

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

# **PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**REALIZADO POR:  
ICASS SpA**

**S.I.T. N°488**

**SANTIAGO, NOVIEMBRE DE 2021**

Para citar bibliográficamente este estudio, se recomienda hacerlo según el siguiente formato:

DGA, 2021. PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL. S.I.T. N° 488. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Realizado por ICASS SpA.

# MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Sr. Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas

Sr. Oscar Cristi Marfil

Jefe División Estudios y Planificación

Sr. Mauricio Lorca Miranda

Inspector Fiscal

Sr. Oscar López Arenas

Inspector Fiscal (S)

Sr. Carlos Flores Arenas

Sra. Ximena Molina Tudesca

Sr. Héctor Alfaro Stuardo

## INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN AGUAS SPA

Wolf von Igel, Geólogo, Hidrogeólogo, Jefe de Proyecto

### Profesionales:

Bernardo Capino D., Hidrogeólogo, Especialista calidad de agua y medio ambiente

Kirk Heatwole, Especialista modelación de aguas subterráneas

Mauricio Zambrano B., Especialista recursos hídricos y modelación integrada

Nicolás Jadue M., Especialista en economía

Constanza Jiménez R., Especialista SIG

Vivian Ahumada A., Especialista actividades de participación ciudadana

Fernando Pérez V., Asesor revisor

Adrián Lillo Z., Asesor coordinación

Paulina Rodríguez Ch., Profesional Proyecto

Cristóbal Soto E., Profesional Proyecto

José Bustamante E., Profesional Proyecto

Mauricio Vera C., Profesional Proyecto

John Munro G., Profesional Proyecto

Braulio Salgado F., Profesional Proyecto



## Tabla de Contenido General

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DEMANDA FÍSICA Y LEGAL.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>OFERTA HÍDRICA.....</b>	<b>11</b>
4.1	AGUAS SUPERFICIALES .....	12
	4.1.1 Oferta histórica en la fuente .....	12
	4.1.2 Oferta en la fuente proyectada.....	14
4.2	AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	16
	4.2.1 Stock.....	17
	4.2.2 Recarga .....	17
	4.2.3 Niveles .....	18
<b>5</b>	<b>BALANCE HÍDRICO .....</b>	<b>20</b>
5.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	20
5.2	SITUACIÓN PROYECTADA .....	23
5.3	BRECHA HÍDRICA .....	26
5.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	27
<b>6</b>	<b>ACCIONES.....</b>	<b>30</b>
6.1	EJES Y OBJETIVOS PARA EL PEGH.....	30
6.2	CARTERA DE INICIATIVAS DE INVERSIÓN VIGENTES .....	30
6.3	PROBLEMÁTICAS LEVANTADAS SEGÚN EJES .....	31
6.4	RANKING DE PROBLEMAS SEGÚN VOTACIONES EN TALLERES .....	32
6.5	ACCIONES PRESENTADAS EN PAC .....	33
6.6	INICIATIVAS ADICIONALES A PARTIR DEL DIAGNÓSTICO Y DE LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN	35
<b>7</b>	<b>CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS .....</b>	<b>37</b>
7.1	LISTADO DEFINITIVO DE INICIATIVAS PARA INCORPORAR AL PEGH.....	37
7.2	CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES.....	40
7.3	VALORIZACIÓN DEL PLAN.....	40
<b>8</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN .....</b>	<b>44</b>
8.1	ESTRUCTURA DEL PLAN DE GESTIÓN .....	44
8.2	PLAZOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	44
8.3	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN .....	44

8.4	GOBERNANZA DEL PLAN ESTRATÉGICO.....	46
8.5	ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN .....	47
<b>9</b>	<b>MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN .....</b>	<b>49</b>
9.1	PLAN DE MONITOREO .....	49
9.2	MECANISMOS DE EVALUACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3-1	RESUMEN DE DEMANDAS ACTUALES SEGÚN USO CONSIDERADAS EN LA MODELACIÓN. ....	9
TABLA 3-2	RESUMEN DE DEMANDAS FUTURAS (2050) SEGÚN USO CONSIDERADAS EN LA MODELACIÓN. ....	10
TABLA 3-3	RESUMEN DE DAA SEGÚN USO POR SHAC.....	10
TABLA 4-1	OFERTA HÍDRICA EN LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL [M <sup>3</sup> /S] (1996-2020). .....	13
TABLA 4-2	OFERTA SUPERFICIAL PARA DIFERENTES PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA [M <sup>3</sup> /S] (1996- 2020).....	14
TABLA 4-3	OFERTA HÍDRICA EN LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL [M <sup>3</sup> /S] (2021-2050). .....	15
TABLA 4-4	OFERTA SUPERFICIAL PARA DIFERENTES PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA [M <sup>3</sup> /S] (2021- 2050).....	16
TABLA 4-5	VOLUMEN ALMACENADO EN EL CADA SHAC PARA PERIODO FINAL DE SIMULACIÓN. ....	17
TABLA 4-6	ESTIMACIÓN DE RECARGA MEDIA ANUAL EN LOS SHAC DE LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL (1996 – 2020).....	18
TABLA 5-1	BALANCE SUBTERRÁNEO ACUÍFERO SECTOR YALI MEDIO-SUPERIOR. ....	22
TABLA 5-2	BALANCE SUBTERRÁNEO ACUÍFERO SECTOR YALI MEDIO-SUPERIOR, PERIODO FUTURO (2021 – 2050), DESDE MODELO WEAP. ....	25
TABLA 5-3	BRECHAS DE DEMANDA PROMEDIO ENTRE 1996-2020. ....	26
TABLA 5-4	BRECHAS DE DEMANDA PROMEDIO 2020. ....	26
TABLA 5-5	BALANCE SUBTERRÁNEO ACUÍFERO SECTOR YALI MEDIO-SUPERIOR PARA CADA ESCENARIO DE MODELACIÓN FUTURO.....	29
TABLA 6-1	EJES Y OBJETIVOS PROPUESTOS PARA PEGH DE CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL. .....	30
TABLA 6-2.	INICIATIVAS PÚBLICAS EN CARTERA DE INVERSIONES: APR. ....	31
TABLA 6-3	LISTADO DE PROBLEMAS LEVANTADOS (32) PARA CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL, SEGÚN 4 EJES. ....	31
TABLA 6-4	LISTADO DE PROBLEMÁTICAS PRIORIZADAS (14) POR ACTORES LOCALES.....	33

TABLA 6-5 IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES PARA PRESENTAR EN ACTIVIDADES PAC.....	34
TABLA 6-6 RESUMEN DE RECOMENDACIONES DESDE EL DIAGNÓSTICO Y LA MODELACIÓN DESARROLLADA. .....	36
TABLA 7-1 LISTADO FINAL DE INICIATIVAS A INCORPORAR EN EL PEGH. ....	37
TABLA 7-2 LISTADO FINAL DE INICIATIVAS A INCORPORAR EN EL PEGH CON PLAZOS, COSTOS Y RESPONSABLES. ....	38
TABLA 7-3 RESUMEN DE INVERSIÓN POR ENTIDAD RESPONSABLE. ....	41
TABLA 7-4 COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE) Y VALOR DE COSTO (VAC) ASOCIADOS A LAS INICIATIVAS PRIORIZADAS. ....	42
TABLA 9-1 PLAN DE MONITOREO DE PEGH. ....	51

## Índice de Figuras

FIGURA 2-1 CARACTERIZACIÓN DE LAS SUBCUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL, SUBCUENCA ESTERO EL PEUCO, SUBCUENCA ESTERO YALI Y SUBCUENCA ESTERO MAITENLAHUE.....	4
FIGURA 2-2 HIDROGRAFÍA DE LAS CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL. ....	5
FIGURA 2-3 SHACs EN CUENCAS COSTERAS ENTRE MAIPO Y RAPEL. ....	6
FIGURA 4-1 DOMINIOS DE MODELACIÓN. ....	11
FIGURA 4-2 CAUDALES MEDIOS ANUALES EN LOS PUNTOS DE SALIDA DE LA SUBCUENCA ESTERO YALI, EL PEUCO Y ESTERO MAITENLAHUE [m <sup>3</sup> /s] (1996-2020). ....	12
FIGURA 4-3 CURVAS DE PROBABILIDAD DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL (1996-2020). ....	13
FIGURA 4-4 CAUDALES MEDIOS ANUALES EN LOS PUNTOS DE SALIDA DE LA SUBCUENCA ESTERO YALI, EL PEUCO Y ESTERO MAITENLAHUE [m <sup>3</sup> /s] (2021-2050). ....	14
FIGURA 4-5 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES [m <sup>3</sup> /s] (2021-2050). ....	16
FIGURA 4-6 EVOLUCIÓN DEL STOCK EN PERIODO HISTÓRICO (1996-2020). ....	17
FIGURA 4-7 EVOLUCIÓN DE NIVELES EN EL TIEMPO EN POZOS DGA. ....	19
FIGURA 4-8 EVOLUCIÓN DE NIVELES EN EL TIEMPO EN POZOS DE LA CUENCA.....	19
FIGURA 5-1 CAUDALES MENSUALES PERIODO HISTÓRICO (1996 – 2020) EN RÉGIMEN INTERVENIDO, SUBCUENCAS YALI MEDIO-SUPERIOR Y YALI EN DESEMBOCADURA. ....	20
FIGURA 5-2 CAUDALES MENSUALES PERIODO HISTÓRICO (1996 – 2020) EN RÉGIMEN INTERVENIDO, SUBCUENCAS MAITENLAHUE, EL PEUCO, LAGUNA LAS MATANZAS (QDA. LAS ROSAS) Y LAGUNA LOS MOLLES (QDA. MAITENES).....	20
FIGURA 5-3 AJUSTE OBTENIDO DE NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL MODELO ACOPLADO WEAP- MODFLOW. ....	21

