



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

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN CUENCAS COSTERAS E ISLAS ENTRE EL RÍO ITATA Y RÍO BIOBÍO

RESUMEN EJECUTIVO

**REALIZADO POR
HIDROGESTIÓN S.A.**

S.I.T. N° 510

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2022

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Sr. Juan Carlos García Pérez de Arce, Arquitecto

Director General de Aguas

Sr. Rodrigo Sanhueza Bravo, Ingeniero Civil

Jefe (S) División de Estudios y Planificación

Sra. Andrea Osses Vargas, Ingeniera Civil

Inspector Fiscal

Sra. Andrea Osses Vargas, Ingeniera Civil

Inspectores Fiscales Subrogantes

Sr. Oscar López Arenas, Ingeniero Civil

Sr. Ignacio Cofré Henríquez, Ingeniero Civil

Consultora

Jefe de Proyecto

Sr. Claudio Reyes Hurtado, Ingeniero Forestal

Especialistas y Profesionales

Sr. Eugenio Celedón Cariola, Ingeniero Civil

Sr. Eugenio Celedón Correa, Ingeniero Civil

Sr. Alejandro Rodríguez Lazcano, Ingeniero Civil

Sra. Vanessa Mancisidor Univaso, Periodista

Sr. Víctor Gómez Coa, Geógrafo

Sra. Karina Aguilera Casanueva, Bióloga MSc

Sra. Virginia Carter Gamberini, Geógrafa PhD

Sr. Marcial Valenzuela Celis, Ingeniero Forestal

Sr. Diego Carpentier Nazal, Ingeniero Civil

Sr. Diego Niklitschek Flores, Ingeniero Civil

Sr. Sebastián Carvajal Marambio, Geólogo

Sra. Dominique Coumerme González, Ingeniera Civil

Sr. Carlos Gasca Guíñez, Geógrafo

Sr. Sebastián Núñez Labrín, Ingeniero Civil

Sr. Cristián Jordán Díaz, Ingeniero Forestal PhD

Sra. Carolina Varas Valiente, Relacionadora Pública

Sr. Simón France Lanás, Sociólogo



Índice General

	Página
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1-7
1.1 Introducción	1-7
1.2 Objetivos.....	1-7
1.2.1 Objetivo general	1-7
1.2.2 Objetivos específicos del Plan Estratégico	1-8
2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	2-9
2.1 Geología y geomorfología	2-10
2.2 Suelos, uso y variación temporal	2-10
2.3 Hidrología.....	2-11
2.4 Ciudades y población	2-11
2.4.1 Pueblos Originarios.....	2-12
2.4.2 Actividad Económica	2-13
2.5 Clima	2-14
2.5.1 Eventos Extremos y Variabilidad Climática.....	2-14
2.5.2 Escenarios de Cambio Climático	2-15
2.6 Dimensión Ambiental	2-16
2.6.1 Unidades Ecosistémicas	2-16
2.6.2 Áreas Silvestres Protegidas.....	2-18
2.7 Infraestructura Hídrica	2-19
2.7.1 Infraestructura sanitaria.....	2-19
2.8 Nuevas fuentes de agua	2-22
2.9 Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca	2-22
3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL.....	3-23
4 OFERTA HÍDRICA	4-23
4.1 Aguas Superficiales.....	4-24
4.1.1 Hidrología	4-24
4.1.2 Oferta en la fuente	4-25
4.1.3 Calidad del agua	4-26



4.1.4	Fuentes de contaminación	4-27
4.2	Aguas subterráneas	4-27
4.2.1	Hidrogeología	4-27
4.2.2	Oferta en la Fuente	4-28
4.2.3	Calidad del Agua	4-29
4.2.4	Fuentes de contaminación	4-30
5	BALANCE DE AGUA	5-31
5.1	Modelo de Simulación	5-31
5.1.1	Modelo Conceptual Hidrogeológico.....	5-31
5.1.2	Descripción del Modelo Numérico superficial	5-31
5.1.3	Escenarios de Cambio Climático	5-31
5.1.4	Balance de Agua Actual.....	5-32
5.1.5	Balance de Agua Proyectado.....	5-32
5.2	Brechas Hídricas.....	5-33
5.3	Indicadores Hídricos de la Cuenca	5-37
5.4	Análisis de sensibilidad.....	5-40
6	ACCIONES	6-43
6.1	Seguridad Hídrica para las Personas	6-43
6.2	Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....	6-43
6.3	Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo.....	6-43
6.4	Seguridad Hídrica ante eventos extremos	6-44
7	INICIATIVAS PROPUESTAS.....	7-44
7.1	Alternativas seleccionadas	7-44
7.2	Líneas de Acción.....	7-48
7.3	Valorización económica del Plan	7-49
7.4	Cronograma de soluciones.....	7-51
8	IMPLEMENTACIÓN.....	8-52
8.1	Estrategia de implementación	8-55
8.1.1	Aspectos Institucionales.....	8-55
8.1.2	Aspectos de financiamiento	8-55



8.2	Estrategia de comunicación.....	8-56
8.3	Identificación de fuentes de financiamiento.....	8-56
9	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN	9-57
10	ASPECTOS NORMATIVOS	10-62
10.1	Modificaciones al Código de Aguas.....	10-62
10.2	Ley Marco de Cambio Climático	10-62
10.3	Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial.	10-64

Índice de Tablas

	Página
Tabla 2-1. Superficies según usos de suelo en área de estudio	2-10
Tabla 2-2. Porcentajes según categorías de erosión en la zona de estudio	2-11
Tabla 2-3. Población total de las comunas de la cuenca	2-12
Tabla 2-4. Población indígena autorreconocida por comuna.....	2-12
Tabla 2-5. Resumen de Información de Actividades Económicas	2-13
Tabla 2-6. Uso del suelo de las explotaciones agropecuarias con tierra	2-14
Tabla 2-7. GCM utilizados en DGA (2019) para representar las forzantes meteorológicas en el periodo proyectado, considerando cambio climático.....	2-16
Tabla 2-8. Servicios Ecosistémicos Asociados a Ecosistemas Naturales	2-17
Tabla 2-9. Abastecimiento de agua potable en sectores urbanos.....	2-19
Tabla 2-10. Sistemas de agua potables rurales área estudio	2-20
Tabla 2-11. Plantas de tratamiento de aguas servidas	2-21
Tabla 2-12. Estaciones meteorológicas DGA.....	2-21
Tabla 2-13. Estaciones fluviométricas vigentes.....	2-22
Tabla 2-14. Estaciones de Calidad de Aguas.....	2-22
Tabla 3-1 Demanda total Periodo actual y proyectado (2060).....	3-23
Tabla 4-1. Cuerpos de Agua, Embalses y Humedales.....	4-24
Tabla 4-2 Oferta superficial. Periodo histórico y actual.....	4-25
Tabla 4-3 Oferta superficial proyectada. Periodo actual y proyectado	4-26
Tabla 4-4. Variables monitoreadas según Banco Nacional de Aguas (BNA)	4-26
Tabla 4-5. Indicador DGA para ODS 6.3.2 aguas superficiales cuencas costeras Itata - Biobío.	4-27
Tabla 4-6 Área y recarga media anual de SHAC.....	4-28
Tabla 4-7 Recarga Periodo histórico y actual	4-28
Tabla 4-8 Recarga. Periodo actual y proyectado	4-28
Tabla 4-9 Resumen de estadísticas para los parámetros de las 10 muestras	4-29
Tabla 5-1 Balance hídrico superficial. Periodo histórico y actual	5-32
Tabla 5-2 Balance subterráneo por SHAC. Periodo histórico y actual	5-32
Tabla 5-3 Balance hídrico superficial. Periodo actual y proyectado	5-33
Tabla 5-4. Indicadores de Estado.....	5-38
Tabla 5-5 Indicadores de Impacto para la cuenca	5-38
Tabla 5-6 Escenarios de gestión seleccionados	5-40
Tabla 5-7 Conclusiones de los resultados de escenarios de gestión	5-41
Tabla 5-8. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato	5-42
Tabla 7-1. Alternativas Seleccionadas	7-45
Tabla 7-2. Resumen de iniciativas de inversión.....	7-49
Tabla 7-3. Resumen de inversión por Organismo Ejecutor y Plazo.....	7-50
Tabla 7-4. Cronograma de Implementación de Iniciativas	7-51



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

Tabla 8-1. Hitos de referencia del Plan (inversión a corto largo plazo)	8-52
Tabla 8-2. Hitos de referencia del Plan (inversión a mediano y largo plazo)	8-54
Tabla 8-3. Análisis de Fuentes de Financiamiento	8-57
Tabla 9-1. Indicadores del Proceso	9-58



Índice de Figuras

	Página
Figura 2-1. Cuenca costeras entre los ríos Itata y Biobío.....	2-9
Figura 5-1. Árbol de problemas para las personas.....	5-34
Figura 5-2. Árbol de problemas para ecosistemas	5-35
Figura 5-3. Árbol de problemas para las actividades productivas	5-36
Figura 7-1 Líneas de Acción del Plan Estratégico	7-48



1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Introducción

El presente documento resume el Informe Final del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en Cuencas Costeras e Islas entre el Río Itata y Río Biobío. El propósito de este Plan es conocer la oferta y demanda actual de agua, establecer balance hídrico y sus proyecciones a 30 años, diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico, y proponer una cartera de acciones DGA y de terceros público-privados, que permitan suplir la demanda de agua y adaptación al cambio climático, con un portafolio de acciones que aseguren su abastecimiento en cantidad y calidad.

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

Para el desarrollo del presente Plan Estratégico se tomó como propósito la Seguridad Hídrica del territorio, a partir de lo cual se establecieron los siguientes ejes estratégicos: Seguridad Hídrica para las Personas, para los Ecosistemas, para el Desarrollo Productivo y ante Eventos Extremos; y dos ejes transversales de gestión: Gestión Institucional y Gobernanza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer un plan estratégico de gestión hídrica indicativo en Cuencas Costeras e Islas entre el Río Itata y Río Biobío, 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.



1.2.2 Objetivos específicos del Plan Estratégico

Objetivo N°1: Describir el estado hídrico actual del área de estudio.

Objetivo N°2: Caracterizar la hidrogeología del área de estudio con técnicas geofísicas, pruebas hidráulicas, y muestras en terreno.

Objetivo N°3: Construir un modelo numérico representativo de las características principales hidrológicas del sistema hídrico del área de estudio.

Objetivo N°4: Diagnosticar el estado hídrico del área de estudio para obtener los contenidos del plan estratégico de gestión hídrica.

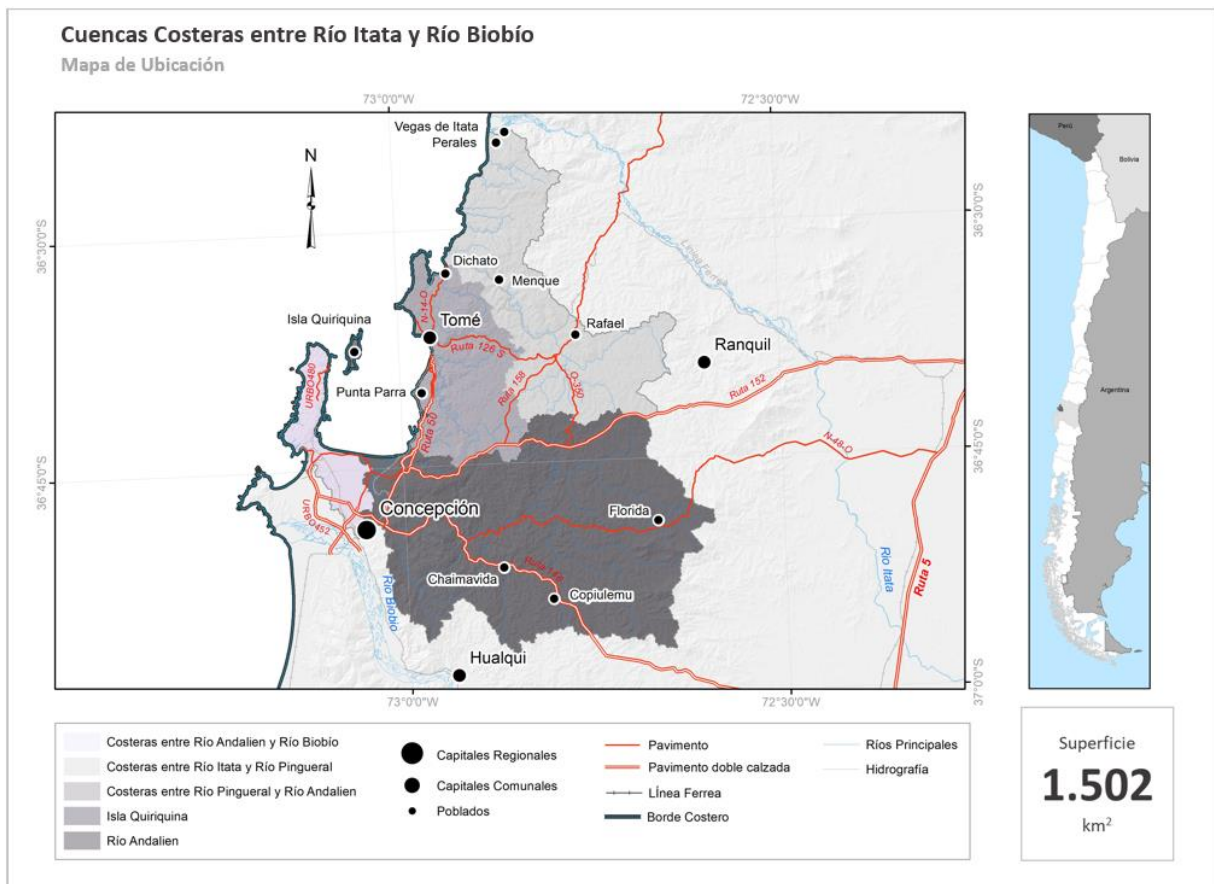
Objetivo N°5: Realizar un proceso de participación ciudadana que informe y consulte a la institucionalidad del agua relevante del área de estudio, para retroalimentar la formulación del plan estratégico de gestión hídrica.

Objetivo N°6: Formular un plan estratégico de gestión hídrica que contemple un portafolio de acciones que promuevan la seguridad hídrica y sostenibilidad de uso del agua en el área de estudio.

Objetivo N°7: Compilar avances y productos finales en un sistema de información geográfico, informes y actividades de difusión.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca Costera entre los ríos Itata y Biobío tiene una superficie de 1.502 km², y comprende total o parcialmente a las comunas de Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, Hualpén, Chiguayante, Hualqui, Coelemu, Ránquil y Florida. En la Figura 2-1 se presenta una vista general de la cuenca.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1. Cuenca costeras entre los ríos Itata y Biobío

2.1 Geología y geomorfología

El área de estudio desde el punto de vista físico está inserta en tres unidades geomorfológicas, que, en conjunción con los factores de clima, latitud y relieve, otorgan el carácter específico de esta área (Börgel, 1983).

