productiva que cumplen las aguas.
 - Promueve el equilibrio entre eficiencia y seguridad en los usos productivos de las aguas, resguardando el consumo humano y el saneamiento, la preservación ecosistémica, la disponibilidad de las aguas y la sustentabilidad de los acuíferos.
 - Refuerza el concepto de sustentabilidad tanto para las aguas superficiales, como las aguas subterráneas.
 - ◆ **Producción sostenible y eficiencia hídrica:**
 - Desarrollar nuevo reglamento del Catastro Público de Aguas (CPA) para disponer de toda la información de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) y el uso de las aguas, para asegurar transparencia, accesibilidad y disponibilidad.
 - ◆ **Gobernanza y gestión territorial:**
 - Promueve la inversión y gestión territorial desde las cuencas.
 - Promueve la formación y el fortalecimiento de las organizaciones de usuarios de aguas.

5.1.1.4 Fuentes de Financiamiento

Se debe considerar el acceso a diferentes fuentes de financiamiento, ya sean estas de tipo sectorial, recursos GORE, fondos SUBDERE, otros.

5.1.1.5 Alianzas Estratégicas

Es fundamental considerar el establecimiento de alianzas estratégicas de tipo público-privada con el fin de mejorar las confianzas, lograr financiamiento alternativo y complementario y desarrollar acciones de largo plazo, como es el uso de agua desalada no solo a nivel industrial, sino que en forma extensiva para el abastecimiento humano.

5.1.1.6 Recambio regular de autoridades

Otro aspecto que también debe tomarse en consideración es el recambio de autoridades políticas, que trae como consecuencia que en algunas instancias existan vacíos de autoridad, lo que dificulta la interacción con los usuarios. También se traduce en que no

existe una participación regular de los entes políticos, lo que hace que la comunidad vea que no hay relación entre autoridad y usuarios.

5.1.1.7 *Dificultad de acceso*

Un último elemento que complejiza la relación entre las autoridades y la comunidad es la distancia, lo que limita las posibilidades de interacción con los usuarios, generando en muchos casos frustración en los usuarios, ya sea en lo complejo del acceso, como en la velocidad de respuesta.

5.1.2 Pasos para la Implementación del PEGH

La implementación del PEGH dependerá de diversos factores, entre ellos:

- ♦ La identificación de responsabilidades institucionales.
- ♦ La buena acogida de la acción por parte de los beneficiarios.
- ♦ El financiamiento disponible.
- ♦ Otras externalidades positivas o negativas propias de cada medida.

Por lo anterior, se debe definir una institución coordinadora transversal del conjunto de las medidas propuestas, o unidad ejecutora. Dado que el PEGH Totoral 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 quien ostente esta figura de coordinación, por las razones siguientes:

- ♦ DGA Regional entre otras cosas se relaciona con las OUA's existentes, con los usuarios no organizados, tiene potestad en la fiscalización del uso del agua y su ejecución, entre otras acciones relevantes.
- ♦ DGA Regional mantiene vínculos con los actores territoriales, tanto públicos de otros servicios (DOH, CNR u otros) como actores privados (mineras, industrias, sanitarias), según el trabajo de PAC realizado.

Se propone, que, de acuerdo a lo anteriormente presentado, que la responsabilidad de la coordinación para la ejecución general del PEGH Totoral sea un Consejo de Cuenca, y que la DGA regional actúe como entidad coordinadora, a través de la figura del coordinador PEGH Totoral establecido por el propio servicio, mientras que el monitoreo y control se realice desde DGA nivel central. Se resalta la importancia de mantener instancias periódicas de reunión entre estas dos figuras para alcanzar los resultados esperados de implementación del PEGH Totoral.