FIGURA 5-4 FLUJOS SUBTERRÁNEOS ACUÍFERO SECTOR YALI MEDIO-SUPERIOR, PERIODO HISTÓRICO 1996 – 2020. ....	23
FIGURA 5-5 CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL, ESTEROS EL PEUCO(A), MAITENLAHUE (B) Y EL YALI (C Y D), PERIODO HISTÓRICO (1996 – 2020) Y FUTURO (2021 - 2050).....	24
FIGURA 5-6 FLUJOS SUBTERRÁNEOS ACUÍFERO SECTOR YALI MEDIO-SUPERIOR, PERIODO FUTURO 2021 – 2050.....	25
FIGURA 5-7 CAUDAL SUPERFICIAL EN EL PUNTO DE SALIDA DEL DOMINIO DEL YALI MEDIO-SUPERIOR. .	28
FIGURA 5-8 CAUDAL DISPONIBLE PARA RECARGA ADICIONAL HACIA EL SISTEMA ACUÍFERO, BAJO UN REQUERIMIENTO DE 100 L/S PARA LOS MESES DE JUNIO A AGOSTO. ....	28
FIGURA 7-1 CRONOGRAMA DE INICIATIVAS DEL PEGH .....	41
FIGURA 7-2 ESQUEMA DE INVERSIÓN POR ENTIDAD RESPONSABLE.....	42
FIGURA 8-1 ESQUEMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PEGH. ....	45
FIGURA 8-2 ESQUEMA DE GOBERNANZA PARA EL PEGH .....	47
FIGURA 8-3 ESTRATEGIA COMUNICACIONAL PEGH.....	48

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Introducción

Los Planes Estratégicos de Gestión Hídrica (PEGH) de la Dirección General de Aguas (DGA), se enmarcan dentro de una estrategia que propone un nuevo enfoque de gestión por cuenca, que proporcione conocimiento y diagnóstico para formular planes de corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las necesidades propias de cada cuenca, para formular una hoja de ruta realizable y medible, para hacer frente a los desafíos que enfrenta Chile para gestionar el agua.

El presente PEGH se encarga de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, cuencas emplazadas en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, de régimen netamente pluvial y cuyo principal uso del agua corresponde al agrícola.

## 1.2 Objetivos

El objetivo general del presente estudio es proponer un plan estratégico indicativo para las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, que permita conocer 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 sus distintos usos.

Los objetivos específicos del estudio son:

**O1:** Conocer el estado actual de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel en cuanto a oferta hídrica, demanda hídrica, balance de agua (tanto en cuanto a Derechos de Aprovechamiento de Aguas, como a demandas de agua) y sus respectivas herramientas de cálculo y estimación (modelos), control de extracciones, calidad bio-físico-química de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, gobernanza y gestión del agua a nivel de la(s) cuenca(s), y red hidrométrica superficial, subterránea y de calidad.

**02:** Construir y calibrar un modelo de simulación hidrológico superficial-subterráneo, acoplado a la plataforma WEAP-MODFLOW, para simular la hidrología histórica, escenarios de gestión y adaptación al cambio climático.

**03:** Determinar acciones para restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural y urbana, por tipo de usuario tanto para fuentes superficiales como subterráneas.

**04:** Diagnosticar el estado de la calidad de aguas de las fuentes superficiales y subterráneas. Definir acciones para proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua superficiales y acuíferos en el tiempo.

**05:** Diagnosticar el estado de la infraestructura hidráulica presente (estado de funcionamiento, la antigüedad y confiabilidad de los sistemas) y proponer acciones para mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo).

**06:** Identificar las brechas entre oferta y demanda de agua en distintos escenarios de cambio climático, sequía e inundaciones, estableciendo un portafolio de acciones (estrategias de gestión) para reducirlas estableciendo un caso base y distintos escenarios para la evaluación.

**07:** Entregar estrategias para mejorar la toma de decisiones, mediante la utilización de modelos operativos de gestión, los cuales deberán tener escenarios de planificación a corto, mediano y largo plazo, y ser adaptativos en el tiempo.

**08:** Entregar estrategias para promover la conformación de las Organizaciones de Usuarios y fortalecer las existentes, promover y revitalizar la alianza público-privada, contemplando aspectos de gobernanza, plataformas de servicios de información y mercado de derechos de agua, para así incrementar cualitativamente la inversión requerida en infraestructura e investigación.

## 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel cubren un área de 1.072,5 km<sup>2</sup>. La mitad (55%) superior y oriental de la cuenca se emplaza en la Región Metropolitana y la mitad (45%) inferior y occidental en la Región de Valparaíso. La cuenca abarca un 3,5% del territorio de la Región Metropolitana y un 3,3% de la Región de Valparaíso respectivamente.

La cuenca se divide en tres subcuencas:

- i.) La subcuenca Estero Yali, de 807,1 km<sup>2</sup>,
- ii.) La subcuenca Estero Maitenlahue, de 179,8 km<sup>2</sup>, y
- iii.) La subcuenca Estero El Peuco, de 85,6 km<sup>2</sup>.

La cuenca, su subdivisión en subcuencas y las principales localidades se ilustran en la Figura 2-1. En las proximidades del borde costero de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, se emplazan una serie de lagunas naturales y artificiales, las que se ilustran en la Figura 2-2 junto con los principales cauces.

Para administrar los recursos hídricos subterráneos, la DGA define sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC). En las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel se han definido un total de 9 SHAC, que por subcuenca se distribuyen en:

- Subcuenca Estero Yali: Yali Alto, San Vicente, Yali Medio, Las Loicas, Las Diucas, San Pedro y Yali Bajo El Prado.
- Subcuenca Estero El Peuco: Rocas de Santo Domingo.
- Subcuenca Estero Maitenlahue: Maitenlahue.

Los diferentes SHAC por subcuenca se presentan en la Figura 2-3.