- La primera unidad geomorfológica corresponde a las **Planicies Litorales**
- La segunda corresponde a **Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional**
- La tercera es la **Cordillera de la Costa** corresponde a la Cordillera de Nahuelbuta,

Las cuencas costeras abarcan una superficie aproximada de 1.500 km². De acuerdo con la información incluida en la carta geológica de Sernageomin (2003), a lo largo del extremo NW de la línea de costa, y localmente al sur de las cuencas, se distinguen rocas de origen metamórfico de edades Silúrico-Carbonífero (Pz4b), asociadas a la Serie Oriental del basamento metamórfico. Estas rocas corresponden principalmente a pizarras, filitas y meta areniscas con metamorfismo de bajo gradiente P/T.

La mayor parte de estas cuencas se encuentra caracterizada por afloramiento de rocas de origen plutónico del Carbonífero-Pérmico correspondientes a granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita (CPg). Posteriormente y de manera muy puntual, durante el Jurásico Inferior ocurren pulsos magmáticos que forman rocas ígneas intrusivas félsicas a intermedias (Jig).

2.2 Suelos, uso y variación temporal

El año 2015 fueron catastradas más de 838 km² de plantaciones forestales y 208 km² de bosque nativo, mientras que fueron identificadas más de 213 km² hectáreas de praderas y matorrales y 138 km² de terrenos de uso agrícola (CONAF, 2015). La Tabla 2-1 entrega referencia porcentual respecto a los usos categorizados para la cuenca.

Tabla 2-1. Superficies según usos de suelo en área de estudio

Subuso de suelo	Superficie (ha)	% de subuso
Bosque Nativo	20.826	13,9%
Praderas y Matorrales	21.331	14,2%
Plantación	83.831	55,8%
Terrenos Agrícolas	13.825	9,2%
Áreas Urbanas e Industriales	7.910	5,3%
Áreas Desprovistas de Vegetación	950	0,6%
Cuerpos de Agua	1.527	1,0%
TOTAL	150.200	100,0%

Fuente: CONAF (2015)

Como un componente más de la caracterización de suelos, en la Tabla 2-2 se entregan los porcentajes por categoría de erosión.

Tabla 2-2. Porcentajes según categorías de erosión en la zona de estudio

Erosión	% de la cuenca
Erosión Muy Severa	0,5%
Erosión Severa	3,9%
Erosión Moderada	21,6%
Erosión Ligera	7,6%
Erosión No Aparente	58,4%
Sin Erosión	3,3%
Otros Usos	4,8%
Total	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CIREN (2010)

2.3 Hidrología

La cuenca costera entre ríos Itata y Biobío drena gran parte de la zona costera entre Las Vegas del Itata y la parte norte de Talcahuano. Con una superficie cercana a los 1.500 km², tiene una red de drenaje ramificada, siendo los principales cursos de agua los ríos Rafael y Pingueral, junto al Andalién. Se divide en cuatro subcuencas costeras y la isla Quiriquina frente a la bahía de Talcahuano. Debido a la ubicación geográfica y bajas altitudes, las cuencas presentan un régimen puramente pluvial y son exorreicas.

El río Andalién es el de mayor importancia en el interfluvio Itata – Biobío, nace de la unión de los esteros Poñén y Curapalihue y alcanza una longitud aproximada de 36 km; tiene un trayecto sinuoso hasta desembocar al oeste de la localidad de Penco, en la costa sur de la bahía de Concepción. Destacan tres tributarios importantes en su parte media, los esteros Chaimávida, Pichaco y Membrillo. La hoya del río Andalién drena un área cercana a 790 km², limita en el norte con las hoyas pequeñas del río Rafael y estero Bellavista y al sur con la cuenca del río Biobío.

Por su parte, el río Pingueral, también llamado río Rafael en su parte superior, nace de la unión de los esteros Conudo y Las Taguas en la vertiente occidental de la cordillera de la Costa y recorre cerca de 32 km antes de desembocar en la bahía Coliumo, al sur de la Punta Pingueral.

2.4 Ciudades y población

La cuenca analizada se encuentra formada por 10 comunas, de las cuales la Tabla 2-3 entrega la población total.

Tabla 2-3. Población total de las comunas de la cuenca

Provincias	Comuna	Total personas área urbana	Total personas área rural	Total Comunal
ITATA	COELEMU	11.435	4.560	15.995
	RÁNQUIL	1.587	4.168	5.755
CONCEPCIÓN	CONCEPCIÓN	219.057	4.517	223.574
	CHIGUAYANTE	85.863	75	85.938
	FLORIDA	4.560	6.064	10.624
	HUALQUI	20.889	3.444	24.333
	PENCO	46.900	467	47.367
	TALCAHUANO	150.320	1.429	151.749
	TOMÉ	49.540	5.406	54.946
	HUALPÉN	90.985	788	91.773
Total		681.136	30.918	712.054

Fuente: Elaboración propia a partir de información de antecedentes INE (2017)

2.4.1 Pueblos Originarios

De acuerdo con las estadísticas sociales de la CONADI (2020) en la región del Biobío, específicamente en el área metropolitana de Concepción, se mantiene como el segundo conglomerado urbano más importante del país. La población autorreconocida como indígena se distribuye de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4. Población indígena autorreconocida por comuna

Comuna	Población indígena autorreconocida	Población indígena acreditada	Nº Agrupaciones (comunidades y asociaciones) indígenas acreditadas
Concepción	9.806	5.758	9
Talcahuano	10.272	4.465	2
Florida	674	131	0
Tomé	2.220	805	2
Penca	3.323	1.100	1
Hualpén	4.887	2.616	3
Chiguayante	8.366	2.371	5
Hualqui	2.069	644	2
Coelemu	280	278	1
Total	41.897	18.168	25

Fuente: CONADI, 2020

2.4.2 Actividad Económica

La actividad económica dentro de la cuenca se centra, principalmente, en los sectores productivos: Forestal, industrial, pesca, turismo (Tabla 2-5).

Tabla 2-5. Resumen de Información de Actividades Económicas

Comuna	Actividad Principal
Coelemu	Se caracteriza por cultivos tradicionales: Cereales y papas, agregando invernaderos dedicados a producción de hortalizas y flores. También pesca artesanal recolección de orilla, y desarrollo turístico Pesca artesanal e incipiente turismo
Tomé	Importancia de la pesca artesanal, sumando un creciente turismo.
	Pesca artesanal.
	Se caracteriza por la pesca, sumando un importante sector turístico
	Fuerte presencia del sector forestal
Florida	Fuerte presencia del sector forestal
	Fuerte presencia del sector forestal
Concepción	Importante presencia del sector forestal, seguido de una creciente agricultura. Se presenta un sector turismo incipiente
	Sector forestal predominante. Se agrega artesanía característica
Penco	Centro urbano principal de la Región del Biobío. Se caracteriza por importante presencia del sector siderúrgico, petroquímico, maderero, metalmecánica; industrias del papel, cemento y vidrio; refinería de petróleo, astilleros; actividad portuaria
	Fuerte presencia del sector forestal
	Fuerte presencia del sector forestal, y una incipiente agricultura
Talcahuano	Actividad forestal y creciente turismo
	Pesca artesanal, producción e industria forestal, actividad portuaria
Talcahuano	Importante presencia de industria de hierro y acero.
	Predominancia de la pesca artesanal
	Servicios de armada, turismo

Fuente: Elaboración propia a partir de SIT RURAL (CIREN, 2019)

Con respecto al uso productivo del suelo agrícola en el área de estudio, la Tabla 2-6 muestra la distribución por los principales rubros de cultivos.

Tabla 2-6. Uso del suelo de las explotaciones agropecuarias con tierra

Cultivo o Plantación	Superficie (ha)
Cereales	738,9
Leguminosas y tubérculos	418,0
Cultivos industriales	98,0
Hortalizas	260,7
Flores	7,3
Plantas forrajeras	188,3
Praderas naturales	11.750,0
Praderas mejoradas	360,0
Frutales	235,2
Viñas y parronales viníferos	1.043,5
Viveros	0,0
Semilleros	1,3
Plantaciones forestales	58.232,7
Total	73.333,9

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

2.5 Clima

Según la clasificación de Köppen, el área en estudio está determinada por dos tipos de climas a nivel regional:

- Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales y gran humedad atmosférica (Csbn 's)
- Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales (Csb)

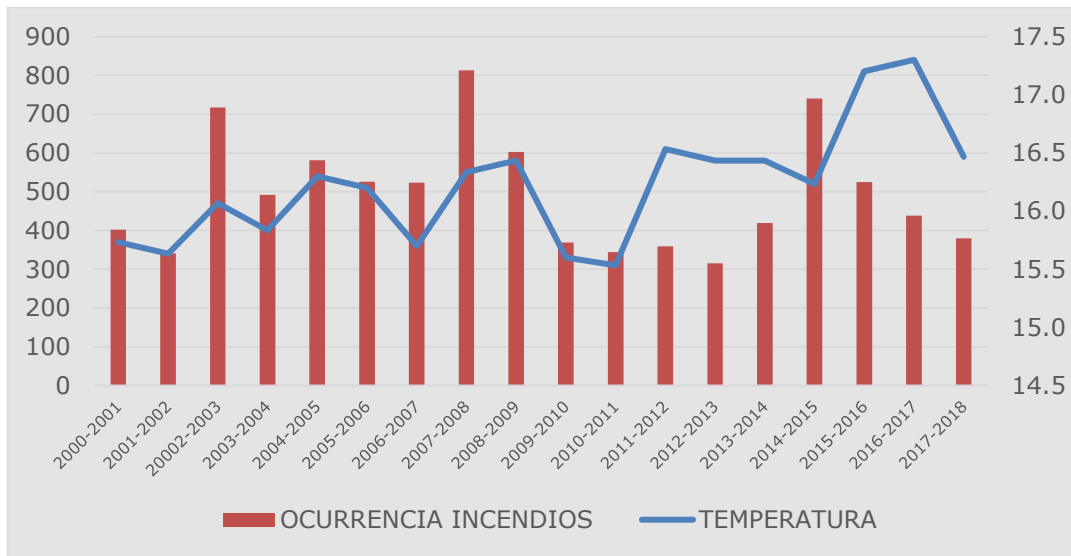
2.5.1 Eventos Extremos y Variabilidad Climática

El análisis de los antecedentes arrojados por el Boletín de Eventos Extremos entre los años 2015 – 2020 indica que los eventos más destructivos son la ocurrencia de tornados y los deslizamientos de laderas. De los diferentes eventos climáticos que afectan al área en estudio, las tormentas eléctricas y las lluvias intensas son los eventos más recurrentes. Un ejemplo de lo anterior es lo ocurrido durante agosto de 2022, cuando ONEMI declara Alerta Roja en Concepción por amenaza de desborde de río Andalién, producto de la lluvia caída, situación que no ocurría desde las históricas inundaciones de 2006. Se suma como antecedente lo referido al año 2006, cuando las inundaciones ocurridas en la ciudad de Concepción, Chiguayante y Hualqui provocaron el rebalse del embalse operado por la empresa ESSBIO, con el correspondiente daño ambiental e infraestructura pública generado.

Otro de los efectos climáticos riesgosos en la zona hace referencia a los tornados. La ciudad de Concepción fue protagonista de uno de estos eventos, causando daños (de diversas consideraciones en su trayecto norponiente, desde el centro de la ciudad de Concepción hacia el sector de Caleta El Soldado en Playa Blanca, los días 30 y 31 de mayo del 2019 (Boletín Anual de Eventos Extremos 2019).

Sumado a lo anterior, tanto en el país y particularmente en la zona de estudio por la distribución de usos de suelo que presenta, se registran un importante número de incendios forestales. En el Gráfico 2-1 se entrega el comportamiento de las temperaturas medias mensuales entre diciembre, enero y febrero para el periodo desde el año 2000 hasta 2018 (CR²), cruzado con el número de incendios para las comunas del estudio de acuerdo con las estadísticas que maneja la Corporación Nacional Forestal².

Gráfico 2-1. Ocurrencia de incendios forestales y temperaturas



Fuente: Elaboración propia con datos CR2 y CONAF

2.5.2 Escenarios de Cambio Climático

Para la caracterización de las forzantes meteorológicas de precipitación y temperatura en el periodo de modelación proyectado, en el presente plan se toman en consideración

¹ Revisado en <https://www.cr2.cl/datos-de-temperatura/> para estación Carriel Sur.

² Revisado en <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

los cuatro Modelos de Circulación General (conocidos como GCM en inglés) incluidos en DGA (2019) (Tabla 2-7).

Tabla 2-7. GCM utilizados en DGA (2019) para representar las forzantes meteorológicas en el periodo proyectado, considerando cambio climático

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

Fuente: DGA (2019)

2.6 Dimensión Ambiental

2.6.1 Unidades Ecosistémicas

2.6.1.1 Ecosistemas Terrestres

Lübert y Pliscoff (2017) categorizan a las cuencas bajo estudio dentro de la formación del bosque esclerófilo y caducifolio. El bosque esclerófilo se encuentra distribuido en el 79% del territorio de las cuencas costeras entre Itata y Biobío, el que principalmente corresponde al tipo mediterráneo costero de Litre (*Lithrea caustica*) y Corcolén (*Azara integrifolia*). Por otro lado, el bosque caducifolio se distribuiría en aproximadamente el 21% del territorio restante de las cuencas bajo estudio, cuya fisionomía principal sería de tipo mediterráneo templado costero, con dominancia de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Queule (*Gomortega keule*).

Por su parte, la gran fragmentación de los ecosistemas naturales nativos ha generado una merma en la biodiversidad en las cuencas bajo estudio. Tomando como modelo de ecosistema sin intervención al Parque Nacional Nonguén, los sistemas originales presentan un gran número de especies vegetacionales (175 nativas, de las cuales el 32% son endémicas), y 105 especies de vertebrados: 7 especies de anfibios, 8 de reptiles, 68 aves y 22 mamíferos (MMA, 2010). Además, es posible identificar al menos 9 especies vegetales con problemas de conservación (3 Vulnerable, 5 Rara y 1 Inadecuadamente Conocida), 3 lagartijas (1 Vulnerable y 2 Inadecuadamente Conocida), 1 Lagarto (En Peligro), 2 culebras (Preocupación Menor) (MMA, 2010).

2.6.1.2 Ecosistemas Acuáticos Continentales

La subcuenca del río Andalién es la de mayor importancia en el interfluvio Itata-Biobío, con una extensión de 780 km² (DGA, 2004). En la desembocadura de este río se encuentra parte del Sitio Prioritario “Humedales del Sistema Lacustre Intercomunal Concepción”, que conforma parte de una red de ecosistemas. En agosto del 2022 la Municipalidad de Talcahuano presentó antecedentes para que este ecosistema sea declarado como “Humedal Urbano”.