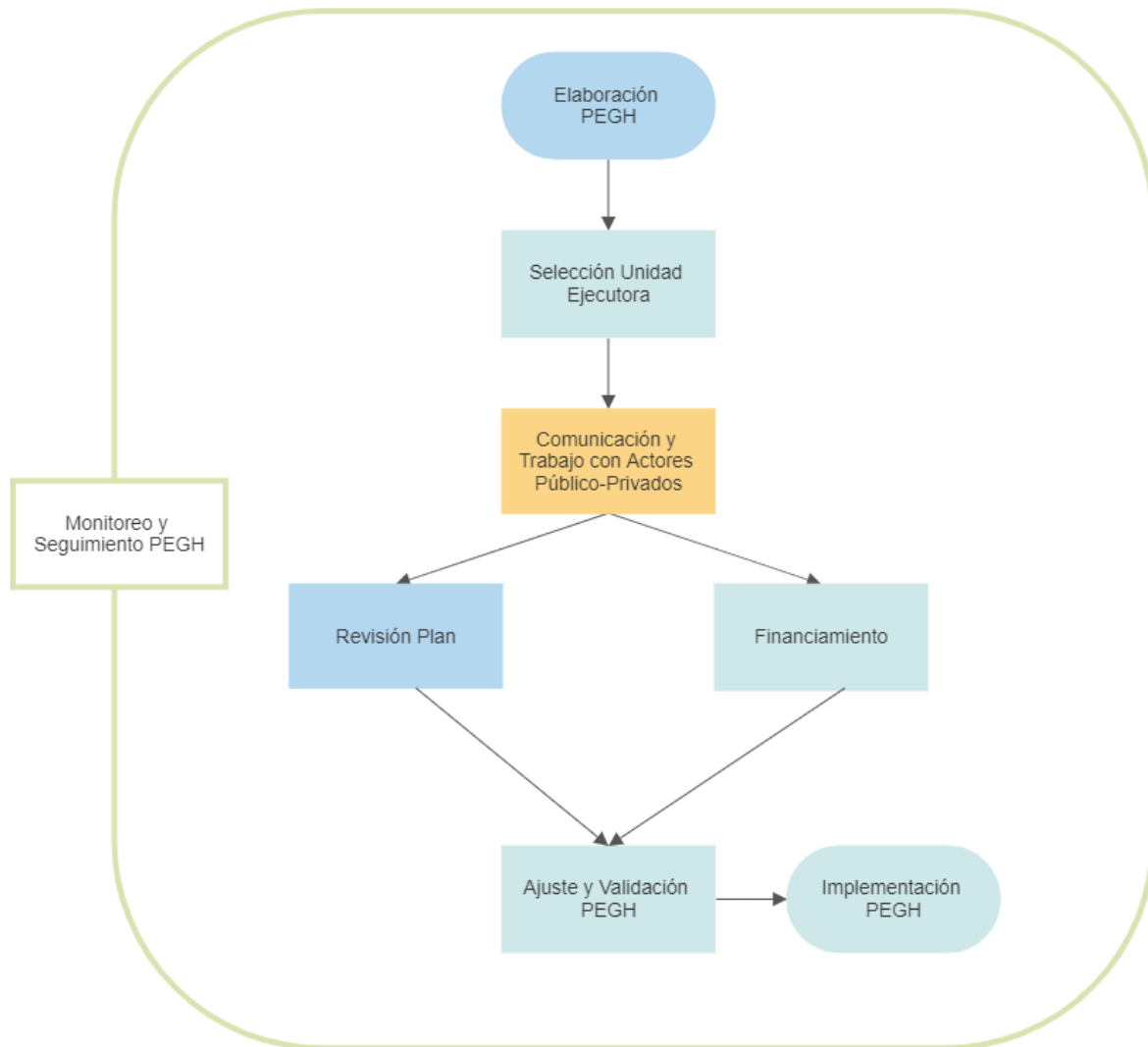
Considerando la gobernanza como herramienta para gestionar la interacción de los sistemas políticos, sociales y económicos involucrados en la gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad, resulta clave la generación de procesos interactivos que impliquen diversas formas de asociatividad, colaboración y negociación entre estos sectores (y actores).

Respecto de la aceptación y la acogida de las medidas por parte de los diferentes actores, se debe considerar que las interacciones entre ellos (no conflicto, colaboración y confianza, u otra situación) pueden cambiar según el tema que los una o relacione y, en consecuencia, también pueden cambiar sus voluntades para hacerse partícipes de las acciones del plan. No obstante, cabe señalar las consideraciones indicadas en la estrategia de comunicación definida y llevada a cabo posterior a la elaboración del presente PEGH Totoral, y expuesto en el acápite 8.2. Se pretende con ello asegurar que el proceso planificador sea cercano a los *stakeholders* y que pueda contribuir a una mejora continua.