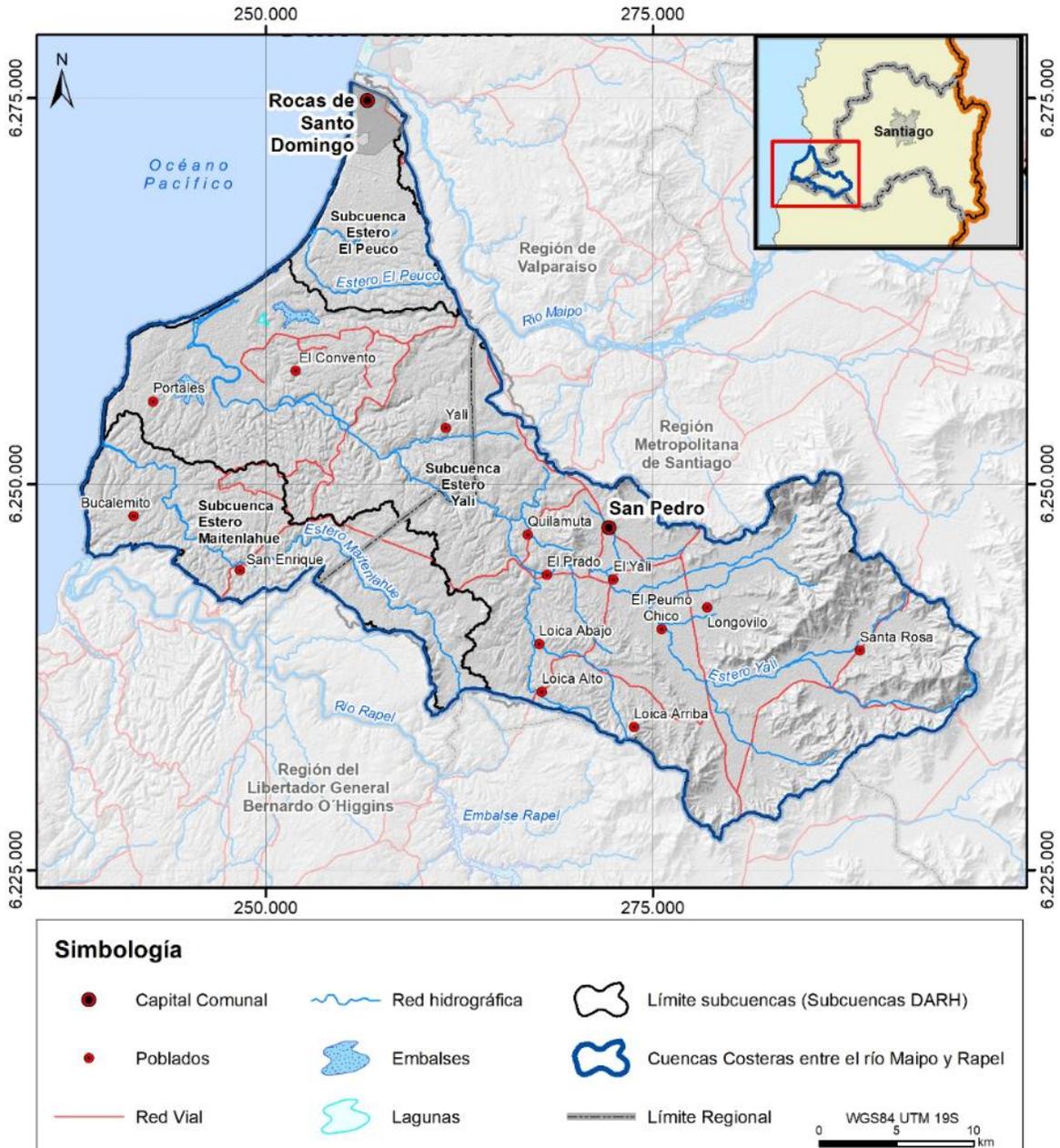
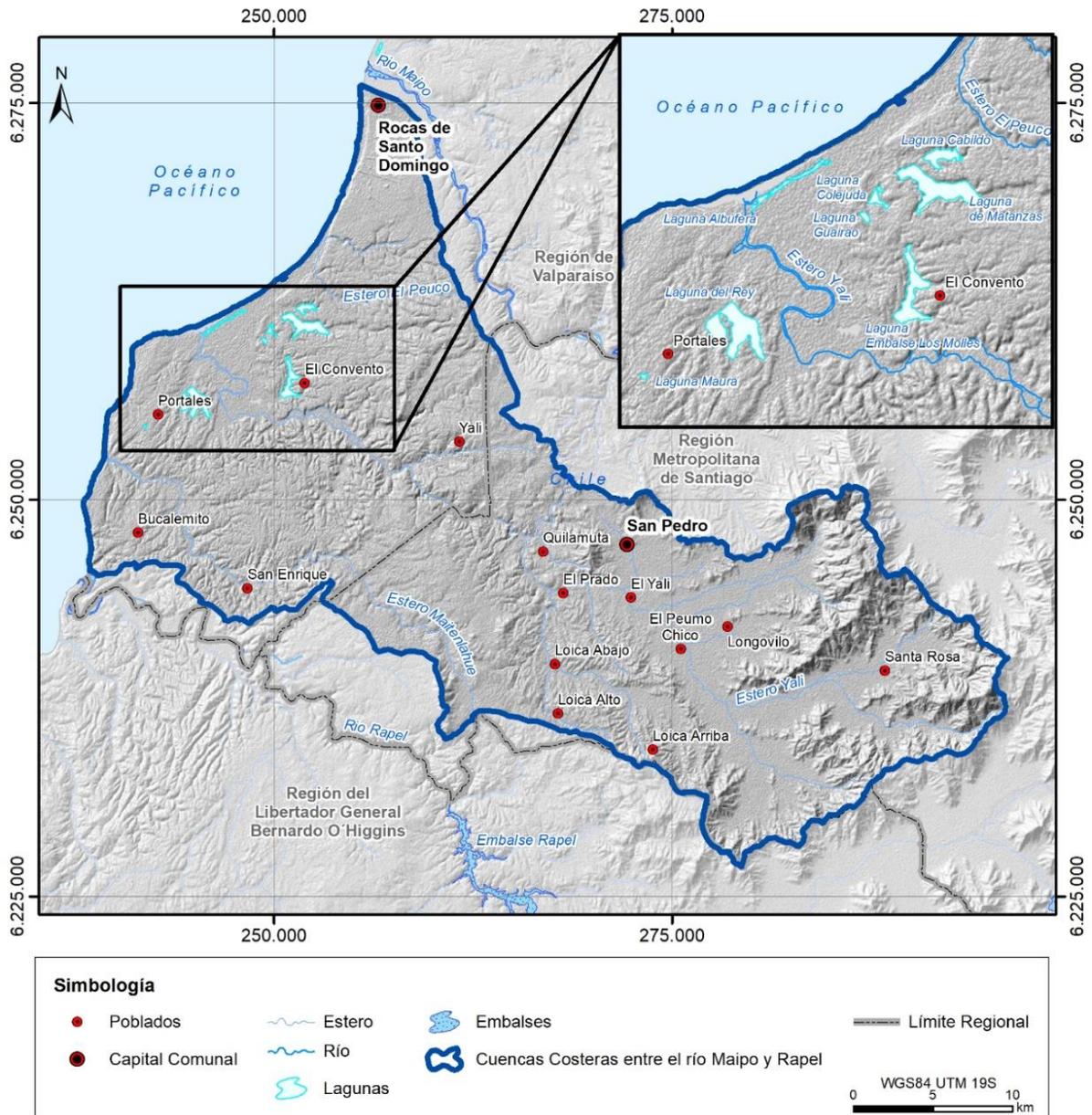


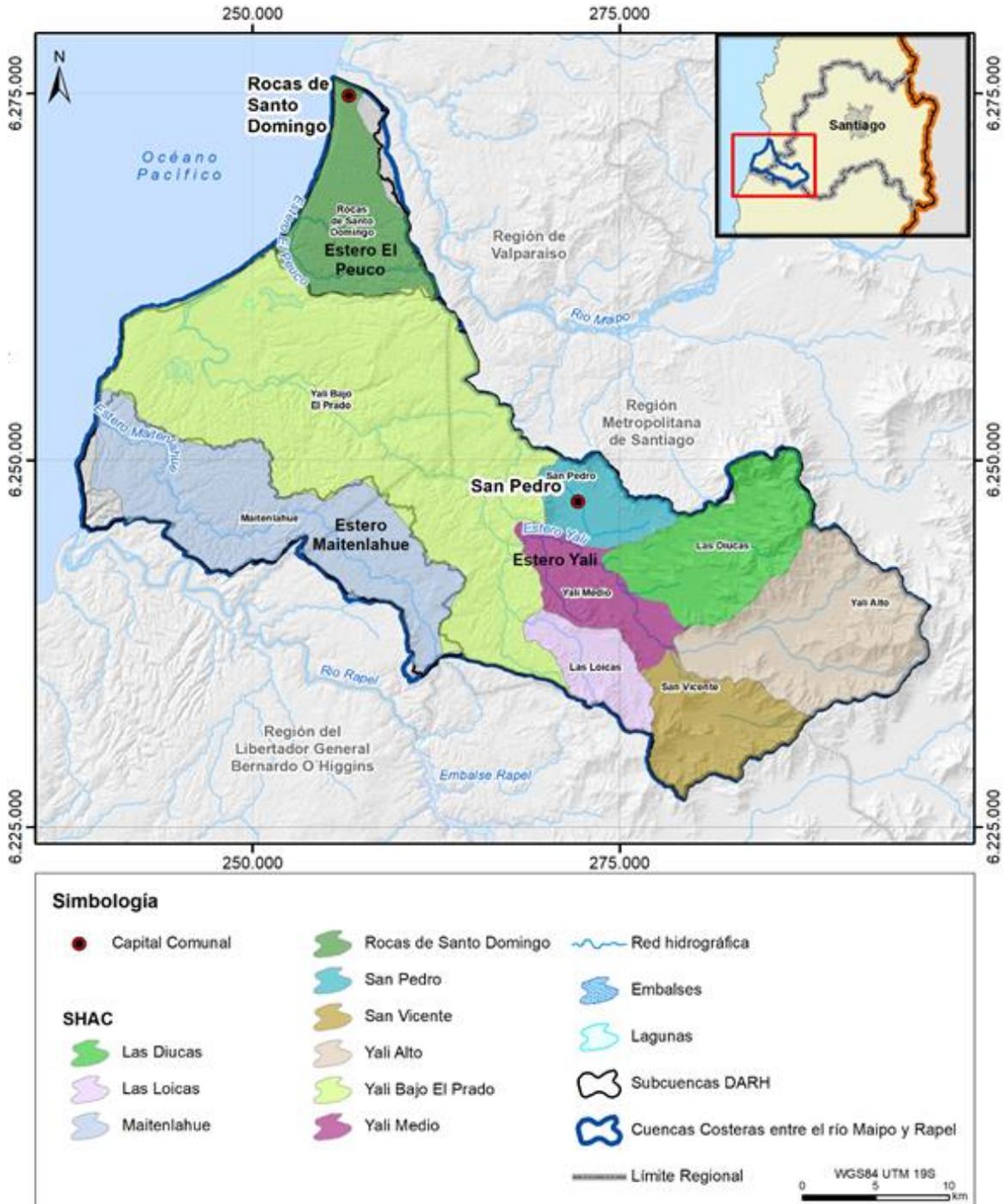
Figura 2-1 Caracterización de las subcuencas Costeras entre Maipo y Rapel, Subcuenca Estero El Peuco, Subcuenca Estero Yali y Subcuenca Estero Maitenlahue.

Fuente: Mapoteca DGA.



**Figura 2-2 Hidrografía de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel.**

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA 2021, IDE Ministerios de Bienes Nacionales 2021.



**Figura 2-3 SHACs en cuencas Costeras entre Maipo y Rapel.**

Fuente: Elaboración Propia a partir de DGA (2002) y Mapoteca DGA abril 2021.

En el sector costero de la subcuenca Estero Yali se emplaza la Reserva Nacional El Yali, cuya superficie alcanza las 520,37 ha. Según CONAF (2009) la Reserva Nacional El Yali

tiene por objetivo: i.) la conservación de poblaciones de una alta variedad de especies, ii.) la recuperación y preservación de especies de fauna con problemas de conservación, iii.) la conservación del recurso hídrico contenido en las Lagunas Matanzas, Colejuda y Laguna Costera o Albufera, por su vital importancia en los procesos biológicos de la avifauna del sector y como componente del paisaje, iv.) la conservación de la flora silvestre, representada por el Matorral Espinoso de los Lomajes Costeros o Matorral Espinoso del Secano Costero, y v.) la conservación del recurso suelo y la preservación de la integridad del paisaje natural.