2.6.1.3 Ecosistemas Marinos

Estudios sobre ecosistemas marinos en la bahía de Concepción (Inversiones GNL Talcahuano SpA, 2016) han descrito la relevancia de la influencia de las aguas dulces continentales sobre ecosistemas marinos, la que genera una capa superficial de baja salinidad, produciendo una estratificación que se relaciona con patrones fisicoquímicos y biológicos en la columna de agua. Este mismo estudio ha registrado que en la bahía se presenta una buena calidad de las aguas y de sedimentos, además de presencia de comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando característicos de presencia de elevada materia orgánica (p.e. poliqueto *Nephtys ferruginea*) y especies de importancia comercial.

2.6.1.4 Servicios Ecosistémicos

En Tabla 2-8 se presenta el conjunto de servicios ecosistémicos identificados relacionados con el recurso hídrico, los que se analizan a continuación.

Tabla 2-8. Servicios Ecosistémicos Asociados a Ecosistemas Naturales

ID	Sección	División	Servicio ecosistémico
1	Aprovisionamiento	Agua	Disponibilidad de agua de buena calidad para consumo humano. Recarga a acuíferos – reservas frente a eventos de sequía
1	Aprovisionamiento	Agua	Disponibilidad de agua de buena calidad para actividades productivas
1	Aprovisionamiento	Agua	Recolección y tratamiento de agua de mar para consumo humano u otro uso
2	Regulación y mantención (abiótico)	Transformación de insumos bioquímicos o físicos a los ecosistemas	Uso de la capacidad de dilución de contaminantes en zona marina
3	Regulación y mantención (abiótico)	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Humedales costeros como barreras protectoras contra tsunamis
4	Regulación y mantención (abiótico)	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Humedales como reguladores de la temperatura

ID	Sección	División	Servicio ecosistémico
5	Aprovisionamiento	Biomasa	Aprovisionamiento de alimentos (especies marinas)
6	Aprovisionamiento	Biomasa	Aprovisionamiento de leña como combustible
7	Aprovisionamiento	Biomasa	Provisionamiento de madera para industria forestal
8	Aprovisionamiento	Material genético de toda la biota	Nuevos usos a partir de endemismo local (genes únicos)
9	Regulación y mantención (biótico)	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Protección contra la erosión, control de deslizamientos de tierra debido a la estabilización de los ecosistemas por cubierta vegetal
10	Regulación y mantención (biótico)	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Riberas, humedales urbanos y costeros como agentes purificadores
11	Regulación y mantención (biótico)	Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas	Vegetación de ribera como corredores biológicos (hábitat)
12	Cultural (biótico)	Interacciones directas, in situ y al aire libre con sistemas vivos que dependen de la presencia en el entorno ambiental	Cualidades de los humedales costeros y zona marina atractivos para excursionistas y turismo. Promoción de actividades de buceo, natación, actividades deportivas, ecoturismo, <i>birdwatching</i> , etc.

Fuente: Elaboración propia en base a clasificaciones y criterios de CICES (2018).

2.6.1.5 Amenazas

Se han detectado una serie de actividades antrópicas que amenazan:

- Deforestación y reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones forestales
- Incendios forestales
- Extracciones de agua fresca para diferentes actividades humanas desde cuerpos de agua superficiales generan una fuerte presión sobre los ecosistemas y sus servicios.
- Descargas de aguas contaminadas con nutrientes o alta carga orgánica.
- Presión sobre humedales costeros y urbanos
- Cambio climático en cuanto a la disminución de las precipitaciones y aumentos de temperatura.

2.6.2 Áreas Silvestres Protegidas

- Parque Nacional Nonguén
- Sitios Prioritarios (Estrategia Regional de Biodiversidad)
 - Isla Quiriquina y Tumbes:
 - Área Marina Tumbes:
 - Humedales Sistema Lacustre Intercomunal Concepción:

- Áreas Protegidas de Propiedad Privada: Guay Guay; Pingueral; Veguillas; Esperanza; Quebrada Honda 2; Fundo Los Coihues; Chosme; El Queule; Parque Tumbes.

2.7 Infraestructura Hídrica

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

2.7.1 Infraestructura sanitaria

La zona cuenta con infraestructura sanitaria de conducción, asociada a los sistemas de provisión de agua potable y saneamiento tanto a nivel urbano como rural.

2.7.1.1 Provisión de agua potable en sectores urbanos

La empresa sanitaria ESSBIO abastece a las localidades de Penco, Talcahuano, Tomé, Dichato, Florida y Concepción. La red urbana se estructura en sistemas, los que se presentan brevemente en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9. Abastecimiento de agua potable en sectores urbanos

Sistema	Población atendida al 2021	Fuente y caudal máximo
Concepción + Loteo Korach	270.871 hab 191,1 l/hab/día	PTAP La Mochita, río Biobío Caudal explotación actual: 3.000 l/s Caudal de producción medio anual (2017): 864,6 l/s
Talcahuano	309.246 hab 157,2 l/hab/día	PTAP La Mochita
Penco – Lirquén	51.203 hab 156,9 l/hab/día	Compupuy, 26,0 l/s Redolmo, 80,0 l/s Rojas, 100,0 l/s (15,0 l/s actual) San Francisco, 25,0 l/s Manquimávida, 6,0 l/s Nonguén, max 300,0 l/s (actual=0) El Cabrito, 80,0 l/s (actual = 0) Lirquén, 20,0 l/s (actual 0) Futura interconexión Cerro Caracol (20 a 35 l/s)
Florida	3.765 hab 163,9 l/hab/día	Punteras Club de Rodeo 8,0 l/s (3,1 actual) Dren el Rodeo, 0,0 l/s Noria Fundo Talermo, 4,0 l/s (3,0 l/s actual) Embalse Tapihue 1 y Tapihue 2, 5,0 l/s c/u Estero Colepucho, 10,0 l/s

Sistema	Población atendida al 2021	Fuente y caudal máximo
Tomé	47.963 hab 142,5 l/hab/día	Collén, 100,0 l/s (12,6 l/s enero) Las Quilas, 50,0 l/s (6,3 l/s enero) Nachur, 100,0 l/s (38,5 l/s enero) Los Tilos, 132 l/s 42,0 l/s enero) Hinrichsen, 10,0 l/s (0,0 l/s actual) Se contempla aumento de capacidad y gestiones de derechos por 80,0 l/s

Fuente: Plan de Desarrollo ESSBIO

Sobre las áreas rurales, en la zona de estudio se identifican 12 sistemas SSR (Tabla 2-10).

Tabla 2-10. Sistemas de agua potables rurales área estudio

ID	SSR
01	Puente 5
02	Lotato
03	Andalién
04	Chaimávida Soto
05	Villa Juan Riquelme Garay
06	Copiulemu
07	Rahuil (en formación)
08	Caleta Tumbes
09	Coliumo Tomé
10	San Carlitos (en formación)
11	Perales
12	Vegas Itata
13	Purema
14	Villa Sayen de Copiulemu
15	Tapihue
16	PISSIS

Fuente: DOH, 2021

En la Tabla 2-11 se entrega el listado de plantas de tratamiento de aguas servidas en las comunas correspondientes a la cuenca de estudio. La empresa sanitaria es ESSBIO.

Tabla 2-11. Plantas de tratamiento de aguas servidas

Nombre Planta	Localidad que Atiende	Tipo de Tecnología	Curso Receptor	Norma Aplicada - Tabla
ES - PENCO	Penco	Emisario submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
ES - SAN VICENTE	Talcahuano	Emisario submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
ES - TOMÉ	Tomé	Emisario submarino	Mar	DS 90/00 - Tabla 5
PTAS - COELEMU	Coelemu	Lodos activados	Río Itata	DS 90/00 - Tabla 1
PTAS - DICHATO	Dichato	Lodos activados	Estero Dichato	DS 90/00 - Tabla 1
PTAS - FLORIDA	Florida	Lagunas aireadas	Estero Tapihue	DS 90/00 - Tabla 1
PTAS - GRAN CONCEPCION	Concepción, Chiguayante, Talcahuano, Hualpén	Lodos activados	Río Biobío	DS 90/00 - Tabla 1
PTAS - HUALQUI	Hualqui	Lodos activados	Estero Patricio Lynch	DS 90/00 - Tabla 1

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (2019)

Sobre las redes de mediciones, las estaciones meteorológicas de la DGA dentro de la cuenca son 8 (Tabla 2-12).

Tabla 2-12. Estaciones meteorológicas DGA

Nombre estación	Código BNA	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Estado
Dichato	08210002-4	685.186	5.953.539	Vigente
Rafael	08140001-6	692.309	5.943.295	Vigente
Estero Bellavista en Tomé	08210003-2	683.322	5.943.150	Vigente
Faro Isla Quiriquina	08240000-1	674.407	5.946.800	Vigente
Gobernación Marítima de Talcahuano	08230000-7	668.501	5.935.881	Vigente
Las Pataguas	08220005-3	688.053	5.926.081	Vigente
Andalién	08220006-1	683.839	5.923.886	Vigente
Estero Nonguén frente a U. del Biobío	08220008-8	676.919	5.923.237	Vigente

Fuente: Elaboración propia en base a BNA (<https://snia.mop.gob.cl/observatorio>)

Las estaciones fluviométricas se muestran en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13. Estaciones fluviométricas vigentes

Estación	Código BNA	UTM E (m)	UTM N (m)
Río Andalién antes ex Peaje Chaimávida	08220010-K	681.352	5.925.167
Río Andalién camino a Penco	08220001-0	675.941	5.925.303
Estero Nonguén frente U. del Biobío	08220008-8	676.919	5.923.237
Estero Bellavista en Tomé	08210003-2	683.322	5.943.150

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca Digital DGA

Se identificó 5 estaciones de calidad de aguas vigentes, así como 3 Servicios Sanitarios Rurales donde se hace seguimiento adicional (Tabla 2-14).

Tabla 2-14. Estaciones de Calidad de Aguas

Estación	Código BNA	UTM E (m)	UTM N (m)	Estado
Río Pingueral en Dichato	08210001-6	687.646	5.954.416	Vigente
Estero Collén en Tomé	08200001-1	683.096	5.945.264	Vigente
Río Andalién Camino a Concepción	08220003-7	681.173	5.924.954	Vigente
Río Andalién en Puchacay	08220002-9	676.673	5.923.199	Vigente
Río Andalién Camino a Penco	08220001-0	675.941	5.925.303	Vigente
SSR Coliumo Vegas de Coliumo				
SSR Copiulemu-Renacer				
SSR Chaimávida Soto				

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca Digital DGA

2.8 Nuevas fuentes de agua

- Acuíferos
- Trasvases
- Desalinización
- Uso de Aguas Servidas Tratadas (Reutilización)

2.9 Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca

En lo principal, se pueden distinguir actores públicos y privados. Los primeros corresponden a los organismos del Estado con facultad normativa, fiscalizadora, de estudio, planificación y fomento sobre las aguas y los usuarios. Los actores privados corresponden principalmente a titulares o beneficiarios directos de un derecho de aprovechamiento de agua consuntivo o no consuntivo, superficial o subterránea. (Comités de APR, dueños de pozos) y, por último, a los representantes de la sociedad

civil, en estos actores se encuentran los dirigentes de organizaciones territoriales y funcionales, formales e informales, de grupos de ciudadanos afectados o beneficiados, directa o indirectamente. Además, en este grupo de actores se encuentran aquellas instituciones que poseen conocimiento específico sobre el tema que está trabajando, por ejemplo, universidades, centros de investigación, fundaciones y ONGs.

En la cuenca en estudio no existen organizaciones de usuarios de aguas, lo que conlleva a que la atención organizacional se derive a otra tipología de actores. En los siguientes apartados se hace una revisión detallada de los actores identificados, sus relaciones y un análisis de brechas relativo a la coordinación y uso del recurso.

3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL

En la Tabla 3-1 se resumen las demandas hídricas en las Cuencas Costeras entre los Ríos Itata y Biobío.

Tabla 3-1 Demanda total Periodo actual y proyectado (2060)

Demanda	No consuntiva (hm ³ /año)	Consuntiva	
		Demanda actual (hm ³ /año)	Demanda proyectada (hm ³ /año)
Consumo humano ⁽¹⁾	--	47,19	50,96
Necesidades mínimas ambientales	S/I	--	--
Agricultura Riego ⁽²⁾	--	1,12	1,28
Agricultura Secano	87,51	--	--
Forestal	975,92	--	--
Minera	S/I	--	--
Industrial	S/I	5,83	7,13
Total	1.063,43	54,14	59,37

(1) Demanda para consumo humano (Bruta) y (2) Demanda para consumo agrícola bajo riego bruta

Fuente: Elaboración propia

4 OFERTA HÍDRICA

El cálculo de los valores se obtiene a partir de informes anteriores y de las campañas en terreno.

4.1 Aguas Superficiales

4.1.1 Hidrología

Como se describe anteriormente en el capítulo 2.3 la cuenca costera entre ríos Itata y Biobío se subdivide en cuatro subcuencas costeras y la isla Quiriquina. Sus principales cursos de agua son el **Río Andalién** y el **Río Pingueral**.

La cuenca de estudio presenta cuerpos de agua del tipo lago, laguna, humedales, aunque no se identifican salares ni embalses. Se verificó para esto el Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos, de la Dirección General de Aguas³; y el Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente⁴.

El resumen sobre lagunas, humedales, u otros cuerpos de aguas, para la zona de estudio se entregan los antecedentes en Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Cuerpos de Agua, Embalses y Humedales

Comuna	Tipo y Número	Cuerpos Principales
Concepción	1 Lago	Laguna Lo Pineda
	5 Lagunas	Tucapel Bajo _Paicaví Laguna Tres Pascualas
	2 Humedales urbano	Laguna Redonda
	4 Humedales no urbano	Laguna Lo Custodio Laguna Lo Galindo Laguna Lo Méndez Humedal Calles Manuel Gutiérrez con Tucapel Chaimávida
Florida	3 Lagunas	Florida 1
	10 Humedales no urbano	
Hualpén	2 Humedales urbano	Vasco de Gama Laguna Price
Hualqui	1 Humedales no urbano	-
Penco	2 Humedales urbano	Agua amarilla Cosmito
	1 Humedales no urbano	Laguna sector El Rosal
Ránquil	3 Humedales no urbano	-
Talcahuano	1 Laguna	H. Costado Calle Seis -Aviación
	2 Canales urbanos	Humedal Intersección Claudio Gay

³ Revisado en https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/inventario_cuencas_lagos/Paginas/default.aspx

⁴ Revisado en <https://gis.mma.gob.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=19ff876d63ed4a53aef1a57e39370474>

Comuna	Tipo y Número	Cuerpos Principales
	4 Humedales urbano	Humedal Los Perales Sistema de humedal Los Coipos Sistema Humedal Rocuant - Río Andalién Sistema Canal El Morro Humedal Isla Quiriquina Laguna Macera (Diego Portales)
Tomé	1 Playa	Sector Playa Blanca Humedal Cocholgüe Tranque Carlos Mahns
	1 Humedal urbano	
	1 Tranque	
	10 Humedales no urbano	

Fuente: Elaboración propia en base a MMA⁵

4.1.2 Oferta en la fuente

El presente análisis se definen los siguientes conceptos.