La obtención del financiamiento, en general, irá de la mano con los lineamientos estratégicos de cada institución (principalmente pública) involucrada; para ello, se sugiere que DGA regional establezca una reunión inicial de trabajo invitando a los servicios públicos involucrados en el PEGH Totoral, con la finalidad de informar sobre los montos estimados por iniciativa para cada institución.

En paralelo a la implementación de las iniciativas del PEGH Totoral, el Plan de Monitoreo asociado permitirá un seguimiento y mejora de la pertinencia de las propuestas identificadas y su adaptación a lo largo del tiempo en caso oportuno; dicho plan se describe posteriormente en el Acápite 9.1.

En la Figura 5-1 se presenta un esquema básico de los pasos propuestos a seguir en la implementación de las iniciativas del PEGH Totoral, mientras que en la Figura 5-2 se presenta un esquema con los actores considerados para el modelo de gobernanza propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1: Esquema Simplificado de los Pasos de Implementación del PEGH Total

Se debe hacer notar que el esquema propuesto de implementación del plan podría verse completamente modificado, en caso que se acepte incluir una Consulta Indígena.

También debe tenerse en cuenta que, que con la finalidad de evitar duplicidades de las iniciativas propuestas debido a otros planes en acción o abordables en los próximos años por parte de otros servicios públicos, el ente coordinador del PEGH Total deberá solicitar a los actores implicados en la implementación de acciones la cartera actualizada de sus medidas planificadas relacionada con los recursos hídricos en las instancias de trabajo indicadas en la Figura 5-2, con especial atención a aquellos organismos que manejan

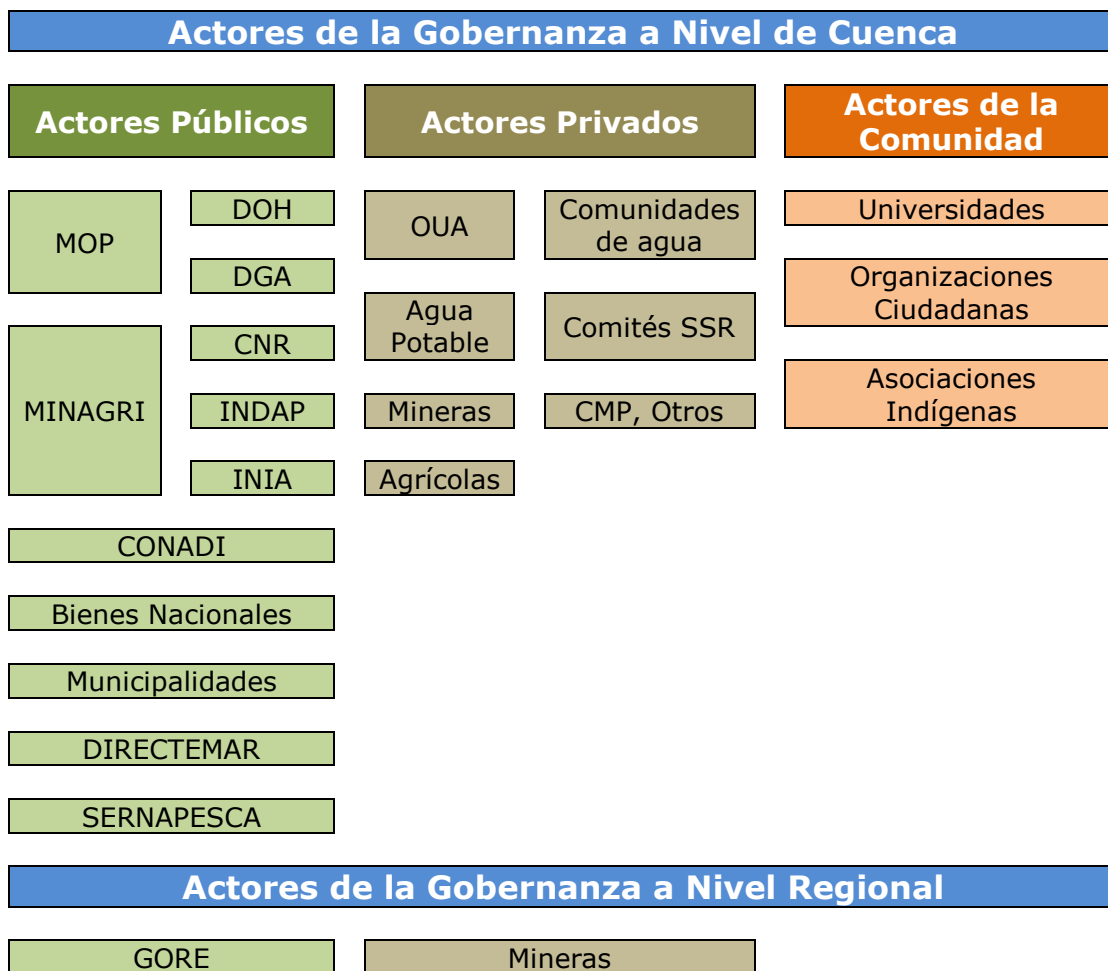
presupuestos propios (por ejemplo, GORE). Es importante observar que en el nivel regional se incluyen otras instituciones relacionadas con el borde costero y su uso, como son la DIRECTEMAR y SERNAPESCA por la posible interacción que podrían tener con el PEGH Totoral. La inclusión definitiva de estas entidades debe decidirse en forma posterior a esta instancia que es de tipo propositiva. Se hace notar que en la gobernanza propuesta está incluido el Ministerio de Bienes Nacionales junto a las municipalidades, ya que uno de los problemas más importantes identificados en el territorio está relacionado con planificación territorial, uso del suelo y crecimiento de las localidades.