En términos de la infraestructura hidráulica existente, las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel presentan pequeñas obras de acumulación de agua de riego que sirven para suplir demandas localizadas, así como también canales de menor longitud que en su mayoría se asocian a estas obras. La principal infraestructura hidráulica corresponde a captaciones subterráneas, las que se distribuyen en toda la cuenca, pero que en el caso de los SHACs San Vicente, Yali Alto, Las Diucas, Las Loicas y Yali Medio se emplazan principalmente siguiendo la línea de los cauces principales.

El monitoreo hidrometeorológico en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel es caracterizado por 5 estaciones meteorológicas de distintos propietarios (DGA, DMC, INIA, FDF), 2 pozos DGA de monitoreo rutinario de niveles, 1 punto de monitoreo de calidad de aguas superficiales DGA actualmente suspendido y 4 puntos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas correspondientes a APR de la cuenca. Se destaca la inexistencia de estaciones fluviométricas.

Con los registros rutinarios disponibles de calidad de aguas y considerando los umbrales para concentraciones de distintos parámetros definidos en la Norma Chilena de Agua Potable NCh409/1.Of2005 y la Norma Chilena N°1.333/1978, que establece estándares nacionales de calidad ambiental según el uso dado al recurso, entre ellos, el agua destinada a riego, es posible señalar que en todos los puntos de monitoreo se exceden solo puntualmente algunos de los límites de una o ambas normas.

### **3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL**

El cálculo de la demanda física y legal se desarrolló según el uso que se le da al recurso, considerando los siguientes: Agua Potable Urbana (APU), Agua Potable Rural (APR), Agrícola, Bebida/Usos Domésticos/Saneamiento, Necesidades ambientales y Otros Usos. Los supuestos de cálculo de la demanda por uso son los siguientes:

- APU: La demanda histórica se obtiene del registro de extracciones realizadas por la empresa sanitaria Coopagua Santo Domingo según información de la SISS. La demanda proyectada considera un crecimiento estimado del 1,5% anual según lo informado por la sanitaria a la SISS.
- APR: La cuenca posee 8 APRs. La demanda de agua potable rural se obtuvo a partir de la información proveniente del estudio de Sustentabilidad de asentamientos humanos rurales en Chile, Análisis desde los comités de agua potable rural en la cuenca del Maipo y la subcuenca Estero Yali (DGA, 2019b), que estima la demanda agua potable rural en base a número de beneficiarios, entregando proyecciones futuras de demanda para cada APR.
- Bebida/Usos Domésticos/Saneamiento: Considera aquellas demandas no incluidas en los APU y APR y se asocian a derechos de personas naturales que utilizan el recurso para el consumo propio, así como también se incluyeron los derechos asociados a la empresa Aquagest, una empresa sanitaria que abastece al Condominio Las Brisas de Santo Domingo. La demanda histórica se estimó en base a los DAA asociados a este uso, ponderados por un factor de uso de 0,7. La demanda proyectada considera un crecimiento a una tasa del 1,2% anual de este uso.
- Necesidades ambientales: Se ha estimado la demanda evapotranspirativa asociada al sistema de humedales costeros de la cuenca considerando las variables hidrometeorológicas históricas y futuras de la cuenca, considerando la superficie de humedales.
- Demanda agrícola: La demanda agrícola es la de mayor importancia en términos del caudal demandado en la cuenca. Su estimación en el período histórico se basa en la definición de zonas de riego según mapa de uso de suelo de CONAF (2019) y mapa de cobertura de suelo de Zhao et al (2016); la definición de tipos de cultivo según censos agropecuarios, catastros frutícolas e información de la municipalidad de San Pedro; la definición de coeficientes de cultivos; y la

eficiencia de riego estimada de los censos agropecuarios. La demanda agrícola futura considera las mismas superficies de riego, tipo de cultivo, eficiencias de riego y coeficientes de cultivo de la situación actual, variando los resultados de la demanda únicamente producto de la hidrología futura definida.

- Otros usos: En esta clasificación se agrupan todos los DAA cuyo uso declarado en el CPA corresponde a "otros usos", así como también todos aquellos DAA con "uso" vacío que no pudieron ser declarados como "APR", "Bebida/uso doméstico/saneamiento" o "riego". Se aprecia del listado de DAA asociados a "Otros Usos" que varios de los nombres solicitantes de los DAA se asocian a la actividad Pecuaria, tales como Ariztía o Agrosuper. Sin embargo, otros nombres se refieren a particulares, como por ejemplo club de golf e inmobiliarias. La demanda histórica asociada a este uso se definió en base a los DAA inscritos en el CPA, cuya categoría se definió como "otros usos", ponderado por un factor de uso de 0,5. Esta demanda se ha considerado constante para el período futuro.

Las demandas por uso y por SHAC para el año 2020 y 2050 se presentan en las Tabla 3-1 y Tabla 3-2.

**Tabla 3-1 Resumen de demandas actuales según uso consideradas en la modelación.**

SHAC	Demanda 2020 [l/s]					
	APU	APR	NA (*)	Agrícola	Bebida/Sanitario/Usos Humanos	Otros Usos
Rocas de Santo Domingo	18,3	0,0	0,0	192,9	43,4	62,5
Las Diucas	0,0	0,0	0,0	205,4	0,0	0,0
Las Loicas	0,0	1,3	0,0	280,7	1,8	0,0
Maitenlahue	0,0	2,7	0,0	135,0	0,4	0,0
San Pedro	0,0	2,2	0,0	88,2	3,1	21,3
San Vicente	0,0	0,0	0,0	340,9	40,6	0,0
Yali Alto	0,0	0,9	0,0	432,2	20,1	0,0
Yali Bajo El Prado	0,0	6,8	30,0	340,1	26,2	213,7
Yali Medio	0,0	0,0	0,0	421,7	0,4	1,9
<b>Total</b>	<b>18,3</b>	<b>13,9</b>	<b>30,0</b>	<b>2437,2</b>	<b>135,7</b>	<b>299,3</b>

(\*) NA: Necesidades ambientales asociadas a humedal El Yali.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3-2 Resumen de demandas futuras (2050) según uso consideradas en la modelación.**

SHAC	Demanda 2050 [l/s]					
	APU	APR	NA (*)	Agrícola	Bebida/Sanitario/Usos Humanos	Otros Usos
Rocas de Santo Domingo	28,6	0,0	0,0	262,1	62,0	62,5
Las Diucas	0,0	0,0	0,0	201,9	0,0	0,0
Las Loicas	0,0	1,8	0,0	308,1	2,5	0,0
Maitenlahue	0,0	28,2	0,0	141,4	0,5	0,0
San Pedro	0,0	2,9	0,0	88,1	4,4	21,3
San Vicente	0,0	0,0	0,0	354,3	58,1	0,0
Yali Alto	0,0	4,2	0,0	450,7	28,7	0,0
Yali Bajo El Prado	0,0	14,3	32,0	367,1	37,4	213,7
Yali Medio	0,0	0,0	0,0	451,1	0,5	1,9
<b>Total</b>	<b>28,6</b>	<b>51,4</b>	<b>32,0</b>	<b>2624,9</b>	<b>194,1</b>	<b>299,3</b>

(\*) NA: Necesidades ambientales asociadas a humedal El Yali.

Por su parte, la demanda legal se obtuvo a partir de la revisión de los DAA inscritos en el CPA, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3-3.

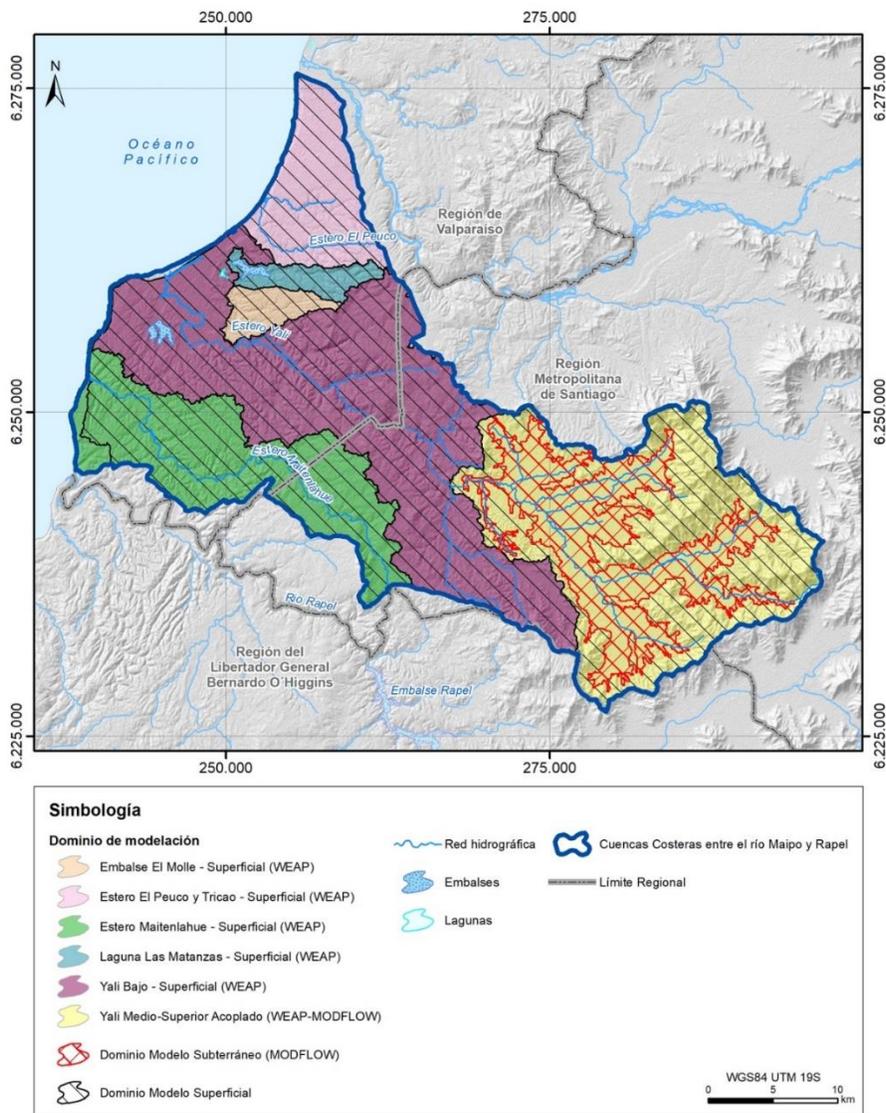
**Tabla 3-3 Resumen de DAA según uso por SHAC.**