- Oferta histórica (1990-2014): Promedio de la oferta entregada en el periodo de tiempo entre abril de 1990 y marzo de 2015.
- Oferta actual (2015-2020): Promedio de la oferta entregada en el periodo de tiempo entre abril de 2020 y marzo de 2021.
- Oferta proyectada (2021-2059): Promedio de la oferta entregada en el periodo de tiempo entre abril de 2021 y marzo de 2060. Adicionalmente se analiza la última década de este periodo por separado.

Dichas ofertas se analizan para el régimen hidrológico comentado:

- Oferta en régimen intervenido
- Oferta régimen natural

4.1.2.1 Histórica y actual

En las Tabla 4-2 se entrega la oferta para el periodo histórico y actual de la cuenca en régimen intervenido y natural, respectivamente.

Tabla 4-2 Oferta superficial. Periodo histórico y actual

Tipo oferta	1990 – 2020 (hm ³ /año)	Histórico 1990 - 2014 (hm ³ /año)	Actual 2015 - 2020 (hm ³ /año)
Intervenido	655,52	680,99	549,34
Régimen natural	663,75	689,02	558,45

Fuente: Elaboración propia

⁵ Revisado en

(<https://gis.mma.gob.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=19ff876d63ed4a53aef1a57e39370474>)

4.1.2.2 Oferta proyectada

Para el escenario evaluado la proyección de la oferta se presenta en las Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Oferta superficial proyectada. Periodo actual y proyectado

Tipo oferta	2021 – 2059 (hm ³ /año)	2051 – 2059 (hm ³ /año)
Intervenido	642,78	546,36
Régimen natural	652,08	555,27

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Calidad del agua

En la Tabla 4-4 se muestran las variables monitoreadas por estación de muestreo.

Tabla 4-4. Variables monitoreadas según Banco Nacional de Aguas (BNA)

Variables	Código BNA estaciones		
	08210001-6	08200001-1	08220002-9
Al		x	x
As	x	x	x
B	x	x	x
Bic			x
Carb			x
Cl	x	x	x
Cd	x	x	x
Ca	x		x
Co	x	x	x
Cr	x	x	x
Cu	x	x	x
CE	x	x	x
DQO	x	x	x
Fe	x	x	x
F			
P	x	x	x
Mg	x	x	x
Mn	x	x	x
Hg	x	x	x
Mo		x	x
NO3	x	x	x
NO2+NO3		x	x
Ni		x	x
pH	x	x	x
Ag	x	x	x

Variables	Código BNA estaciones		
	08210001-6	08200001-1	08220002-9
Pb	x	x	x
K	x	x	x
Se	x	x	x
Na	x	x	x
OD	x	x	x
RAS	x		x
SO4	x	x	x
T	x	x	x
Zn	x	x	x

Fuente: Elaboración propia en base a BNA, <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>.

Como se ha mencionado anteriormente, la DGA posee una estimación del ODS 6.3.2 disponible, la cual se muestra en la Tabla 4-5. Los resultados indican que la calidad del agua de los cuerpos superficiales en las cuencas costeras entre Itata y Biobío entre el 2015 y 2018 presentan una mejora, desde "no bueno" el 2015 a "bueno" para el resto del período analizado.

Tabla 4-5. Indicador DGA para ODS 6.3.2 aguas superficiales cuencas costeras Itata - Biobío.

Año	Código cuenca	Nombre	Indicador	Clasificación ODS 6.3.2
2015	082	Costeras e Islas entre Río Itata y Río Bio-Bio	73,6111	No Bueno
2016	082		94,4444	Bueno
2017	082		88,8889	Bueno
2018	082		83,3333	Bueno

Fuente: <https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>.

4.1.4 Fuentes de contaminación

Los principales procesos de contaminación de las aguas superficiales se producen en el paso de los cursos de agua por las ciudades, principalmente Concepción y Talcahuano. En este recorrido, reciben el aporte de contaminación difusa producto del arrastre de las aguas lluvias, al mismo tiempo que las aguas son retenidas parcialmente en ciertos sectores, aumentando los tiempos de residencia.

4.2 Aguas subterráneas

4.2.1 Hidrogeología

En la cuenca existen dos Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) definidos y delimitados por la Dirección General de Aguas: SHAC Pingueral y SHAC Río

Andalién, de los cuales el área y recarga media anual estimada se presentan en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Área y recarga media anual de SHAC

SHAC	Área (km ²)	Recarga media anual (m ³ /año)	Recarga media anual (L/s)
Pingüeral	605,8	14.745.055	468
Río Andalién	799,6	20.753.935	658
Total	1.405,4	35.498.990	1.126

Fuente: Elaboración propia a partir de DARH (2014)

4.2.2 Oferta en la Fuente

La oferta subterránea se considera como el volumen de agua que ingresa al subsuelo de la cuenca, y que recarga los acuíferos. A continuación, se presenta la oferta de agua subterránea estimada para la cuenca.

4.2.2.1 Oferta Histórica y actual

Para la caracterización de la oferta subterránea en los SHAC, se utiliza la Recarga (hm³/año), el Volumen (hm³) (Tabla 4-7).

Tabla 4-7 Recarga Periodo histórico y actual

SHAC	1990 – 2020 (hm ³ /año)	Histórico 1990 - 2014 (hm ³ /año)	Actual 2015 - 2020 (hm ³ /año)
SHAC	341,82	356,34	281,36
Volumen húmedo	127,70	132,84	106,29
Total	789,72	813,58	690,28

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2 Oferta Proyectada

La oferta proyectada corresponde a los valores de recarga y volumen húmedo de cada SHAC para el periodo futuro bajo el modelo de cambio climático MIROC-ESM. En la Tabla 4-8 se presenta la recarga media anual para el periodo proyectado y la comparación con el periodo actual.

Tabla 4-8 Recarga. Periodo actual y proyectado

Tipo	2021 – 2060 (hm ³ /año)	2051 – 2060 (hm ³ /año)
SHAC	324,56	279,10
Volumen húmedo	754,68	668,48

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Calidad del Agua

El análisis hidrogeoquímico se realizó según la norma NCh 409 de Agua Potable, para 10 muestras de agua (un punto de muestra duplicada). A modo de resumen, se presenta la Tabla 4-9 con las estadísticas de valores medidos para cada uno de los parámetros analizados y los rangos o límites permitidos según la NCh 409 y NCh 1333 (Riego).

Tabla 4-9 Resumen de estadísticas para los parámetros de las 10 muestras

Parámetro	Unidad	Promedio	mín	máx	desv	Límites NCh 409	Límites NCh 1333
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	48,96	23,3	91,1	1,9E+01	-	-
Aluminio	mg Al/L	0,21	0,01	1,05	3,4E-01	-	5
Antimonio	mg Sb/L	0,05	0,05	0,05	7,3E-18	-	-
Arsénico	mg As/L	0,002	0,001	0,005	1,6E-03	0,010	0,100
Bario	mg Ba/L	0,017	0,003	0,038	1,1E-02	-	4
Berilio	mg Be/L	0,001	0,001	0,001	2,3E-19	-	0,100
Bicarbonatos	mg CaCO ₃ /L	48,96	23,3	91,1	1,9E+01	-	-
Bismuto	mg Bi/L	0,02	0,02	0,02	3,7E-18	-	-
Boro	mg B/L	0,07	0,02	0,203	5,9E-02	-	1,750
Cadmio	mg Cd/L	0,001	0,001	0,001	2,3E-19	0,010	0,010
Calcio	mg Ca/L	18,55	6,35	43,9	1,3E+01	-	-
Cinc	mg Zn/L	0,042	0,004	0,153	4,7E-02	<=3	2
Cloro residual en terreno	mg/L	0	0	0	0,0E+00	-	-
Cloruro	mg Cl/L	23,22	3,94	69,7	2,1E+01	400	200
Cobalto	mg Co/L	0,005	0,005	0,005	9,1E-19	-	0,050
Cobre	mg Cu/L	0,049	0,005	0,106	4,4E-02	2	0,200
Conductividad	us/cm	59,33	42,2	91,7	2,8E+01	-	<750
Cromo	mg Cr/L	0,005	0,005	0,005	9,1E-19	0,050	0,100
Estaño	mg Sn/L	0,05	0,05	0,05	7,3E-18	-	-
Estroncio	mg Sr/L	0,104	0,038	0,236	6,9E-02	-	-
Fluoruro	mg F/L	0,11	0,1	0,19	2,8E-02	1,5	-
Hierro	mg Fe/L	1,465	0,02	10,25	3,1E+00	<=0,3	5
Litio	mg Li/L	0,006	0,003	0,015	3,8E-03	-	0,075-2,5
Magnesio	mg Mg/L	8,73	1,45	27,3	1,0E+01	125	-
Manganeso	mg Mn/L	0,085	0,001	0,412	1,3E-01	0,100	0,200
Mercurio	mg Hg/L	0,001	0,001	0,001	2,3E-19	0,001	0,001
Molibdeno	mg Mo/L	0,005	0,005	0,005	9,1E-19	-	0,010
Níquel	mg Ni/L	0,005	0,005	0,005	9,1E-19	-	0,200
Nitrato	mg N/L	0,92	0,2	4,1	1,2E+00	50	-
Nitrito	mg N/L	0,031	0,03	0,04	3,2E-03	3	-
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,16	0,133	0,205	2,6E-02	-	-
Nitrógeno total	mg N/L	1,46	0,561	4,684	1,2E+00	-	-
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	0,62	0,521	0,777	9,2E-02	-	-
pH	unidad de pH	7,22	6,45	8,28	5,7E-01	6,5<pH<8,5	5,5 – 9,0

Parámetro	Unidad	Promedio	mín	máx	desv	Límites NCh 409	Límites NCh 1333
pH en terreno	unidad de pH	6,70	5,89	8,06	8,2E-01	-	5,5 - 9,0
Plata	mg Ag/L	0,002	0,002	0,002	4,6E-19	-	0,200
Plomo	mg Pb/L	0,01	0,01	0,01	1,8E-18	0,050	5,000
Potasio	mg K/L	2,53	0,212	14,3	4,3E+00	-	-
Potencial-Oxido Reducción (ORD)	mv	183,1	128	209	2,3E+01	-	-
Selenio	mg Se/L	0,005	0,005	0,005	9,1E-19	0,010	0,020
Silicio	mg Si/L	13,36	5,58	29,39	7,2E+00	-	-
Sodio	mg Na/L	18,43	9,12	62,4	1,6E+01	-	35
Sulfatos	mg SO4/L	9,93	1	56,8	1,8E+01	500	250
Temperatura	°C	20,45	19,5	20,9	6,1E-01	-	-
Temperatura en terreno	°C	15,86	15	16,8	5,6E-01	-	-
Vanadio	mg V/L	0,008	0,008	0,008	1,8E-18	-	0,100

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Fuentes de contaminación

Las industrias se encuentran concentradas principalmente en el borde costero de la cuenca, y no se registran descargas de residuos líquidos.

En la cuenca se encuentra el relleno sanitario CEMARC, en la comuna de Penco, que recibe los residuos domiciliarios del gran Concepción y que actualmente se encuentra tramitando la ampliación de su vida útil.

Adicionalmente, existe un relleno de residuos peligrosos en el sector Copiulemu, el cual representa un riesgo de contaminación de las aguas subterráneas producto de potenciales filtraciones desde las áreas de almacenamiento.

5 BALANCE DE AGUA

5.1 Modelo de Simulación

5.1.1 Modelo Conceptual Hidrogeológico

A partir de una serie de antecedentes y datos recopilados, entre los que se incluyen pruebas de bombeo de expedientes de derechos de agua, imágenes satelitales, carta geológica y geomorfológica de la cuenca y la interpretación de los resultados de las campañas geofísicas realizadas, se ha creado el modelo conceptual subterráneo de la cuenca. En dicho modelo se observa la delimitación del área acuífera, las cotas del basamento y niveles estáticos estimadas, la ubicación de las extracciones subterráneas y se representan también las condiciones de borde y direcciones de flujo, con el fin de lograr un entendimiento global del funcionamiento subterráneo de la cuenca.

La base del modelo es la capa de delimitación de sectores acuíferos, la cual se construyó principalmente a partir de cartas geológicas y estudios anteriores. Un atributo importante de estos sectores acuíferos es la profundidad que alcanzan, ya que se relaciona directamente con su capacidad de almacenar agua, esta información se conceptualiza en la capa de profundidad de basamento, la cual se construyó a partir de resultados de la campaña gravimétrica ejecutada.

La zona acuífera más interesante es la ubicada en el sector de las ciudades de Concepción y Talcahuano, donde se encontraron profundidades mayores a 300 m en algunos puntos.

5.1.2 Descripción del Modelo Numérico superficial

En la construcción del modelo en WEAP se han considerado los elementos que listan en los párrafos que siguen.

- Cauces superficiales (elementos "Río" o "River")
- Subcuenas (elementos "Unidad Hidrológica" o "Catchment")
- Bandas de elevación
- Forzantes meteorológicas
- Demandas de Agua

No obstante, todo lo recientemente descrito, en el Anexo H se incluye una descripción al detalle del modelo hidrológico elaborado para este plan.

5.1.3 Escenarios de Cambio Climático

El modelo **MIROC-ESM** es el que mejor ajuste entrega en el periodo histórico y por tanto es el que se decide usar para la proyección futura en WEAP.

5.1.4 Balance de Agua Actual

Se obtiene el balance para el periodo histórico y actual, presentado en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Balance hídrico superficial. Periodo histórico y actual

Componentes balance	1990 – 2020 (hm ³ /año)	Comparación periodo histórico y actual			
		Histórico 1990 - 2014 (hm ³ /año)	Actual 2015 - 2020 (hm ³ /año)	Δ (hm ³ /año)	Variación %
Entradas	1.506,69	1.549,38	1.328,79	-220,59	-14,23%
Salidas	1.505,86	1.548,40	1.328,58	-219,82	-14,20%
Variación de volumen almacenado (ΔV)	-3,52	-4,90	2,24	-	-
Balance	4,35	5,88	-2,03	-	-
Error %	1,00	1,00	0,00	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-2 se presenta el balance subterráneo del periodo histórico y actual de los SHAC del río Andalién y río Pingueral.