Debe hacerse notar que la ausencia de entidades privadas entre las entidades ejecutoras del PEGH que se está formulando, no impide que durante el desarrollo del PEGH se encarguen actividades a privados. Tampoco es inamovible la definición de entidades ejecutoras, por lo que es posible modificar la entidad encargada.

En base a lo anteriormente expuesto, para la implementación del PEGH Totoral se requiere una institucionalidad en 2 niveles:

- ♦ Nivel Cuenca: Consejo de Cuenca, que se encargaría de la implementación del PEGH Totoral y estaría a cargo de conseguir financiamiento, difusión y otras acciones.
En este nivel se debe considerar en primer lugar la entidad a cargo del trabajo.
- ♦ Nivel Superior: Mesa Regional del Agua, que permitiría realizar las coordinaciones necesarias para facilitar la concreción a largo plazo de los proyectos de desalación, o de otro tipo de integración extra-cuenca que se requiera.

En la Figura 5-3 se muestra el esquema de gobernanza propuesto, donde se distingue el nivel exterior, que podría ser, por ejemplo, a la Mesa Regional del Agua, y a cargo de la formulación del PEGH el Consejo de Cuenca, conformado por los actores identificados anteriormente en la Figura 5-2, y de su implementación, por parte de la Secretaría Ejecutiva, y el seguimiento por parte de la Unidad Coordinadora.

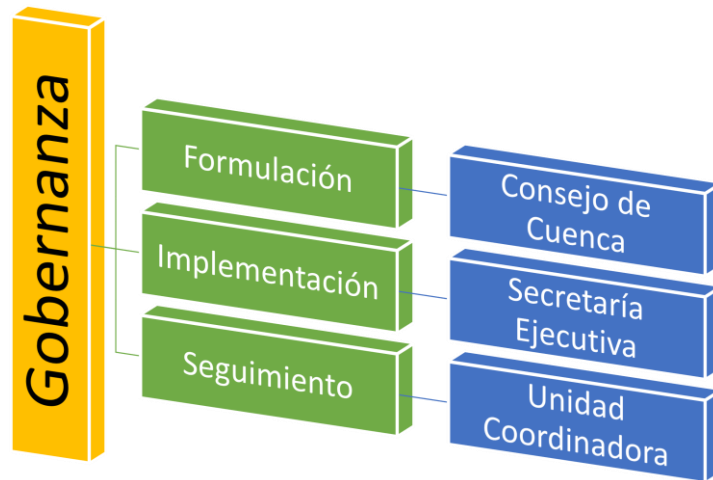


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2: Identificación de actores participantes en la Gobernanza propuesta para el PEGH Totoral