SHAC	Derechos 2020 [l/s]				
	APU	APR	Agrícola	Bebida/Sanitario/Usos Humanos	Otros Usos
Rocas de Santo Domingo	87,0	-	128,5	61,94	124,9
Las Diucas	-	-	669,2	-	-
Las Loicas	-	16,5	117,3	2,5	-
Maitenlahue	-	3,0	186,1	0,5	-
San Pedro	-	31,5	272,8	4,4	42,5
San Vicente	-	-	559,5	58	-
Yali Alto	-	-	1343,5	28,7	-
Yali Bajo	-	1,6	1214,6	37,37	427,5
Yali Medio	-	-	434,3	0,5	3,7
<b>Total</b>	<b>87,0</b>	<b>52,6</b>	<b>4925,7</b>	<b>193,9</b>	<b>598,6</b>

Fuente: Elaboración Propia con información del CPA (2021).

## 4 OFERTA HÍDRICA

En primer lugar, la Figura 4-1 presenta los dominios de modelación superficial y subterráneo en los cuales se estima la oferta y balance hídrico. Cabe señalar que el dominio del modelo subterráneo sólo considera el acuífero definido por los SHACs de San Pedro, Yali Medio, Las Diucas, Yali Alto y San Vicente, debido a la falta de información hidrogeológica base para caracterizar adecuadamente los otros SHACs pertenecientes a las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel.



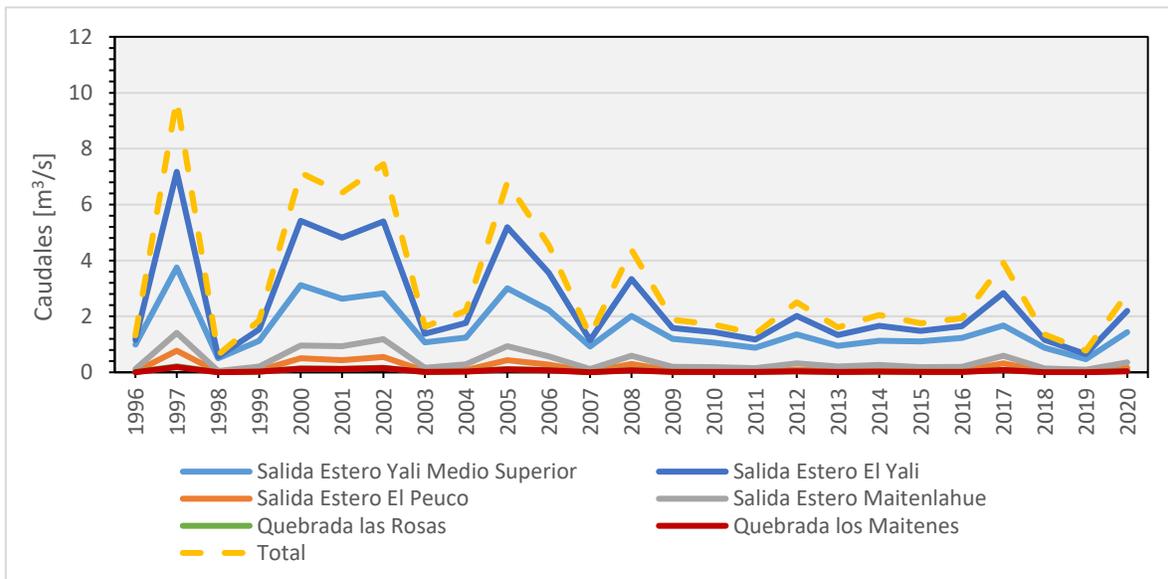
**Figura 4-1 Dominios de Modelación.**

Fuente: Elaboración propia.

## 4.1 Aguas superficiales

### 4.1.1 Oferta histórica en la fuente

Para la estimación de caudales en régimen natural se utilizó el modelo WEAP desarrollado en presente estudio. En la Figura 4-2 se muestra la evolución histórica de la oferta hídrica de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel. Los valores entregados corresponden a la desembocadura de las subcuencas Estero El Peuco, Maitenlahue, Estero Yali, donde además se entrega el valor en la salida del Yali Medio-Superior y de las quebradas Los Maitenes y Las Rosas que desembocan en la laguna Las Matanzas y el embalse El Molle, respectivamente. En los resultados se observa una tendencia a la disminución de la oferta hídrica durante todo el período de modelación, la cual se intensifica en la última década.



**Figura 4-2 Caudales medios anuales en los puntos de salida de la subcuenca Estero Yali, El Peuco y Estero Maitenlahue [m³/s] (1996-2020).**

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

En la Tabla 4-1 se presenta la variación mensual de oferta hídrica de las cuencas Costeras entre el Maipo y Rapel para el periodo 1996-2020.

**Tabla 4-1 Oferta hídrica en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel [m<sup>3</sup>/s] (1996-2020).**

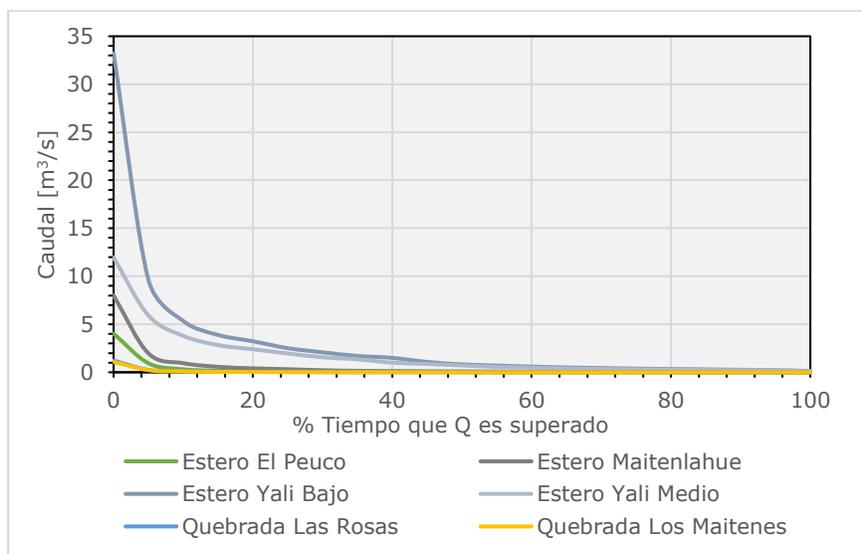
Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Salida Estero Yali Medio-Superior	0,36	0,42	0,25	0,28	0,68	2,86	3,98	3,83	2,83	1,57	0,94	0,53	1,54
Salida Estero Yali	0,45	0,49	0,30	0,35	1,16	6,00	6,71	6,91	3,56	1,80	1,08	0,65	2,45
Salida Estero Peuco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,53	0,56	0,70	0,21	0,08	0,03	0,00	0,18
Salida Estero Maitenlahue	0,06	0,05	0,03	0,03	0,21	1,17	1,18	1,42	0,46	0,18	0,10	0,07	0,41
Quebrada las Rosas	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,17	0,16	0,20	0,05	0,01	0,01	0,01	0,06
Quebrada los Maitenes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,14	0,18	0,05	0,01	0,00	0,00	0,05
<b>Total</b>	<b>0,52</b>	<b>0,55</b>	<b>0,34</b>	<b>0,39</b>	<b>1,46</b>	<b>8,01</b>	<b>8,75</b>	<b>9,41</b>	<b>4,34</b>	<b>2,08</b>	<b>1,22</b>	<b>0,73</b>	<b>3,15</b>

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

Se aprecia en los resultados que la oferta hídrica total de la cuenca suma un total de 3,15 m<sup>3</sup>/s, y está dada principalmente por la cuenca Estero Yali.