Tabla 5-2 Balance subterráneo por SHAC. Periodo histórico y actual

Componentes balance	SHAC río Andalién			SHAC río Pingueral		
	1990 -2020 (hm ³ /año)	1990 -2014 (hm ³ /año)	2015- 2020 (hm ³ /año)	1990 -2020 (hm ³ /año)	1990 -2014 (hm ³ /año)	2015- 2020 (hm ³ /año)
Entradas	214,32	223,68	175,33	128,16	133,29	106,77
Salidas	212,99	219,18	187,19	127,69	132,42	108,00
Variación almacenamiento	0,81	1,84	11,87	0,32	0,09	1,27
Error %	0,70	0,80	0,00	0,40	0,50	0,00

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Balance de Agua Proyectado

Como se ha mencionado a lo largo de este informe, el periodo proyectado se extiende entre abril del 2021 y marzo del 2060. El balance superficial futuro para la cuenca completa se muestra en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Balance hídrico superficial. Periodo actual y proyectado

Componentes balance	2021- 2059 (hm ³ /año)	2051 – 2059 (hm ³ /año)	Comparación periodos			
			2015-2020/ 2021 -2059		2015-2020/ 2051 -2059	
			Δ (hm ³ /año)	Variación %	Δ (hm ³ /año)	Variación %
Entradas	1.474,56	1.312,67	145,77	10,97%	-16,11	-1,21%
Salidas	1.475,53	1.312,43	146,95	11,06%	-16,15	-1,22%
Variación volumen almacenado	1,13	1,79	-	-	-	-
Balance	-2,10	-1,54	-	-	-	-
Error %	0,00	0,00	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

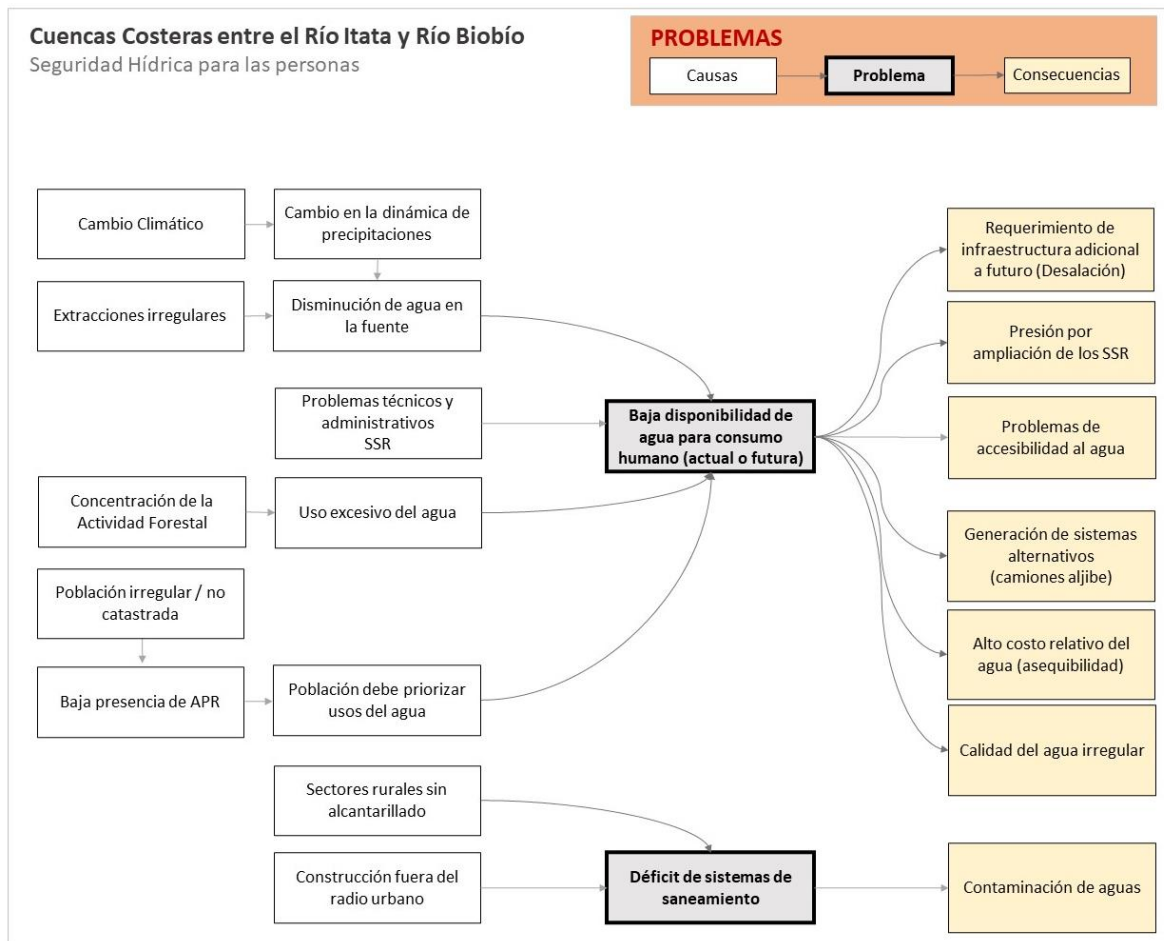
5.2 Brechas Hídricas

Las brechas hídricas en la cuenca se identifican como resultado del diagnóstico de la línea base realizada para el presente estudio. Esta información es presentada según la estructura planteada para la formulación del plan.

- **Seguridad Hídrica para las Personas:** Las problemáticas de este eje se visualizan en la Figura 5-1.

Para este eje de seguridad hídrica, las brechas listadas son:

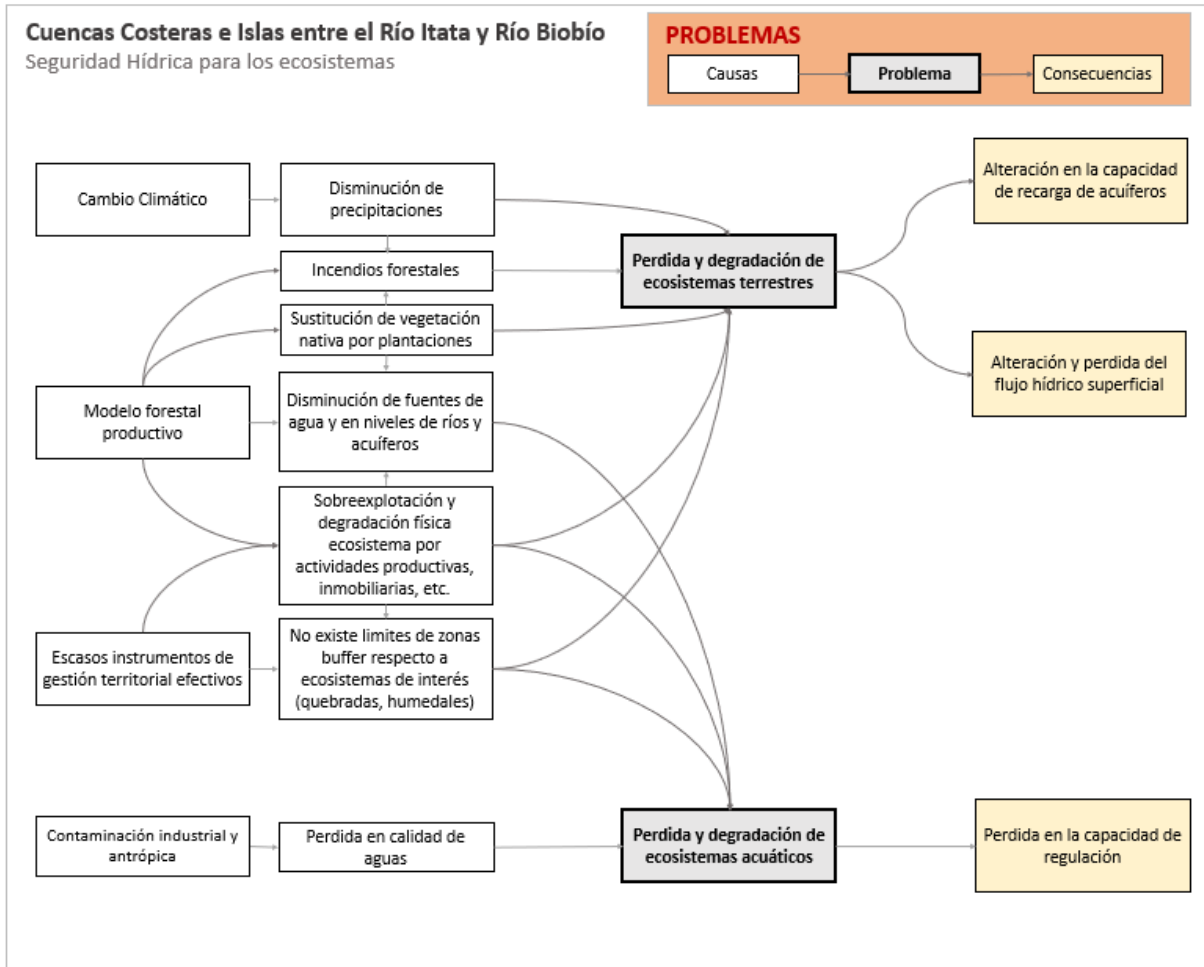
- ✓ BPER 1 Aumento de la demanda de agua en zonas urbanas
- ✓ BPER 2 Aumento de la demanda de agua en zonas rurales
- ✓ BPER 3 Población en riesgo de abastecimiento de agua potable
- ✓ BPER 4 Déficit de saneamiento en sectores urbanos y rurales
- ✓ BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-1. Árbol de problemas para las personas

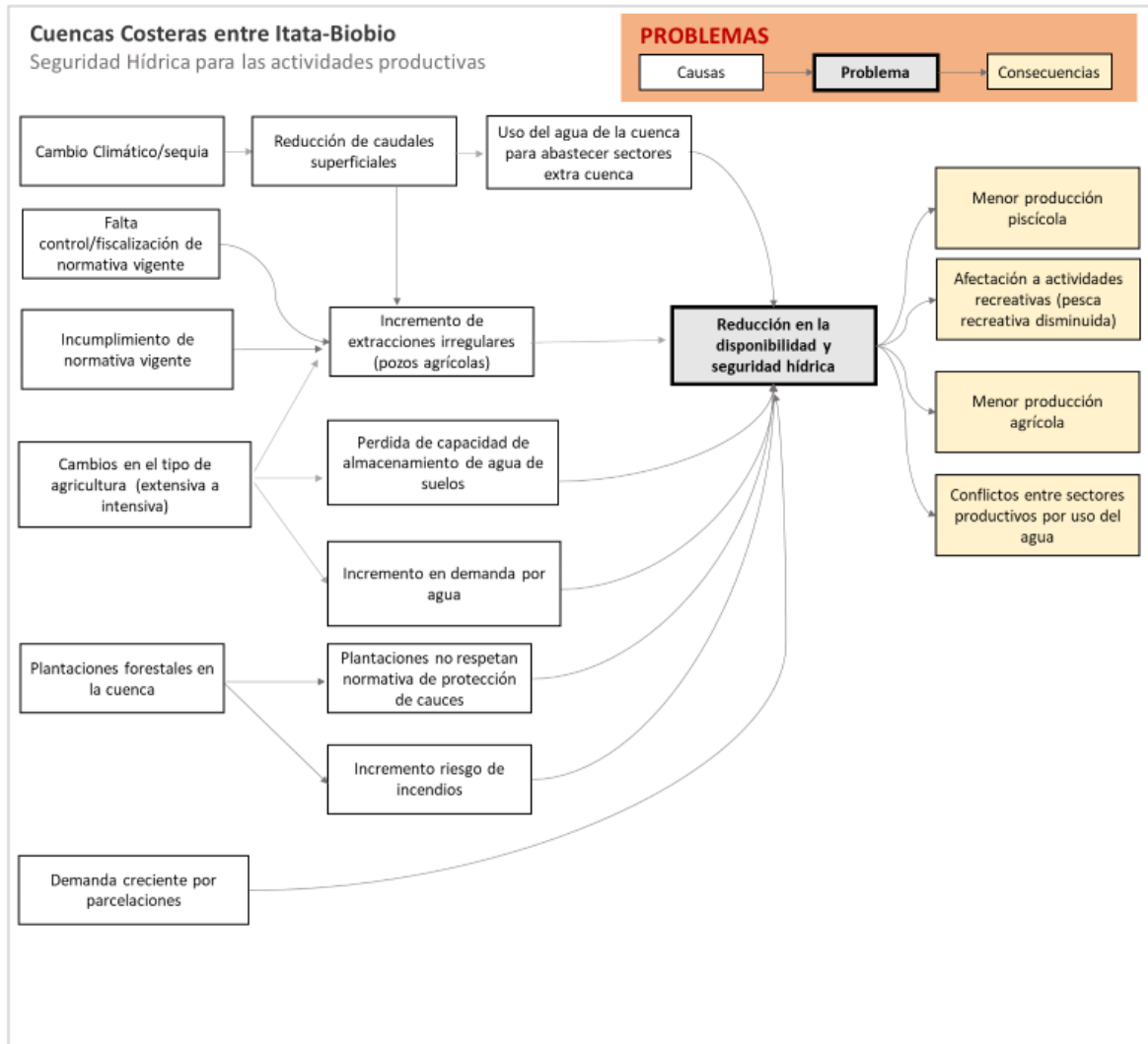
- **Seguridad Hídrica para los Ecosistemas:** Pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ecosistémicos (Figura 5-2). Para este eje de seguridad hídrica, las brechas listadas son:
 - ✓ BECO 1 Caudal ecológico insuficiente
 - ✓ BECO 2 Deterioro de ecosistemas acuáticos
 - ✓ BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre
 - ✓ BECO 4 Degradación y desertificación



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-2. Árbol de problemas para ecosistemas

- **Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo:** Se visualiza en Figura 5-3. De esto, la brecha identificada es: BPRO 1 Seguridad Hídrica para la Agricultura Familiar Campesin.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-3. Árbol de problemas para las actividades productivas

- **Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos:** Las brechas para este eje corresponden a:
 - ✓ BEXT 1 Insuficiencia de mecanismos de respuesta ante el cambio climático
 - ✓ BEXT 2 Elevado Riesgo de incendios forestales

-
- **Gestión Institucional:** En este eje se identifican las siguientes brechas:
 - ✓ BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica e hidrogeológica
 - ✓ BGES 2 Deficiencias en el estado de los derechos de aprovechamiento de aguas
 - ✓ BGES 3 Deficiencias en la fiscalización de usos irregulares del agua
 - **Gobernanza:** La brecha es BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca

5.3 Indicadores Hídricos de la Cuenca

Se diferencian tres tipos de indicadores, de estado, impacto y de proceso.

- **Indicadores de Estado:** corresponden a variables hidrológicas e hidrogeológicas de la cuenca. El seguimiento del indicador no busca llegar a un meta objetivo si no reflejar un estado general de la cuenca.
- **Indicadores de Impacto:** corresponden a variables de estado de la cuenca de los ejes de seguridad hídrica, de la institucionalidad y gobernanza. Para estos indicadores se dispone de un estado de línea de base (actual) y un estado deseado al final del Plan Estratégico. Con el propósito de alinear los Planes Estratégicos con estándares internacionales, y reforzar el concepto de Gestión Sostenible de Recursos Hídricos, es que se incorporó como Indicadores de Impacto a los Indicadores asociados a las metas del ODS N°6, Agua Limpia y Saneamiento.
- **Indicadores de Proceso:** corresponden a variables que describen la ejecución de una acción o proceso, ya sea de ejecución única, eventual o permanente. En este caso, se aplican a la verificación de la implementación de las iniciativas del Plan Estratégico.