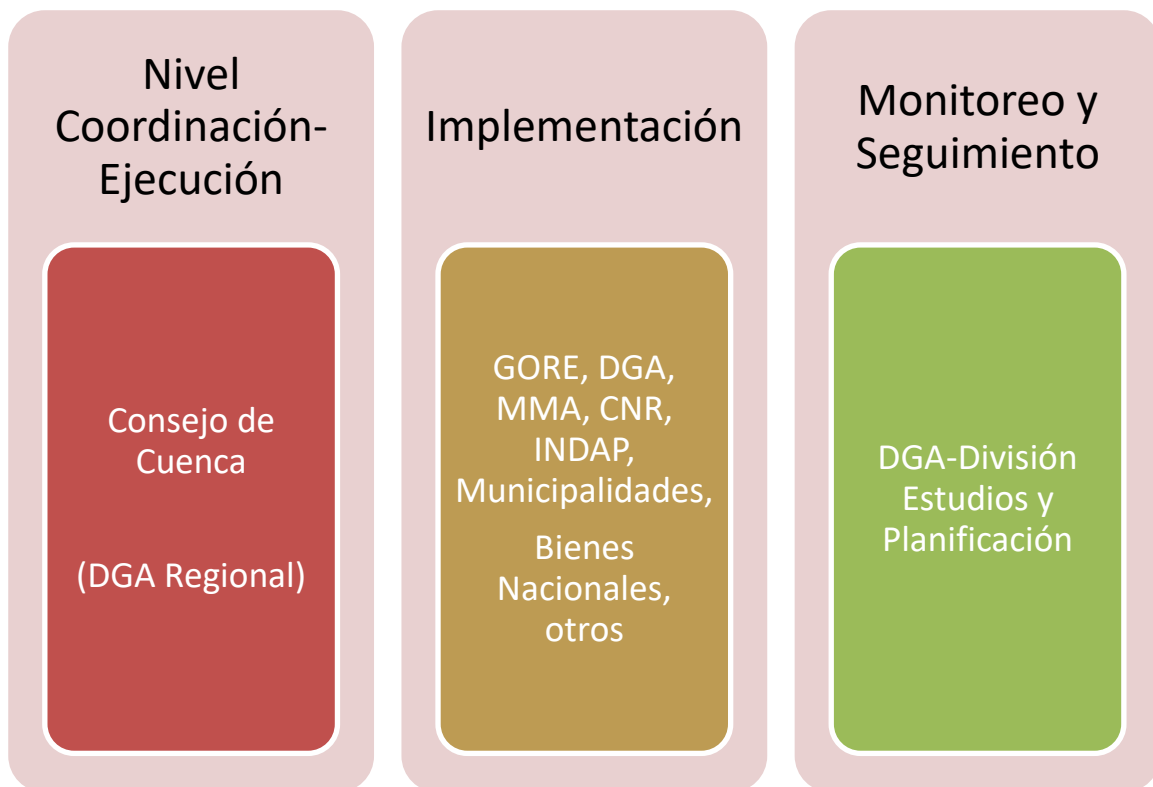
Finalmente, al combinar lo indicado en la Figura 5-1, Figura 5-2, y Figura 5-3 se desarrolla un esquema de gobernanza apropiado al territorio, y que se muestra en la Figura 5-4, donde se detallan las instituciones participantes en los diferentes niveles.

Mesa Regional del Agua



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-3: Esquema de gobernanza propuesto



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4: Detalle Gobernanza Propuesta

5.2 Estrategia de Comunicación

La estrategia comunicacional del PEGH Totoral tiene que contemplar el universo de actores del territorio relacionados con materia hídrica en la cuenca. La estrategia propuesta está conformada por dos objetivos:

- ♦ Informar a los actores relevantes y otros actores del territorio acerca de los avances en la implementación del PEGH Totoral.
- ♦ Corroborar la aceptación de las iniciativas del PEGH Totoral por parte de los potenciales beneficiarios.