Se presenta en la Figura 4-3 la oferta de caudales superficiales asociada a distintas probabilidades de excedencia. Se incluyen en la Tabla 4-2 los valores de caudal de probabilidades de excedencia de 5%, 25%, 50% y 80%, asociadas a un año muy húmedo, húmedo, normal y seco, respectivamente. La oferta sustentable, asociada a un año normal, con una probabilidad de excedencia del 50%, corresponde a un total en la cuenca de 0,95 m<sup>3</sup>/s, y en particular para el estero Yali, a 0,82 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 4-3 Curvas de probabilidad de la oferta hídrica superficial (1996-2020).**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4-2 Oferta superficial para diferentes probabilidades de excedencia [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (1996-2020).**

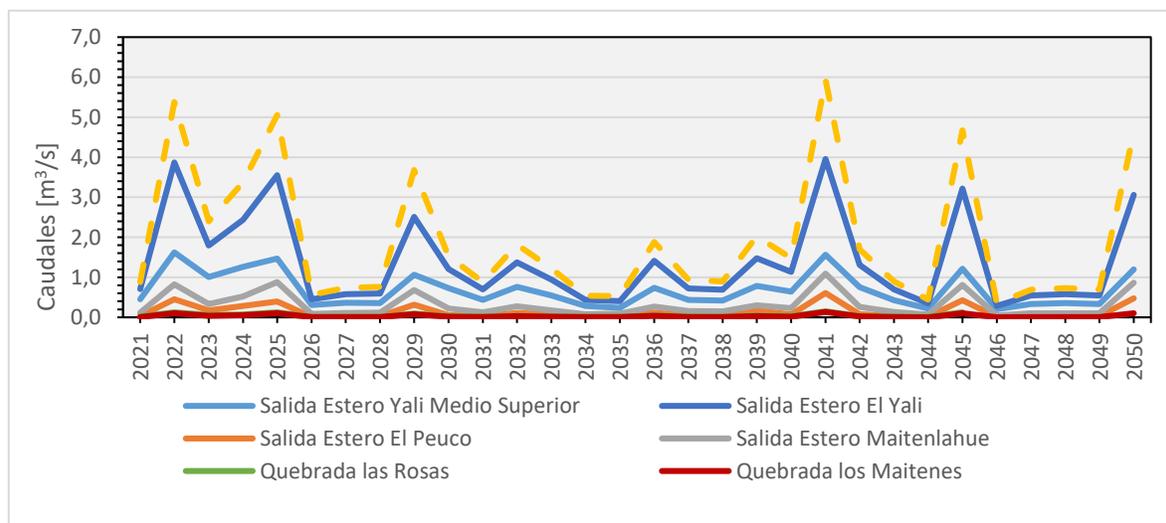
Subcuenca	Probabilidad de excedencia			
	5%	25%	50%	85%
Estero El Peuco	0,94	0,09	0,03	0
Estero Maitenlahue	1,97	0,32	0,09	0,03
Estero Yali Bajo	9,64	2,51	0,82	0,3
Estero Yali Medio	5,92	1,96	0,71	0,24
Quebradas Las Rosas	0,25	0,03	0,01	0
Estero Los Maitenes	0,23	0,02	0	0
<b>Total (*)</b>	13	2,97	0,95	0,33

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

#### 4.1.2 Oferta en la fuente proyectada

En la Figura 4-4 se muestra la evolución de la oferta hídrica a para el periodo 2021-2050. Estos resultados muestran que para el período 2030 – 2040 la oferta promedio anual en toda la cuenca no superará los  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , llegando en este período a valores mínimos medios anuales de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Durante la siguiente década, los años 2044 y 2046 son los de menor oferta disponible, con un valor medio anual de  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Figura 4-4 Caudales medios anuales en los puntos de salida de la subcuenca Estero Yali, El Peuco y Estero Maitenlahue [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] (2021-2050).**

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

En la Tabla 4-3 se presenta la variación mensual de oferta hídrica de las cuencas Costeras entre el Maipo y Rapel para el periodo 2021-2050.

**Tabla 4-3 Oferta hídrica en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel [m<sup>3</sup>/s] (2021-2050).**

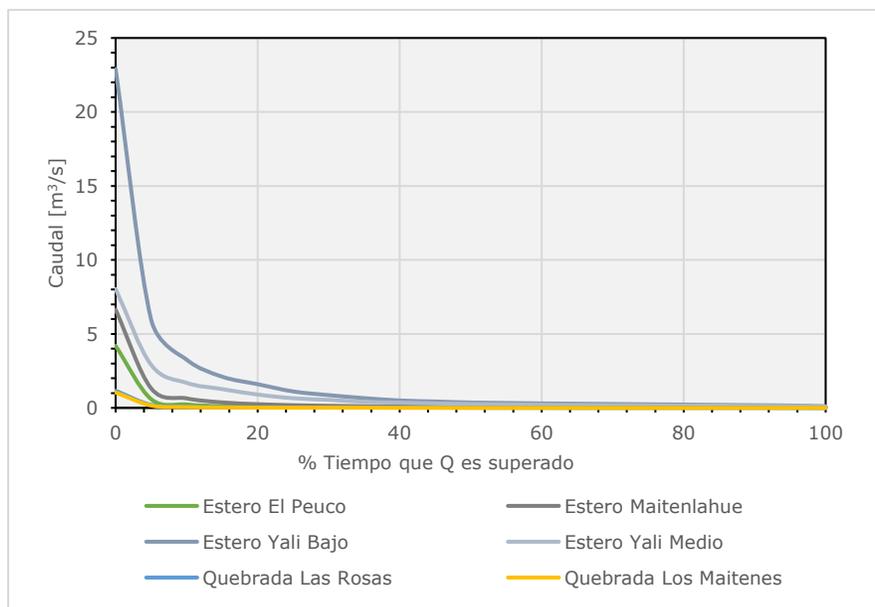
Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Salida Estero Yali Medio-Superior	0,19	0,19	0,15	0,18	0,29	0,93	1,76	1,88	1,45	0,60	0,32	0,23	0,68
Salida Estero Yali	0,28	0,25	0,19	0,28	0,59	2,39	3,73	4,73	2,52	0,76	0,45	0,33	1,38
Salida Estero Peuco	0,00	0	0,01	0,01	0,03	0,185	0,36	0,674	0,3	0,06	0,02	0,00	0,14
Salida Estero Maitenlahue	0,07	0,06	0,04	0,05	0,12	0,534	0,74	1,134	0,59	0,13	0,09	0,07	0,30
Quebrada las Rosas	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,076	0,11	0,184	0,06	0,01	0,01	0,02	0,04
Quebrada los Maitenes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,041	0,09	0,165	0,07	0,01	0,00	0,00	0,03
<b>Total</b>	<b>0,36</b>	<b>0,32</b>	<b>0,26</b>	<b>0,35</b>	<b>0,75</b>	<b>3,23</b>	<b>5,02</b>	<b>6,9</b>	<b>3,55</b>	<b>0,96</b>	<b>0,58</b>	<b>0,42</b>	<b>1,89</b>

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

Se aprecia en los resultados que la oferta hídrica total de la cuenca suma un total de 1,89 m<sup>3</sup>/s, y está dada principalmente por la cuenca Estero Yali.

En la Figura 4-5 se muestran las curvas de duración de los caudales medios mensuales para el periodo futuro 2021-2050, para los distintos cauces. Además, se incluyen en la Tabla 4-4 los valores de caudal de probabilidades de excedencia de 5%, 25%, 50% y 80%, asociadas a un año muy húmedo, húmedo, normal y seco, respectivamente. La oferta sustentable para la cuenca completa, asociada a un año normal, con una probabilidad de excedencia del 50%, es menor a 0,46 m<sup>3</sup>/s, vale decir -0,49 m<sup>3</sup>/s que en el periodo histórico. Esto representa un descenso cercano al 52%.



**Figura 4-5 Curva de duración de caudales medios mensuales [m³/s] (2021-2050).**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4-4 Oferta superficial para diferentes probabilidades de excedencia [m³/s] (2021-2050).**

Subcuenca	Probabilidad de excedencia			
	5%	25%	50%	85%
Estero El Peuco	0,59	0,07	0,02	0
Estero Maitenlahue	1,32	0,18	0,07	0,04
Estero Yali Bajo	5,97	1,11	0,36	0,2
Estero Yali Medio	2,91	0,65	0,26	0,15
Quebradas Las Rosas	0,2	0,02	0,01	0,01
Estero Los Maitenes	0,16	0,01	0	0
Total (*)	8,24	1,39	0,46	0,25

Fuente: Elaboración propia.

(\*) El Valor total corresponde a la suma de los caudales sin considerar la salida en el estero Yali Medio-Superior.

## 4.2 Aguas subterráneas

La oferta de agua subterránea está dada principalmente por la recarga al acuífero, la cual se produce en este caso por la infiltración de las precipitaciones, por el agua que se infiltra del retorno del riego en los campos de cultivo o a través de la interacción del río con el acuífero. Adicionalmente, la estimación de la oferta debería considerar descontar de la oferta las salidas naturales de agua desde el acuífero, como por ejemplo la evapotranspiración de agua subterránea somera o en las zonas de humedales, y los afloramientos hacia el río. Sin embargo, los valores obtenidos a través de la modelación

indican una importante variabilidad temporal de las distintas componentes, fuertemente influenciadas por la alta intervención de la cuenca, motivo por el cual no serán considerados en la estimación de la oferta subterránea.

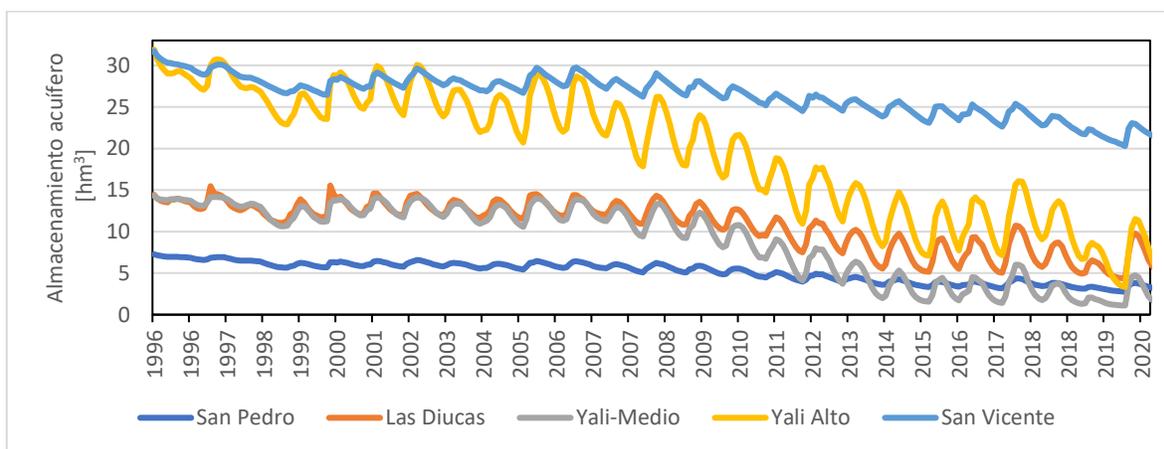
#### 4.2.1 Stock

Para el dominio Yali Medio-Superior en donde existe modelo subterráneo MODFLOW se presenta en la Tabla 4-5 el stock disponible de cada SHAC para el período final de simulación (diciembre el 2020). La evolución del almacenamiento en período histórico se presenta en la Figura 4-6, donde se observa una disminución del volumen principalmente desde año 2007 debido al aumento de la demanda agrícola.