A continuación se presentan los indicadores de estado y de impacto.

Tabla 5-4. Indicadores de Estado

Indicador	Unidad	Línea de Base (1990 – 2014)	Valor Actual (2015 – 2020)	Valor Proyectado (2050-2060)
IES 01 – Oferta Superficial	hm ³	681,0	549,3	555,7
IES 02 – Oferta Subterránea	hm ³	356,3	281,4	279,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-5 Indicadores de Impacto para la cuenca

Eje Estratégico	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Plazo
Seguridad Hídrica para las Personas	IPER01 Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos	%	97,0%	100,0 %	5 años
	IPER 02 Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos	%	88,4%	97,0%	30 años
	IPER 04 Brecha hídrica para consumo humano proyectada a 30 años	hm ³ /año	46,2 hm ³	0,0 hm³	30 años
Seguridad Hídrica para	IECO 01 Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada	%	0,0%	2,5%	30 años

Eje Estratégico	Indicador	Unidad	Valor Actual	Meta	Plazo
los Ecosistemas	IECO 02 Calidad de Aguas Superficiales	%	83 %	>80%	5 años
	IECO 03 Estado de Ecosistemas Acuáticos	%	62,5%	>80%	5 años
	IECO 04 Superficie de Bosque nativo	%	13,9 %	>14,8 %	10 años
	IECO 05 Superficie de suelo sin degradación severa	%	95,6%	100,0%	10 años
	IECO 06 Brecha hídrica para Ecosistemas	%	100 %	100 %	Pendiente
Seguridad de agua para las actividades productivas	I PRO 01 Nivel de Estrés Hídrico	%	2,0	2,0%	Permanente
	I PRO 02 Nivel de Estrés Hídrico (nominal)	%	126,6%	126,6%	Permanente
	I PRO 03 Reutilización de agua	%	0,0%	2,1%	30 años
	I PRO 04 Brecha hídrica para Actividades Productivas	hm ³ /año	0,0	0,0	Permanente
Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	IEXT 01 Índice de riesgo potencial a la escasez hídrica	Índice (0 a 100)	14	10	5 años

Fuente: Elaboración propia

5.4 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad define escenarios que permiten proyectar situaciones futuras que resulten del cambio climático y de distintas estrategias de gestión. Los escenarios de gestión seleccionados se presentan en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Escenarios de gestión seleccionados

Escenario	Objetivo	Resultados
EG 00 Escenario Tendencial	Estimar la respuesta del sistema a la proyección de cambio climático seleccionada	
EG 01 Aumento poblacional	Evaluar la satisfacción de la demanda de agua para las personas bajo un supuesto de aumento acelerado de la población	Estado: evolución de la oferta de agua superficial; recarga y volumen húmedo de acuíferos.
EG 02 Cambio de Uso de Suelo	Evaluar la evolución de parámetros hidrológicos e hidrogeológicos bajo el supuesto de que se reduce al 20% la superficie de plantaciones forestales	Personas: satisfacción de fuentes de APU + SSR agrupados y N° de meses al año en que no se satisface la demanda de producción)
EG 03 Acueducto / trasvases	Evaluar la factibilidad de acueducto costero que llegue hasta Dichato y que solo cubra las brechas. El resultado es el volumen a aportar y la brecha potencial de La Mochita. Evaluar acueducto desde Itata a Rafael. Solo para cubrir brechas.	Ecosistemas: Variación del caudal entrante por humedal seleccionado Desarrollo Productivo: N° de meses al año por debajo de precipitación promedio mensual

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se indican las conclusiones de los resultados de escenarios de gestión.

Tabla 5-7 Conclusiones de los resultados de escenarios de gestión

Escenario	Objetivo	Conclusiones / comentarios
EG 01 Aumento poblacional	Evaluar la satisfacción de la demanda de agua para las personas bajo un supuesto de aumento acelerado de la población	Un supuesto de crecimiento igual al 3% anual genera un aumento de la brecha en el abastecimiento al consumo humano igual a 84 hm ³ /año.
EG 02 Cambio de Uso de Suelo	Evaluar la evolución de parámetros hidrológicos e hidrogeológicos bajo el supuesto de que se reduce al 20% la superficie de plantaciones forestales	El supuesto generado de cambio de uso de suelo permite reconocer el beneficio en el aumento de escorrentía superficial y recarga de acuíferos.
EG 03 Acueducto / trasvases	Evaluar la factibilidad de acueducto costero que llegue hasta Dichato y que solo cubra las brechas. El resultado es el volumen para aportar y la brecha potencial de La Mochita. Evaluar acueducto desde Itata a Rafael. Solo para cubrir brechas.	La brecha en el escenario 0 o base es resulta dentro de este escenario pasando de una brecha para consumo humano de 2,38 hm ³ /año a 0,54 hm ³ /año.

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

Sobre la evaluación socioeconómica se realizó una revisión de los principales componentes evaluados dentro de los escenarios de gestión, y en general dentro del presente Plan Estratégico.

En este caso, el único componente considerado como una inversión dentro del sector recursos hídricos es el acueducto costero propuesto entre Lirquén y Dichato. A partir de algunos supuestos se estimó el costo referencial del sistema de interconexión costera (Tabla 5-8).

Tabla 5-8. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato

Partida	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Millones de \$)	Costo Total (Millones de \$)
Conducción	km	30	600	18.000
Planta Elevadora de Aguas (PEAP)	planta	10	500	5.000
Adicionales e imprevistos	%	25%	23.000	5.750
SubTotal				28.750
Ingeniería y permisos	%	15%	28.750	4.313
Costo Total				33.063

Fuente: Elaboración propia

Como se señaló, uno de los aspectos clave para la implementación de las medidas propuestas dentro del presente Plan Estratégico pasa por la rentabilidad social de las mismas. Dentro de las medidas evaluadas a nivel de escenarios de gestión, la interconexión entre Lirquén y Dichato corresponde a una inversión privada, que en caso de materializarse sería desarrollada bajo el contexto de concesiones sanitarias que operan bajo la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Existe la alternativa de que la inversión se materialice con fondos públicos, bajo la estatal Empresa Concesionara de Servicios Sanitarios, ECONSSA. Sin embargo, dado que la obra corresponde al natural desarrollo del territorio operacional de la empresa sanitaria, ESSBIO, se considera que la segunda alternativa es poco probable.

Para el caso que se desarrolle dentro de la concesión sanitaria, la construcción del acueducto tendrá un impacto reflejado dentro de la tarifa que pagan los clientes por el servicio. Sin embargo, el real costo o diferencia solo se podrá determinar en el momento de la definición de esta infraestructura y la estrategia de distribución de los costos dentro de los distintos territorios operacionales.

Una medida no evaluada dentro de los escenarios de gestión, pero que se considera dentro del sector recursos hídricos del SNI, es la ampliación de la cobertura de los servicios sanitarios rurales, SSR, para dar cuenta de los arranques pendientes identificados en la brecha BPER 5 (666 arranques). Más adelante dentro del informe se realizará una estimación referencial del costo de ampliación para cada arranque, siguiendo la pauta establecida de a lo menos 8 viviendas por km. No se aplicó otros criterios complementarios, ya que se dispone de información suficiente en un plan de estas características (estratégico).

Los sectores dispersos (por debajo del umbral definido para los SSR), y las viviendas aisladas, quedan fuera de esta política pública y son, en rigor, el estrato más golpeado por la menor disponibilidad de agua. Este es el bloque que contribuye en mayor medida a la demanda por camiones aljibe en la región.

Finalmente, la protección de fuentes naturales y otras acciones destinadas a mejorar la seguridad de abastecimiento quedan fuera del sistema de evaluación diseñado. En rigor, por tratarse de soluciones basadas en la naturaleza (infraestructura verde), no se dimensionan como solución en sí y quedan restringida a otras entidades sectoriales, como la Corporación nacional Forestal. Se aprecia una desconexión de los objetivos de desarrollo sostenible planteados para la cuenca, y los instrumentos de financiamiento de las medidas requeridas para su obtención.

6 ACCIONES

Se presentan las iniciativas público privadas identificadas en la cuenca, con el propósito de conectarlas a la propuesta realizada en el contexto del presente Plan Estratégico.

6.1 Seguridad Hídrica para las Personas

- ✓ **Proyecto de Conexión hídrica entre Quillón y Florida:** Permitirá abastecer de agua potable a Quillón y a Florida, a través de una tubería de 24 km, una planta de producción de agua potable, plantas elevadoras y una captación de agua.

6.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

- ✓ **GEF Humedales Costeros: sistema Rocuant-Andalién:** El trabajo en el sitio piloto está fundamentalmente orientado al desarrollo de programas integrales, coordinados y participativos, que establezcan medidas concretas de restauración, monitoreo, planificación territorial y manejo sustentable. Se centra en: Educación y difusión; Capacitación; Fortalecimiento de marcos regulatorios
- ✓ **Paisaje de Conservación de Nonguén:** Es una figura de protección de la naturaleza cuyo objetivo es promover la conservación y uso sustentable de la biodiversidad más allá de las áreas que ya están protegidas.
- Iniciativas privadas de empresas forestales: La empresa Arauco actualmente cuenta con Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC) y Paisajes Productivos Protegidos (PPP)⁶: Queules de Tomé y Penco; Las Vegas 1; San Luis 2.

6.3 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo

- ✓ Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje
- ✓ INDAP: Proyectos de riego individual y asociativos

⁶ Revisado en <https://www.arauco.cl/chile/biodiversidad/areas-alto-valor/>



6.4 Seguridad Hídrica ante eventos extremos

- ✓ Financiamiento especial en caso de escasez hídrica
- ✓ Plan Maestro de Aguas Lluvia de la ciudad de Concepción

7 INICIATIVAS PROPUESTAS

El proceso de formulación del Plan Estratégico consiste en la descripción de las estrategias de evaluación de las soluciones para la definición de iniciativas requeridas para la Seguridad Hídrica, Gestión Institucional y Gobernanza.

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

7.1 Alternativas seleccionadas

En la Tabla 7-1 se presenta la cartera de iniciativas propuestas en formato de ficha, para cada uno de los seis ejes estratégicos de planificación: Balance, Seguridad Hídrica (para las personas, ecosistemas, actividades productivas, eventos extremos, gestión institucional y gobernanza).

Tabla 7-1. Alternativas Seleccionadas

Eje	Línea de Acción	Iniciativa	Costo	Organismo Formulador	Organismo Ejecutor
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 1 – Seguridad hídrica para la Red Pública Urbana	PER 1.1 - Interconexión costera entre Lirquén y Dichato	957.780	Empresa Sanitaria	Empresa Sanitaria
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores	15.643	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.2 - Profesionalización de los SSR	18.829	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.3 - Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantenimiento Preventiva	34.762	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales	17.381	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales	3.523	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.6 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes	160.659	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	PER 2.7 - Aumento en la cobertura de Saneamiento Rural	4.833.310	DOH SSR	DOH SSR
01 Seguridad Hídrica para las Personas	PER 3 - Seguridad Hídrica para Viviendas desconectadas de las redes públicas de agua	PER 3.1 - Seguridad hídrica para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua	318.941	Gobierno Regional	Gobierno Regional



Eje	Línea de Acción	Iniciativa	Costo	Organismo Formulator	Organismo Ejecutor
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 1 – Protección de Ecosistemas Acuáticos	ECO 1.1 - Acuerdo de Gestión de Humedales	0	MMA	No aplica
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 1 – Protección de Ecosistemas Acuáticos	ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales	69.327	MMA	Gobierno Regional
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa	289.049	MMA	Gobierno Regional
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	ECO 2.2 - Estudio para la Protección de fuentes de agua	10.718	MMA	Gobierno Regional
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	ECO 2.3 - Restauración de ecosistemas terrestres	110.254	CONAF	CONAF
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	ECO 2.4 - Recuperación de suelos degradados	36.552	SAG	SAG
03 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo	PRO 1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina	PRO 1.1 - Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina	565.317	INDAP	INDAP
04 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	EXT 1 – Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático	EXT 1.1 - Propuesta de Instrumentos de adaptación al cambio climático	7.242	Gobierno Regional	Gobierno Regional
04 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	EXT 1 – Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático	EXT 1.2 - Incorporación del Riesgo de Incendios	0	MMA	No aplica

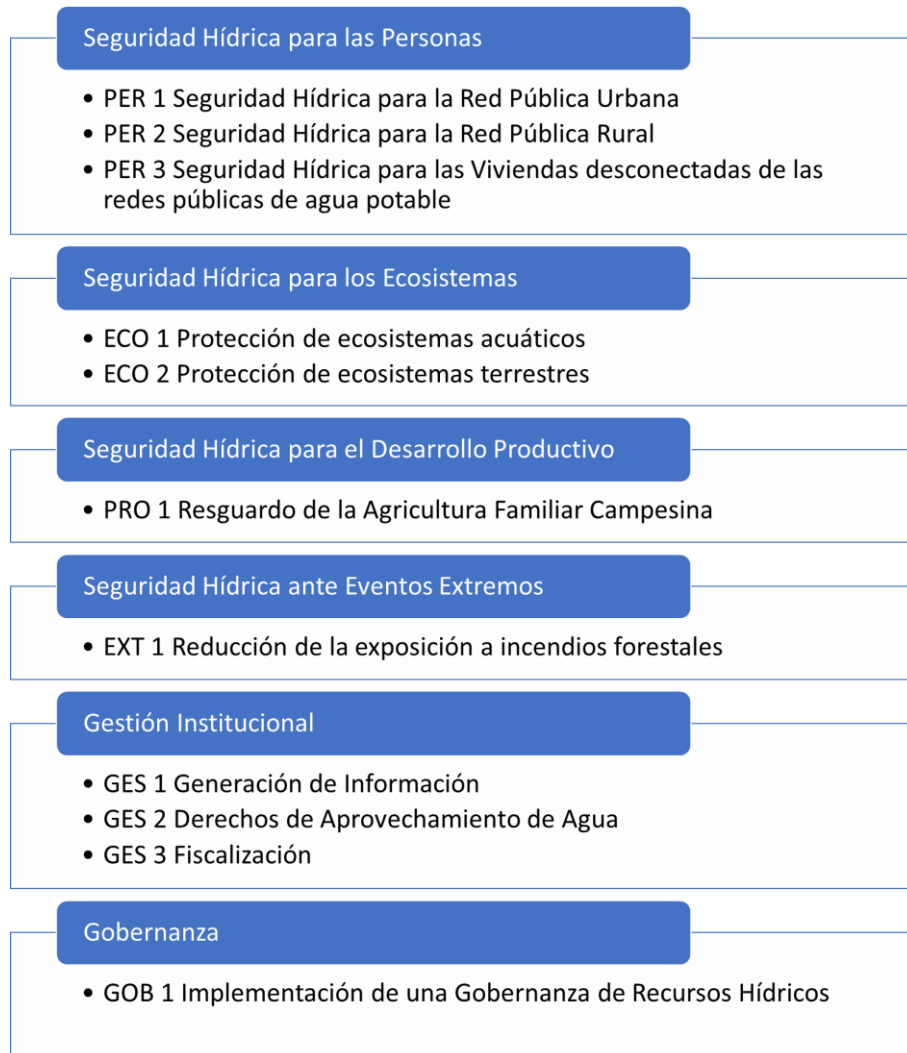


Eje	Línea de Acción	Iniciativa	Costo	Organismo Formulator	Organismo Ejecutor
05 Gestión Institucional	GES 1: Generación de Información	GES 1.1 - Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca	2.897	DGA Hidrología	Gobierno Regional
05 Gestión Institucional	GES 1: Generación de Información	GES 1.2 - Nuevas estaciones de la red hidrométrica	6.663	DGA Hidrología	DGA
05 Gestión Institucional	GES 1: Generación de Información	GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica	5.794	DGA DEP	DGA
05 Gestión Institucional	GES 2: Derechos de Aprovechamiento de Agua	GES 2.1 - Saneamiento de derechos de aprovechamiento de aguas	5.967	DGA DARH	DGA
05 Gestión Institucional	GES 3: Fiscalización	GES 3.1 - Mejoras en las capacidades de fiscalización	1.738	DGA Fiscalización	Gobierno Regional
06 Gobernanza	GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos	GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca	4.287	Gobierno Regional	Gobierno Regional
06 Gobernanza	GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos	GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente	175.548	DGA	DGA
		TOTAL	7.652.183		