Para lograr lo anterior, se sugiere lo siguiente:

- ♦ Utilizar redes sociales para informar de la implementación del plan, implementar por ejemplo una página web, grupos de whatsapp, e incluso hasta un canal de youtube.
- ♦ Usar los diarios murales disponibles en las oficinas de las diferentes organizaciones comunitarias para dar información del PEGH
- ♦ También debe considerarse la impresión de material gráfico en un lenguaje fácil de entender, diseñado especialmente para llegar a aquellos usuarios que no tienen acceso a elementos tecnológicos de comunicación, o con bajas posibilidades de conectividad. El material impreso prodría estar disponible en las oficinas de las organizaciones mencionadas en el inciso anterior.
- ♦ Para mejorar las confianzas deben desarrollarse actividades de acercamiento a la comunidad, cabildos abiertos, reuniones informativas, u otro tipo de actividad que permita acercar la comunidad con otros actores. Lo anterior quedó de manifiesto en el cambio de actitud mostrado por los actores comunitarios durante el desarrollo de las actividades PAC, ya que si bien inicialmente las actividades presenciales fueron tensas, luego de que se presentó suficiente información en un lenguaje apropiado para la comunidad y con detalle suficiente, se mejoró sustancialmente la comunicación. Esta forma de trabajo debe aplicarse con mayor profundidad en el territorio.
- ♦ Otro elemento es incluir la comunicación radial, no solo en la forma de avisos, sino que también, en la forma de programas de difusión.

Lo anteriormente indicado se sustenta en el trabajo de PAC desarrollado en la cuenca, donde se identificaron los mejores mecanismos de acceso a la información.

Anteriormente, en la Figura 2-5, se mostró la disposición e influencia de los distintos actores en el territorio. En base a esta categorización de actores, se proponen diferentes niveles de difusión, los que se muestran en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Caracterización de difusión propuesta según tipo de actor en su relación a la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos

Tipo de Actor	Tipo de Difusión Propuesta
Actores con alto interés y alta o media influencia	Enfocada en presentar en detalle los resultados del PEGH Totoral y establecer líneas de comunicación para coordinar su ejecución.
Actores con alto o mediano interés y baja influencia	Enfocada en presentar en detalle los resultados del PEGH Totoral y establecer líneas de comunicación para la retroalimentación sobre estado hídrico actual de la cuenca.
Actores con bajo interés e influencia	Difusión general de los resultados a través de medios masivos de comunicación, tales como radio o internet.

Fuente: Elaboración propia.

6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

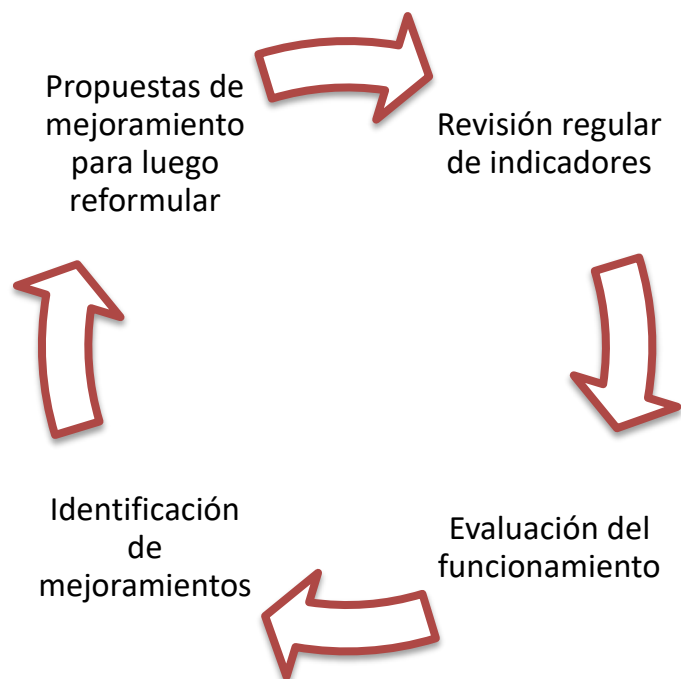
En este capítulo se detalla el Plan de Monitoreo del PEGH Totoral, en conjunto con los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados. Esto se hace ya que el PEGH Totoral debe contemplar un mejoramiento continuo del mismo, ya que la realidad de los recursos hídricos es esencialmente variable, por lo que se debe adecuar el avance real en términos de implementación del PEGH Totoral.