**Tabla 4-5 Volumen almacenado en el cada SHAC para periodo final de simulación.**

SHAC	Stock [hm <sup>3</sup> ] (2020-12)
San Pedro	3,4
Las Diucas	6,6
Yali-Medio	2,2
Yali Alto	8,1
San Vicente	21,8

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4-6 Evolución del Stock en periodo histórico (1996-2020).**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 Recarga

La recarga es el caudal de agua que naturalmente alimenta un sector hidrogeológico de aprovechamiento común. De acuerdo con DGA (2005a), la principal recarga natural de acuíferos en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel está dada por las precipitaciones que caen en la subcuenca Estero Yali. En segundo lugar, por el aporte superficial a su

estero que ingresa al acuífero principal directamente desde el lecho. Adicionalmente, en zonas con fuerte actividad agrícola, la recarga producto de los retornos de riego puede ser igualmente relevante.

La estimación de recarga para el presente estudio se ha realizado a partir de los resultados obtenidos en la modelación hidrológica e hidrogeológica. A partir de estos modelos se construyó un modelo acoplado, que permite obtener para cada paso temporal los flujos superficiales y subterráneos, así como la interacción entre ambos dominios. De esta forma, se estima a partir del modelo acoplado, la recarga en los SHAC Las Diucas, San Pedro, San Vicente, Yali Alto y Yali Medio, valores que se incluyen en la Tabla 4-6. Adicionalmente en esta tabla se incluyen los valores de recarga establecidas por DGA (2009a), para poder comparar y establecer posibles diferencias.

Por otra parte, y dado que en la zona baja de la cuenca solo se cuenta con el modelo WEAP, en el cual no está modelado expresamente el acuífero, se realiza una estimación de la recarga a partir de los valores de percolación entre el primer y el segundo estanque de la parametrización en WEAP, y se considera adicionalmente una recarga desde los cauces. Los valores obtenidos son igualmente presentados en la Tabla 4-6, incluyendo en este caso valores históricos obtenidos desde el estudio DGA (2005a).

**Tabla 4-6 Estimación de recarga media anual en los SHAC de las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel (1996 – 2020).**

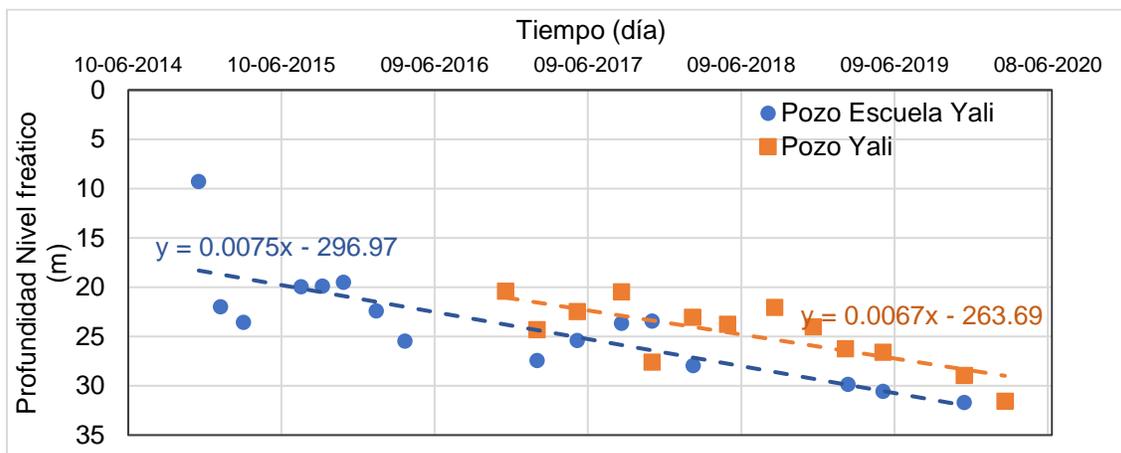
SHAC	Recarga media anual estimada estudio actual [l/s]	Recarga media anual según referencias [l/s]
Yali Bajo El Prado + Las Loicas	292	298
San Pedro	30	20
San Vicente	130	150
Las Diucas	200	380
Yali Alto	320	550
Yali Medio	150	180
Maitenlahue	91	144
Rocas Santo Domingo	46	-

Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2005a, 2009a).

#### 4.2.3 Niveles

La serie temporal de niveles medidos en las estaciones de monitoreo rutinario DGA (2 estaciones) se presenta en la Figura 4-7. Se aprecia que el nivel freático durante todo el período de registro presenta una tendencia al descenso, tendencia que se estima en 2,7

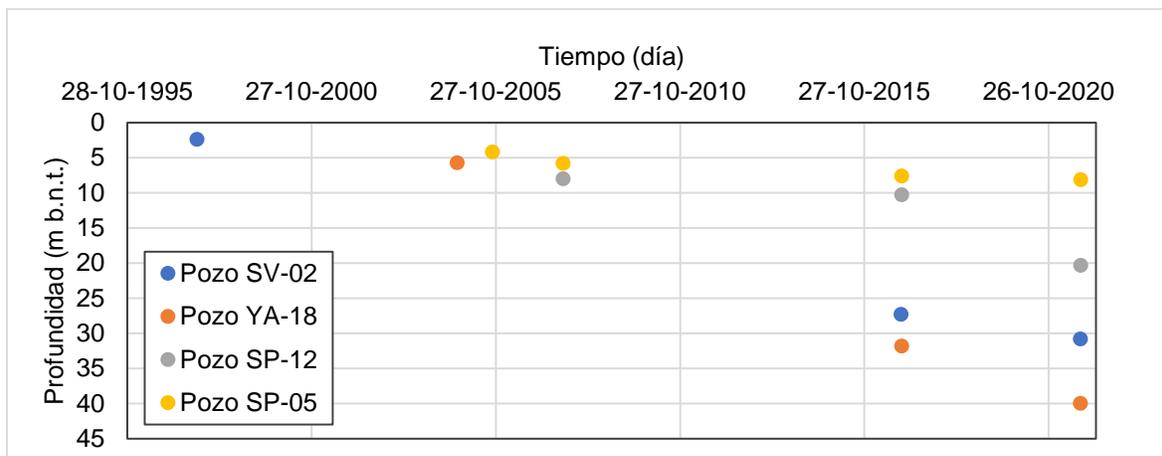
y 2,4 m/año para los pozos Escuela Yali y Yali respectivamente, ambos emplazados en el SHAC Yali Medio.



**Figura 4-7 Evolución de niveles en el tiempo en pozos DGA.**

Fuente: Elaboración propia con registro de niveles DGA.

Estos registros son representativos del comportamiento histórico del acuífero del Yali Medio-Superior, mostrando que el acuífero ha perdido parte de su volumen de almacenamiento. Este hecho se corrobora en otros pozos emplazados en los SHACs de San Pedro (pozos SP-05 y SP-12), Yali Alto (YA-18) y San Vicente (SV-02), donde se dispone de monitoreos puntuales de niveles, cuyos registros se grafican en la Figura 4-8.



**Figura 4-8 Evolución de niveles en el tiempo en pozos de la cuenca**

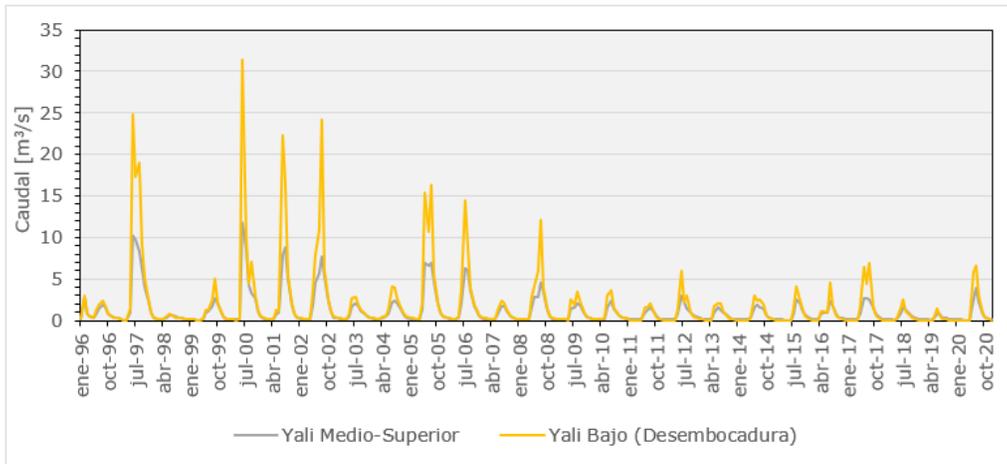
Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia de la Figura 4-8 que los descensos de nivel en los pozos analizados se encuentran en un rango entre 5 y 35 m para los últimos 15 años, aproximadamente.