Fuente: Elaboración propia

7.2 Líneas de Acción

El Plan Estratégico se formuló a partir de una estructura de Ejes Estratégicos, Líneas de Acción e iniciativas que ya han sido mencionadas en este documento (Figura 7-1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-1 Líneas de Acción del Plan Estratégico

7.3 Valorización económica del Plan

El costo total del Plan Estratégico es de UF **7.652.183**. En la Tabla 7-2 se presenta el resumen de inversión por cada línea de acción.

Tabla 7-2. Resumen de iniciativas de inversión

Ejes Estratégicos y Líneas de Acción	Costo (UF)	%
01 Seguridad Hídrica para las Personas	6.360.829	83,1%
PER 1 – Seguridad hídrica para la Red Pública Urbana	957.780	12,5%
PER 2 – Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	5.084.107	66,4%
PER 3 – Seguridad Hídrica para Viviendas desconectadas de las redes públicas de agua	318.941	4,2%
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	515.900	6,7%
ECO 1 – Protección de Ecosistemas Acuáticos	69.327	0,0%
ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	446.573	2,1%
03 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo	565.317	4,7%
PRO 1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina	565.317	7,4%
04 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	7.242	7,4%
EXT 1 – Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático	7.242	0,1%
05 Gestión Institucional	23.059	0,1%
GES 1: Generación de Información	15.353	0,3%
GES 2: Derechos de Aprovechamiento de Agua	5.967	0,2%
GES 3: Fiscalización	1.738	0,1%
06 Gobernanza	179.835	0,0%
GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos	179.835	2,4%
Total general	7.652.183	100,0%

Fuente: Elaboración propia

El cuadro siguiente resume la inversión por institución responsable y período de ejecución. El responsable principal es el MOP, que en forma directa y a través de la Dirección de Obras Hidráulicas y su Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales concentra el 62,1 % del total de las partidas. El detalle se presenta en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3. Resumen de inversión por Organismo Ejecutor y Plazo

Organismo Formulador de las iniciativas	Total (UF)	Corto Plazo (1 a 5 años)	Mediano Plazo (6 a 10 años)	Largo Plazo (11 a 30 años)	%
DOH SSR	5.084.107	128.463	88.730	4.866.914	66,4%
DGA	175.548	29.258	29.258	117.032	2,3%
DGA DEP	5.794	5.794			0,1%
DGA DARH	5.967	5.967			0,1%
DGA Hidrología	9.560	9.560			0,1%
DGA Fiscalización	1.738	1.738			0,0%
INDAP	565.317	282.659	282.659		7,4%
SAG	36.552	18.276	18.276		0,5%
CONAF	110.254	18.376	18.376	73.502	1,4%
MMA	369.094	168.082	155.822	45.191	4,8%
Gobierno Regional	330.471	117.843	106.314	106.314	4,3%
Empresa Sanitaria	957.780			957.780	12,5%
Total general	7.652.183	786.015	699.435	6.166.733	100,0%
Total (%)		10,3%	9,1%	80,6%	

Fuente: Elaboración propia

7.4 Cronograma de soluciones

En la Tabla 7-4 se presentan las iniciativas según plazo de implementación.

Tabla 7-4. Cronograma de Implementación de Iniciativas

Eje Estratégico y Líneas de Acción	Total (UF)	Corto Plazo (1 a 5 años)	Mediano Plazo (6 a 10 años)	Largo Plazo (11 a 30 años)	%
01 Seguridad Hídrica para las Personas	6.360.829	234.777	195.044	5.931.008	83,1%
PER 1 – Seguridad hídrica para la Red Pública Urbana	957.780			957.780	12,5%
PER 2 - Seguridad hídrica para la Red Pública Rural	5.084.107	128.463	88.730	4.866.914	66,4%
PER 3 - Seguridad Hídrica para Viviendas desconectadas de las redes públicas de agua	318.941	106.314	106.314	106.314	4,2%
02 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas	515.900	204.733	192.474	118.693	6,7%
ECO 1 – Protección de Humedales	446.573	191.895	181.176	73.502	0,0%
ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres	69.327	12.839	11.298	45.191	2,1%
03 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo	565.317	282.659	282.659		4,7%
PRO 1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina	565.317	282.659	282.659		7,4%
04 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos	7.242	7.242			7,4%
EXT 1 – Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático	7.242	7.242			0,1%
05 Gestión Institucional	23.059	23.059			0,1%
GES 1: Generación de Información	15.353	15.353			0,3%
GES 2: Derechos de Aprovechamiento de Agua	5.967	5.967			0,2%
GES 3: Fiscalización	1.738	1.738			0,1%
06 Gobernanza	179.835	33.545	29.258	117.032	0,0%
GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos	179.835	33.545	29.258	117.032	2,4%
Total general	7.652.183	786.015	699.435	6.166.733	100,0%
Total (%)		10,3%	9,1%	80,6%	

Fuente: Elaboración propia

8 IMPLEMENTACIÓN

La Tabla 8-1 presenta las iniciativas propuestas para el corto plazo (1 a 5 años), identificando la inversión total, la parcial, el responsable, el financiamiento y el origen de las mismas.

Tabla 8-1. Hitos de referencia del Plan (inversión a corto largo plazo)

Iniciativa	Organismo Formulador	Organismo Financiero	Fuente de financiamiento	Inversión en Corto Plazo (UF)	%
PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	2.607	0,33%
PER 2.2 - Profesionalización de los SSR	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	18.829	2,40%
PER 2.3 - Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantenimiento Preventiva	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	5.794	0,74%
PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	17.381	2,21%
PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	3.523	0,45%
PER 2.6 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	80.329	10,22%
PER 3.1 - Seguridad hídrica para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua	Gobierno Regional	Gobierno Regional	Público (Regional)	106.314	13,53%
ECO 1.1 - Acuerdo de Gestión de Humedales	MMA	No aplica	No aplica	-	0,00%
ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales	MMA	Gobierno Regional	Público (Regional)	12.839	1,63%
ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa	MMA	Gobierno Regional	Público (Regional)	144.525	18,39%



Iniciativa	Organismo Formulator	Organismo Financiero	Fuente de financiamiento	Inversión en Corto Plazo (UF)	%
ECO 2.2 - Estudio para la Protección de fuentes de agua	MMA	Gobierno Regional	Público (Regional)	10.718	1,36%
ECO 2.3 - Restauración de ecosistemas terrestres	CONAF	CONAF	Público (Sectorial)	18.376	2,34%
ECO 2.4 - Recuperación de suelos degradados	SAG	SAG	Público (Sectorial)	18.276	2,33%
PRO 1.1 - Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina	INDAP	INDAP	Público (Sectorial)	282.659	35,96%
EXT 1.1 - Propuesta de Instrumentos de adaptación al cambio climático	Gobierno Regional	Gobierno Regional	Público (Sectorial)	7.242	0,92%
EXT 1.2 - Incorporación del Riesgo de Incendios	MMA	No aplica	No aplica	-	0,00%
GES 1.1 - Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca	DGA Hidrología	Gobierno Regional	Público (Regional)	2.897	0,37%
GES 1.2 - Nuevas estaciones de la red hidrométrica	DGA Hidrología	DGA	Público (Sectorial)	6.663	0,85%
GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica	DGA DEP	DGA	Público (Sectorial)	5.794	0,74%
GES 2.1 - Saneamiento de derechos de aprovechamiento de aguas	DGA DARH	DGA	Público (Sectorial)	5.967	0,76%
GES 3.1 - Mejoras en las capacidades de fiscalización	DGA Fiscalización	Gobierno Regional	Público (Regional)	1.738	0,22%
GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca	Gobierno Regional	Gobierno Regional	Público (Regional)	4.287	0,55%
GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente	DGA	DGA	Público (Sectorial)	29.258	3,72%
TOTAL				786.015	100,00%

Fuente: elaboración propia

En la tabla que sigue se presenta el plan de mediano y largo plazo

Tabla 8-2. Hitos de referencia del Plan (inversión a mediano y largo plazo)

Iniciativa	Organismo Formulador	Organismo Financiero	Fuente de financiamiento	Inversión en Mediano Plazo (UF)	Inversión en Largo Plazo (UF)	%
PER 1.1 - Interconexión costera entre Lirquén y Dichato	Empresa Sanitaria	Empresa Sanitaria	Privado	-	957.780	13,15%
PER 2.2 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	2.607	10.429	0,18%
PER 3.1 - Programa de desarrollo y Mantenimiento Preventiva de Servicios Sanitarios Rurales	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	2.781	11.124	0,19%
PER 3.4 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	80.329	-	1,10%
PER 3.5 - Aumento en la cobertura de Saneamiento Rural	DOH SSR	DOH SSR	Público (Sectorial)	-	4.833.310	66,36%
ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales	MMA	Gobierno Regional	Público (Regional)	11.298	45.191	0,78%
ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa	MMA	Gobierno Regional	Público (Regional)	21.726	-	0,30%
ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa	CONAF	CONAF	Público (Sectorial)	177.317	-	2,43%
ECO 2.2 - Recuperación de suelos degradados	SAG	SAG	Público (Sectorial)	18.276	-	0,25%
PRO 1.1 - Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina	INDAP	INDAP	Público (Sectorial)	282.659	-	3,88%
GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente	DGA	DGA	Público (Sectorial)	29.258	117.032	2,01%
TOTAL				1.309.093	5.974.866	100,00%

Fuente: elaboración propia

8.1 Estrategia de implementación

La estrategia de implementación del Plan recoge la estructura del instrumento, los aspectos institucionales y de gobernanza, de cultura del agua y de financiamiento.

8.1.1 Aspectos Institucionales

Se propone la instalación de un Consejo de Cuenca, público privado, que trabaje en conjunto con grupos de trabajo por eje de seguridad hídrica, con el soporte técnico de una Secretaría ad hoc. Los componentes de la gobernanza propuestos.

- Consejo de Cuenca: Corresponde a una instancia público-privada compuesta por representantes del Estado, de los Gobiernos Locales, de los usuarios directos e indirectos de las aguas, así como la sociedad civil organizada (Centros de estudio, organizaciones funcionales, ONGs).
- Comités de Seguridad Hídrica: Corresponden a una instancia operativa, donde se aborda en particular cada uno de los ejes de Seguridad Hídrica empleados en el estudio (y otros que a futuro se estime conveniente). Por definición, son instancias técnicas orientadas a la definición y cumplimiento de objetivos y metas.
- Ejes Habilitantes: Corresponden a aspectos transversales de la seguridad hídrica con otros aspectos clave de la seguridad a nivel país (alimentaria, energética, social), pero particularmente aspectos clave que son requisito para la implementación de la estrategia propuesta: ordenamiento territorial, I+D+i (investigación, desarrollo e innovación), género e inclusión, entre otros que sean de relevancia a nivel local.
- Secretaría Técnica: De carácter permanente que de soporte a la gobernanza propuesta.
- Hitos de la Gobernanza: Los hitos para la instalación de la gobernanza consideran una instalación progresiva del conjunto de definiciones, acuerdos, responsabilidades, deberes y derechos asociados a la gobernanza. Una de las limitantes principales que debe ser abordada es la ausencia de una definición previa del sistema de gobernanza, por lo que el proceso de instalación requiere de un carácter convocante, inclusivo, y sobre todo progresivo, de manera tal que las definiciones recojan la participación de todos los actores, y se adapten a las necesidades de cada cuenca.

8.1.2 Aspectos de financiamiento

El financiamiento del Plan Estratégico corresponde principalmente a actores estatales (recae principalmente en el Ministerio de Obras Públicas), estando concentrada la inversión en obras civiles, de saneamiento, y tecnificación de zonas de riego. Destaca también el presupuesto asignado a recuperación de suelos degradados en la cuenca, como una estrategia para la recuperación del ciclo hidrológico en los sectores afectados.



En general, el presupuesto requerido por el Plan Estratégico supera a la inversión histórica que se ha realizado en la cuenca, tanto a nivel de infraestructura tradicional (embalses), como tecnificación. Este aspecto representa una complejidad en tanto las instituciones sectoriales responsables no disponen de las estructuras para gestionar este financiamiento adicional, lo que en sí requiere de reformas internas.

Respecto de la gobernanza, mencionada en los aspectos institucionales, se propone como una instancia público-privada que debe contar con una Secretaría Técnica, que proporcione un apoyo técnico permanente, manteniendo la continuidad de las actividades que se realizan en la cuenca o en la región. Para mantener esta Secretaría a nivel regional se requiere un presupuesto base **\$202.000.000.-** al año (iniciativa GOB 1.2), y dentro de este monto se considera el establecimiento de un equipo técnico permanente compuesto por un Secretario, un equipo de modeladores para mantener operativos los modelos hidrológicos e hidrogeológicos, además de un staff de asesores senior.

Este aporte debiera ser de carácter permanente en el tiempo, sin embargo no existe claridad de la fuente de financiamiento de esta Secretaría. Si bien, por un parte, pudiera ser financiada por fondos regionales dependientes del Gobierno Regional, pudiera ser también abordada desde el punto de vista sectorial. En esta misma línea, la Secretaría pudiera ser de carácter pública (compuesta por funcionarios de servicios públicos), privada (mediante licitaciones a empresas o centros de estudio), o mixta (con funcionarios y terceros como ejecutores de tareas específicas).