6.1 Plan de Monitoreo

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH Totoral tiene por objetivo establecer el seguimiento y la eficacia de su implementación, determinando los indicadores que permitan trazar el grado de cumplimiento de las 17 iniciativas públicas que lo componen y de los objetivos del PEGH Totoral. Adicionalmente, se especifican los mecanismos para la actualización y/o el rediseño del PEGH Totoral, como instrumento de planificación a mediano y/o largo plazo.

El PM se centrará en dar seguimiento anualmente a los indicadores definidos, y cada 5 años, deberá analizar potenciales reformulaciones del PEGH Totoral. Los pasos de este proceso se presentan en forma gráfica en la Figura 6-1, donde se muestra la secuencia de acciones que se deben realizar, partiendo con el monitoreo del plan, para luego evaluar su funcionamiento, identificación de mejoras, para terminar con las propuestas de mejoramiento y la reformulación del plan, para luego repetir el ciclo. Tal como se indicó anteriormente, la reformulación puede referirse a modificar la entidad encargada o incluso asignar la realización de un estudio directamente a un privado.

A continuación, se presentan los indicadores y el seguimiento definido.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-1: Esquema de revisión del PEGH

6.1.1 Indicadores del PEGH Totoral

Para verificar el seguimiento del PEGH Totoral se consideran 4 tipos de indicadores:

- ♦ **Ejecución:** Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas comenzadas en el año i y el número de iniciativas planificadas en el año i .
- ♦ **Inversión:** Se calcula como el cociente entre el monto invertido y el monto que debió haberse invertido.
- ♦ **Gestión:** Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas finalizadas en el año i y el número de iniciativas planificadas a haber finalizado en el año i .
- ♦ **Efectividad:** Este indicador debe ajustarse a cada iniciativa, y debe medir el grado de respuesta en satisfacer las brechas identificadas, o de cumplir las actividades propuestas necesarias para lograr los objetivos.

En el Anexo K-05, para cada acción se presentan los medios de verificación propuestos.

6.1.2 Seguimiento

El seguimiento del PEGH Totoral se realiza anualmente, separando lo que ocurre en el corto, mediano y largo plazo, determinando los indicadores en cada caso y el umbral establecido. Esto se realiza de la siguiente forma:

- ✦ **Corto Plazo (año 1 hasta 5):** 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.
- ✦ **Mediano y Largo Plazo (año $i+5$):** El objetivo del Plan de Acción en este periodo es analizar si el PEGH Totoral 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 Totoral, a través de los mecanismos para el análisis y toma de decisiones.

6.2 Mecanismos para el Análisis y Toma de Decisiones

La planificación tiene una componente dinámica, más aún, considerando iniciativas relativas a los recursos hídricos, los cuales van de la mano con la evolución del contexto climático, incidiendo sobre la oferta hídrica en la cuenca, y los cambios inherentes en la demanda de agua del territorio, así como las relaciones entre los actores (fortalecimiento, conflictos). Lo anterior hace necesario que el PEGH Totoral sea evaluado para determinar si el diseño original sigue vigente al cabo de su primer ciclo de 5 años, así como en ciclos consecutivos del mismo periodo.

En el presente mecanismo de análisis y toma de decisiones se expone, la metodología a considerar, y luego cómo debe ejecutarse la etapa de reformulación del PEGH Totoral.

En relación al análisis del PEGH Totoral para su reformulación, se recomienda considerar los siguientes aspectos:

1. Actualización del diagnóstico en materia de recursos hídricos, con especial atención a las brechas entre oferta y demanda, el estado de la infraestructura, la situación de gobernanza en el territorio y el estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca.
2. Actualización de la cartera actual de acciones, tanto a nivel público como privado.

-
3. Actualización del modelo hidrológico superficial-subterráneo con la nueva *data* disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH Totoral original.
 4. Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.

En base a lo anterior, el Consejo de Cuenca deberá establecer la forma de abordar la reformulación del PEGH Totoral, ya sea a través de medios propios o con apoyo externos, estableciendo:

- ◆ Revisión y/o actualización de los ejes y objetivos específicos del PEGH Totoral.
- ◆ Revisión y/o actualización de las iniciativas ya iniciadas, e incorporación de nuevas acciones, a corto/mediano/largo plazo.
- ◆ Si corresponde, actualización del Plan de Monitoreo asociado al PEGH Totoral.

7 CONCLUSIONES

Las conclusiones finales del estudio en primer lugar se presentan en 6 grandes áreas temáticas:

- ♦ **Perfeccionamiento del modelo:** El modelo se considera una base que se debe actualizar y perfeccionar en un corto plazo, incluyendo más detalles de implementación de las medidas. Esto permitirá robustecer la herramienta como modelo predictivo.
- ♦ **Sustentabilidad de Acuíferos:** Algunos SHAC en condición potencialmente no sustentable, en el evento en que se utilicen todos los derechos legalmente otorgados.
- ♦ **Brecha Hídrica:** Mayor brecha hídrica se obtiene para sectores altos de la cuenca, ya que en esos sectores se concentran las mayores extracciones.
- ♦ **Iniciativas de Desalinización:** Se identifica como la única fuente viable de largo plazo, en términos de cantidad. En el corto y mediano plazo puede considerarse la cosecha de nubes, y la optimización del uso actual. Por lo mismo, se requiere una interacción público-privada que va más allá de la cuenca, y se plantee a nivel regional o macro-zonal.
- ♦ **Gestión de Derechos:** Corresponde a un análisis de la aplicación del Art. 62 del CdA para controlar la sobreexplotación del acuífero.
- ♦ **Acciones Conjuntas:** Se requieren acciones de información y gestión con la comunidad, de modo que los actores locales sean parte y no solo espectadores.

Por último, se puede indicar lo siguiente:

- ♦ La cuenca de la Quebrada Carrizal es actualmente un sistema bajo potencial escasez hídrica. Múltiples actores demandan recurso hídrico en diferentes sectores productivos. En el inmediato plazo la potencial brecha se puede suplir con el uso del Art. 62 del Código de Aguas. La única fuente de agua fresca con el potencial de suplir la demanda no satisfecha en el largo plazo es desalación.
- ♦ Se hace notar que, dada la interrelación entre la cuenca de la Quebrada Carrizal y la Quebrada Totoral, se estima necesario realizar un PEGH conjunto, ya que lo que ocurre a nivel subterráneo en una cuenca influye en la otra, al día de hoy teniéndose flujo desde Totoral a Carrizal, flujo que podría cambiar en el futuro si los derechos de agua que en la actualidad no están en pleno uso se comienzan a extraer.

-
- ♦ Obras de acumulación, tecnificación, y distribución se presentan en el PEGH como iniciativas en torno a la oferta, para aportar seguridad hídrica, lográndose solo mejoras menores.
 - ♦ Adicionalmente a lo anterior, el reúso de aguas solo reduce la brecha hídrica en una medida muy menor.
 - ♦ Se hace notar la necesidad de seguir profundizando en la relación del PEGH y los pueblos originarios presentes en el área de estudio.
 - ♦ Mejoras en las instancias de gobernanza actual, con todos los actores a escala cuenca, tal como propone el PEGH, deben enfocarse en la gestión de la demanda, pero también a escala fuera de cuenca. Entre otras cosas, se requiere profundizar en el conocimiento de la cosmovisión de los pueblos originarios sobre el agua y la tierra. El Código de Aguas desconoce las particularidades de las comunidades indígenas. Las políticas públicas, que tienen como respaldo la legislación (leyes, Constitución, ordenanzas) consideran escasamente los aspectos culturales, como la concepción que el territorio puede ser una totalidad que no se puede separar entre los dueños de la tierra y de agua. Asimismo, la utilización ancestral de las aguas de los pueblos originarios hace del recurso hídrico la base del desarrollo de diversas actividades productivas, como la agricultura o la ganadería.
 - ♦ También se requiere profundizar sobre la procedencia de un proceso de Consulta Indígena en las etapas futuras de las iniciativas. El PEGH puede ser considerado como una "medida administrativa" que servirá como base para futuras decisiones y corresponde a una acción que se diseñó para implementar futuras medidas. Para este caso, si los PEGH avanzan en su normativa y sustentación legal, de una etapa indicativa que se encuentra hoy a una etapa de un nivel superior como lo sucedido con la modificación del Código de Aguas. Asimismo, hay que considerar que el Convenio 169 impulsa que sea el Estado quien debe adaptarse a las condiciones y particulares de las comunidades indígenas y no al revés, posibilitando someter la totalidad del Plan a un proceso de consulta indígena.