Independientemente de estas consideraciones, se estima que se requiere de una oficina técnica específica y dedicada a estos efectos.

8.2 Estrategia de comunicación

La estrategia de comunicación del Plan considera la difusión y discusión del mismo con los actores públicos y privados que participan de la gobernanza, así como su comunicación al resto de los actores regionales con interés en la gestión de los recursos hídricos.

8.3 Identificación de fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento público de las iniciativas propuestas pueden ser sectoriales, regionales o mixtas, cuando resultan de un Convenio de Programación. En la Tabla 8-3 se entrega el análisis de fuentes de financiamiento.



Tabla 8-3. Análisis de Fuentes de Financiamiento

Fuente de Financiamiento	Total (UF)	%
Privado	957.780	12,5%
Público (Regional)	696.958	9,1%
Público (Sectorial)	5.997.444	78,4%
Total general	7.652.183	100,0%

Fuente: Elaboración propia

9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

En la Tabla 9-1 se presentan los indicadores para cada una de las iniciativas del Plan.

Tabla 9-1. Indicadores del Proceso

Iniciativa	Programa de Seguimiento y control	Duración (años)	Métrica	Hitos e Indicadores
PER 1.1 - Interconexión costera entre Lirquén y Dichato	El seguimiento corresponde a la verificación del cumplimiento de cada una de las etapas del proceso de ingeniería.	5	Acueducto construido	Cumplimiento de Etapas. Acueducto construido
PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores	El seguimiento corresponde a la verificación de las capacitaciones, diseño y aprobación de cursos, y convocatoria.	Permanente	Nº de personas acreditadas	más de 100 personas acreditadas en 5 años
PER 2.2 - Profesionalización de los SSR	Generación de subsidio a la contratación de administradores	5	Nº de SSR beneficiados	16 SSR beneficiados
PER 2.3 - Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantenimiento Preventiva	Verificación de aprobación de programas de desarrollo por SSR	Permanente	Nº de SSR con Programas de Desarrollo al día	16 SSR beneficiados
PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales	Seguimiento al desarrollo del sistema (3 módulos), puesta en marcha y carga de SSR	5	Nº de SSR conectados a la plataforma	16 SSR conectados al sistema de información
PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales	Verificación de instalación de sistemas de medición y de telemetría	5	Nº de SSR con sistemas de medición y telemetría	16 SSR con telemetría instalada
PER 2.6 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes	El seguimiento consiste en la verificación de las etapas del proceso de ingeniería, pero sobre todo en el número de arranques instalados.	5	Nº de arranques instalados	realización de estudios de ingeniería instalación de 666 arranques adicionales



Iniciativa	Programa de Seguimiento y control	Duración (años)	Métrica	Hitos e Indicadores
PER 2.7 - Aumento en la cobertura de Saneamiento Rural	Aumento de cobertura de población con acceso al tratamiento de aguas servidas	30	Nº de PTAS Instaladas	Estudios de ingeniería 16 de PTAS instaladas
PER 3.1 - Seguridad hídrica para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua	Seguimiento a la implementación de las intervenciones por objeto de protección	10	Nº de viviendas con solución de seguridad hídrica	1.000 viviendas con solución definitiva, además de las que estén comprendidas en la expansión de redes urbanas y rurales
ECO 1.1 - Acuerdo de Gestión de Humedales	Suscripción del acuerdo por parte de los actores de cada sub cuenca, tanto públicos como privados	Permanente	Años de operación del Acuerdo	Acta de acuerdo
ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales	Seguimiento a las campañas trimestrales de monitoreo.	Permanente	Nº de campañas de monitoreo ejecutadas	4 campañas al año
ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa	El seguimiento a la iniciativa está dado por el número de iniciativas a escala territorial efectivamente implementadas.	10	Años de funcionamiento	Constitución de la gobernanza Generación de Financiamiento
ECO 2.2 - Estudio para la Protección de fuentes de agua	El seguimiento a la iniciativa está dado por la ejecución del estudio y la difusión de sus resultados.	2	Nº de estudios ejecutados	1 estudio ejecutado, verificado mediante recepción de informe final
ECO 2.3 - Restauración de ecosistemas terrestres	El seguimiento a la iniciativa está dado por el número de iniciativas a escala territorial efectivamente implementadas.	10	Nº de ha recuperadas	1.730 ha recuperadas



Iniciativa	Programa de Seguimiento y control	Duración (años)	Métrica	Hitos e Indicadores
ECO 2.4 - Recuperación de suelos degradados	superficie efectivamente bonificada para la restauración de suelos degradados.	10	superficie efectivamente bonificada para la restauración de suelos degradados.	6.459 ha de suelo recuperadas
PRO 1.1 - Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina	El seguimiento de la iniciativa corresponde a la verificación del número de beneficiarios que efectivamente recibieron apoyo para la implementación de una solución predial.	10	Nº de usuarios beneficiados	976 usuarios beneficiados
EXT 1.1 - Propuesta de Instrumentos de adaptación al cambio climático	El seguimiento consiste en la verificación de la implementación de las etapas del estudio	5	Nº instrumentos nuevos y/o adaptados	Diagnóstico y propuestas nuevos instrumentos o adaptación de instrumentos ya vigentes.
EXT 1.2 - Incorporación del Riesgo de Incendios	El seguimiento consiste en la verificación de la definición de los indicadores, las acciones y un plan de implementación	10	Criterios incorporados (Si/No)	Plan de implementación para reducción del riesgo de incendios
GES 1.1 - Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca	El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.	1	Nº estudios ejecutados	1 estudio ejecutado, verificado mediante recepción de informe final
GES 1.2 - Nuevas estaciones de la red hidrométrica	El seguimiento consiste en la verificación de la implementación de las nuevas estaciones	1	Nº de estaciones implementadas	Instalación de 2 estaciones de pozo y 1 estación fluviométrica
GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica	El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.	1	Nº estudios ejecutados	1 estudio ejecutado, verificado mediante recepción de informe final



Iniciativa	Programa de Seguimiento y control	Duración (años)	Métrica	Hitos e Indicadores
GES 2.1 - Saneamiento de derechos de aprovechamiento de aguas	El seguimiento consiste en el número de derechos de aprovechamiento efectivamente saneados y de la ejecución de la campaña de difusión	1	Nº de derechos saneados	175 derechos de aprovechamiento saneados Medios de verificación de la campaña de difusión
GES 3.1 - Mejoras en las capacidades de fiscalización	El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente y de las capacitaciones a municipios	1	Nº de estudios y capacitaciones ejecutadas	Acta de ejecución del estudio
GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca	El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del programa correspondiente.	1	1 programa ejecutado	Acta de ejecución del programa
GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente	El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.	1	Años de operación de la Secretaría Técnica	Definición de alcances, financiamiento y licitación de Secretaría Técnica

Fuente: Elaboración propia



10 ASPECTOS NORMATIVOS

Los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) son instrumentos de carácter sectorial, que definen un conjunto de acciones tendientes a alcanzar y mantener la seguridad hídrica en el territorio.

En atención a lo evaluado en esta cuenca, se identificó la necesidad de instrumentos de planificación de carácter regional, interregional (macrozonas) y nacional que definan las políticas generales respecto de la gestión de los recursos hídricos, al estilo de una Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y una Política Nacional de Recursos Hídricos. En este sentido, el análisis por cuenca, si bien es adecuado a la escala local, no permite la discusión de soluciones que, por su escala, trascienden el ámbito de la cuenca, como puede ser la evaluación de las carreteras hídricas, el rol de la Ley de Riego en la eficiencia hídrica, y particularmente una Estrategia Nacional de Desalinización.

En los puntos que sigue se mencionan algunos aspectos normativos relevantes para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca.

10.1 Modificaciones al Código de Aguas

Con fecha 6 de abril de 2022, se publicó en el Diario Oficial y entró en vigencia la Ley N° 21.435 que reforma el Código de Aguas. A continuación se presenta un resumen de las principales modificaciones que incorpora este cuerpo normativo⁷.

Planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas

Se establece la creación de Planes Estratégicos de Recursos Hídricos que buscan propiciar la seguridad hídrica para cada cuenca, son públicos y se deben actualizar cada 10 años.

En el artículo 293 bis se señala que cada cuenca del país deberá contar con un Plan Estratégico de Recursos Hídricos tendiente a propiciar la seguridad hídrica en el contexto de las restricciones asociadas al cambio climático, el cual será público.

10.2 Ley Marco de Cambio Climático

El lunes 13 de junio fue publicada en el Diario Oficial la Ley Marco de Cambio Climático. La ley establece como meta que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar el 2050, una fecha que incluso podría adelantarse si las circunstancias así lo permiten, ya que será revisada cada cinco años. Además, para enfrentar el cambio climático, establece acciones concretas para 17 ministerios.

⁷ Revisado en: <https://www.carey.cl/entra-en-vigor-la-reforma-al-codigo-de-aguas/#:~:text=La%20Reforma%20consagra%20el%20derecho,entregar%20las%20aguas%20reservadas%20a>

En el Artículo 13 se establecen los contenidos de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas. El Ministerio de Obras Públicas estará encargado de la elaboración de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente; de Agricultura; de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, de Relaciones Exteriores cuando comprenda cuencas transfronterizas, y de los CORECC respectivos. Estos instrumentos tienen por objeto contribuir con la gestión hídrica, identificar las brechas hídricas de agua superficial y subterránea, establecer el balance hídrico y sus proyecciones, diagnosticar el estado de información sobre cantidad, calidad, infraestructura e instituciones que intervienen en el proceso de toma de decisiones respecto al recurso hídrico y proponer un conjunto de acciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático sobre el recurso hídrico, con el fin de resguardar la seguridad hídrica.

Cada cuenca del país deberá contar con un Plan Estratégico de Recursos Hídricos, el cual será público, deberá revisarse cada cinco años, actualizarse cada diez y considerar, a lo menos, los siguientes aspectos:

- a) La caracterización de la cuenca;
- b) La modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca y la modelación de la calidad del agua superficial y subterránea, de manera coordinada con los órganos competentes;
- c) Un balance hídrico que considere los derechos constituidos y usos susceptibles de regularización, la disponibilidad de recursos hídricos para la constitución de nuevos derechos y el caudal susceptible de ser destinado a fines no extractivos;
- d) Un plan de recuperación de acuíferos cuya sustentabilidad, en cuanto cantidad y/o calidad, incluyendo parámetros biológicos, físicos y químicos, se encuentre afectada o haya riesgo de afectación;
- e) Un plan para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de recursos hídricos con preferencia en el consumo humano y la conservación y preservación de la naturaleza. Se incluirá una evaluación por cuenca de la disponibilidad de implementar e innovar en nuevas fuentes para el aprovechamiento y la reutilización de aguas, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, tales como la restauración o conservación de humedales, riberas, bosque nativo, prácticas sustentables agrícolas, así como las mejores técnicas disponibles para la desalinización de agua de mar, la reutilización de aguas grises y servidas, la recarga artificial de acuíferos, la cosecha de aguas lluvias y otras que sean aplicables. Dicha evaluación incluirá un análisis de costos y beneficios de las distintas alternativas; la identificación de los potenciales impactos ambientales y sociales para una posterior evaluación, y las proyecciones de demanda a diez años, para consumo humano y la conservación y preservación de la naturaleza;
- f) Medidas concretas para hacer frente a los efectos adversos derivados del cambio climático, tales como sequías, inundaciones y pérdida de calidad de las aguas;

g) Los planes de manejo a los que hace referencia el artículo 42 de la ley N° 19.300, en el caso que se hayan dictado;

h) Un programa quinquenal para la ampliación, instalación, modernización y/o reparación de las redes de estaciones fluviométricas, meteorológicas, sedimentométricas, y la mantención e implementación de la red de monitoreo de calidad de las aguas superficiales y subterráneas, de niveles de pozos, embalses, lagos, glaciares y rutas de nieve, e

i) Indicadores anuales de cumplimiento de la planificación y avance de cada plan, identificando el organismo del Estado responsable de su implementación. Dicha información y la de los modelos conceptuales con sus códigos y escenarios de cambio climático que se generen en cada plan será de público acceso en una plataforma electrónica dispuesta al efecto.

Las medidas que deban ser implementadas por los órganos señalados en el inciso anterior podrán ser priorizadas en su respectivo ámbito de gestión, de acuerdo con su disponibilidad presupuestaria, e informadas al Ministerio de Obras Públicas.

Dichos planes deberán ser consistentes con las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables a que hace referencia el artículo 70, letra i), de la ley N° 19.300, la Estrategia Climática de Largo Plazo y el Plan de Adaptación de Recursos Hídricos.

Los Planes de Acción Regional de Cambio Climático deberán considerar los planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas cuando corresponda. Asimismo, dichos planes estratégicos deberán ser considerados en la elaboración y actualización de los instrumentos de planificación territorial y los planes regionales de ordenamiento territorial que sean aplicables.

Cuando los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas recaigan sobre cuencas transfronterizas, la Dirección General de Aguas remitirá a la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado el respectivo Plan, para el ejercicio de sus competencias.

Un reglamento expedido por decreto supremo del Ministerio de Obras Públicas establecerá el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, debiendo considerar al menos, una etapa de participación ciudadana de sesenta días hábiles.

10.3 Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial

Los Planes corresponden a instrumentos sectoriales, tal y como puede ser una estrategia regional de biodiversidad, o un plan de desarrollo energético. Sin embargo, no existe una mayor conexión con los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial. Si bien el Decreto



Nº469/2019, publicado en julio de 2021, aprueba la Política Nacional de Ordenamiento Territorial, está pendiente la discusión de la relación entre instrumentos y, sobre todo, de la regulación del uso del territorio fuera del contexto urbano. En particular, en la región existen potenciales conflictos por una eventual saturación del borde costero producto del desarrollo de plantas desaladoras de agua de mar. De ahí la necesidad de avanzar en un ordenamiento que favorezca acuerdos y consensos sobre el uso del territorio.

En este contexto, la gobernanza regional propuesta se superpone a los vacíos de planificación sectorial, ya que proporciona una instancia regional, al mismo tiempo que promueve acuerdos de uso del territorio en forma coordinada, acortando la brecha con los instrumentos de planificación territorial. Sin embargo, la misma gobernanza carece de un marco normativo y, para su funcionamiento, requiere de un acuerdo regional que le proporcione un financiamiento mínimo para los equipos técnicos requeridos, así como para los estudios de perfil y prefactibilidad que de ésta resulten.

En consecuencia, se requiere un avance coordinado del país en materia hídrica (aguas terrestres y marinas), en enfoques estratégicos (estrategias nacionales de recursos hídricos, minería, energía), y principalmente a nivel territorial, para una mejor gestión de los usos y sus externalidades, positivas y negativas.