# 5 BALANCE HÍDRICO

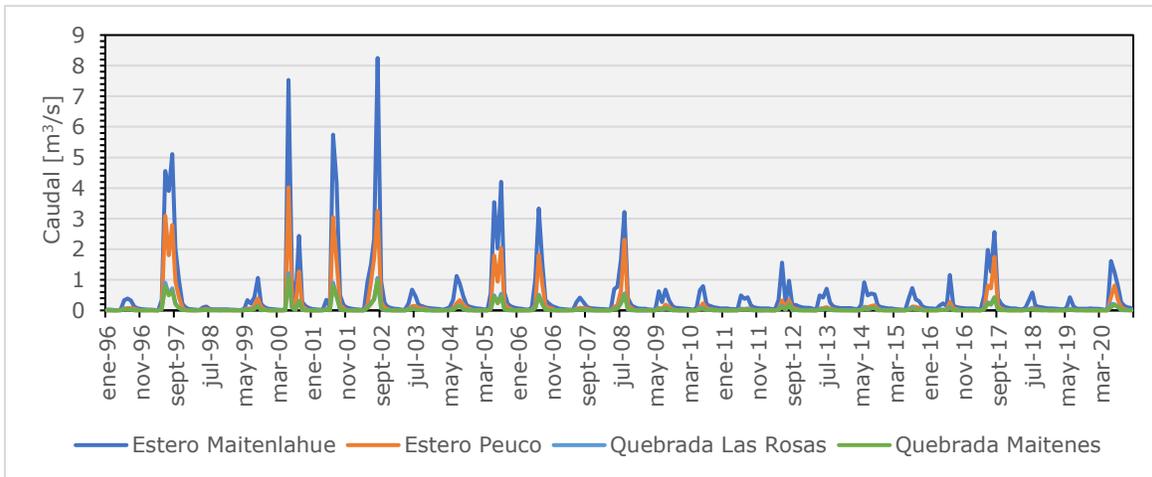
## 5.1 Situación Actual

El modelo WEAP superficial fue calibrado considerando un régimen natural sin intervención. Una vez calibrado se le añadieron las demandas al modelo. De esta forma se obtuvieron los caudales de salida para los 6 dominios considerados en la modelación en el régimen intervenido, los cuales se pueden ver en la Figura 5-1 y Figura 5-2.



**Figura 5-1 Caudales mensuales periodo histórico (1996 – 2020) en régimen intervenido, subcuencas Yali Medio-Superior y Yali en desembocadura.**

Fuente: Elaboración propia.



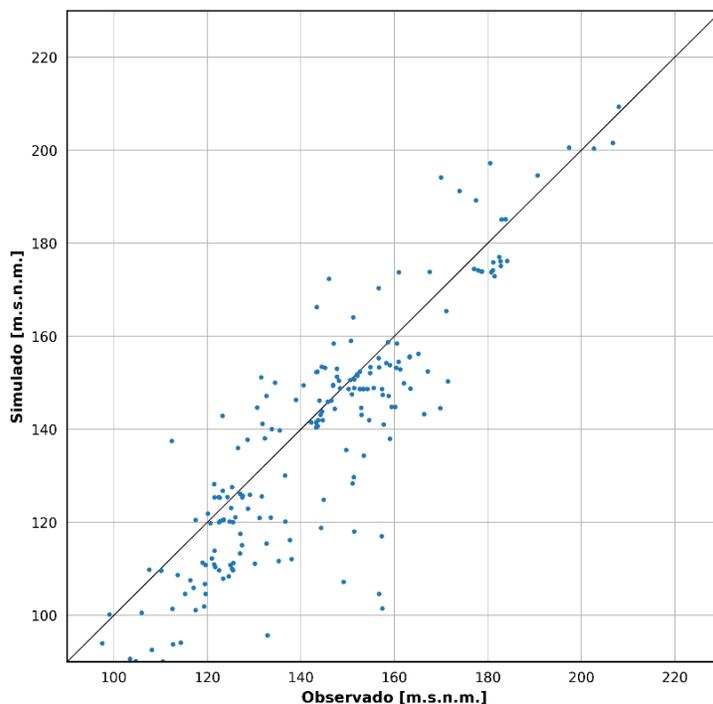
**Figura 5-2 Caudales mensuales periodo histórico (1996 – 2020) en régimen intervenido, subcuencas Maitenlahue, El Peuco, Laguna Las Matanzas (Qda. Las Rosas) y Laguna Los Molles (Qda. Maitenes).**

Fuente: Elaboración propia.

El modelo numérico subterráneo se trata de un modelo monocapa, realizado en diferencias finitas mediante el código MODFLOW (McDonald y Harbaugh, 1988) que permite resolver la ecuación de flujo de agua subterránea en tres dimensiones. Específicamente, se ha utilizado el código MODFLOW-NWT (Niswonger et al., 2011), una formulación Newtoniana de MODFLOW 2005, desarrollada para tratar el secado y resaturación de celdas. Asimismo, como pre- y post- procesador se ha utilizado el software Groundwater Vistas versión 8.

La calibración del modelo se llevó a cabo en dos etapas principales. Primero, se calibró el modelo en régimen pseudo-permanente, para luego calibrar el modelo en régimen transiente.

Posteriormente se acopló el modelo WEAP con el Modelo MODFLOW en el dominio de Yali Medio-Superior. En la Figura 5-3 se observa el ajuste de calibración del modelo acoplado WEAP-MODFLOW para el periodo 1996-2020, donde se obtuvo un valor de nMAE de 8,7% equivalente a un MAE de 9,69 m, y un nRMSE de 12% equivalente a un RMSE de 13,29 m, Ambas estadísticas cumplen con lo establecido por la Guía de Modelación del SEA (SEA, 2012).



**Figura 5-3 Ajuste obtenido de niveles de agua subterránea en el modelo acoplado WEAP-MODFLOW.**

Fuente: Elaboración propia.

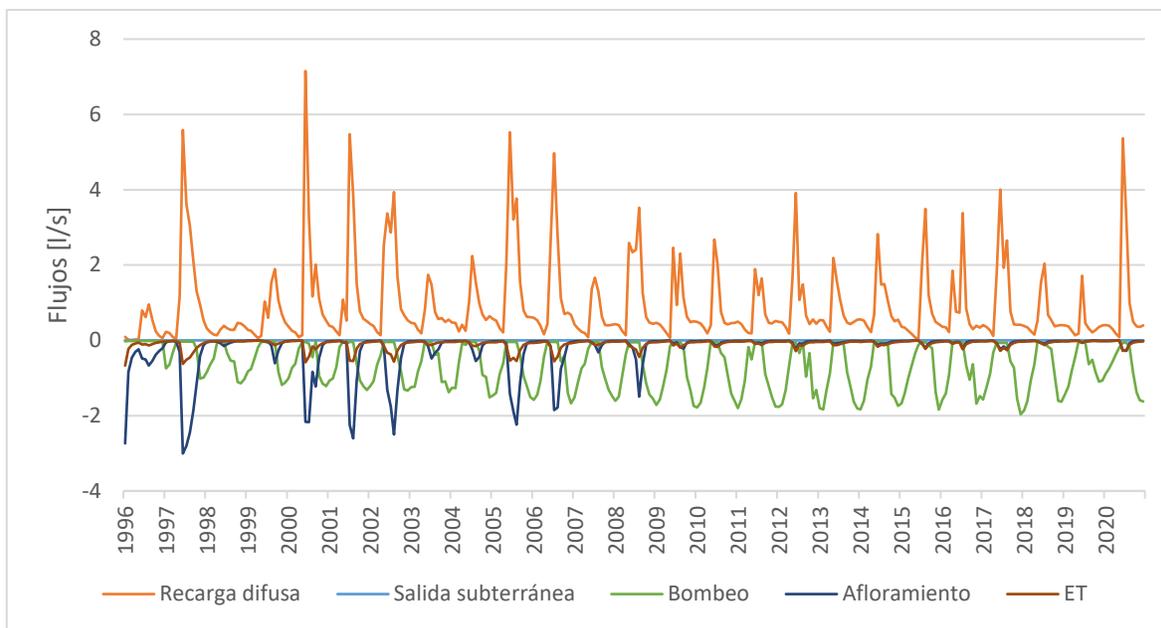
Respecto a la evolución del balance subterráneo, se realiza un balance para el acuífero completo, valores que se presentan para el periodo histórico y para la última década (Tabla 5-1).

**Tabla 5-1 Balance Subterráneo acuífero sector Yali Medio-Superior.**

<b>Entradas [l/s]</b>	<b>1996-2020</b>	<b>2011-2020</b>
Recarga difusa	924	820
Flujo subterráneo	0,38	0,52
Total	924	821
<b>Salidas [l/s]</b>		
Flujo subterráneo	0,2	0,2
Afloramiento drenes	231,3	45,7
Pozos de bombeo	686,8	805,2
ET	93,2	63,6
Total	1011,5	914,7
Variación de almacenamiento [l/s]	-87,5	-93,8
Error de balance [l/s]	-0,1	-0,1
Error de balance [%]	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del balance muestran una variación negativa del almacenamiento, lo que implicaría que el acuífero está perdiendo volumen. Junto con esto se tiene una disminución del afloramiento hacia los cauces, lo que podría estar influyendo fuertemente sobre los caudales de estiaje en los ríos, prácticamente inexistentes durante los últimos años. En la Figura 5-4 se presenta la evolución temporal de los distintos flujos subterráneos. Se observa claramente un cambio desde alrededor del año 2008, donde las precipitaciones disminuyen con respecto al periodo anterior, mientras que se observa un alza en la demanda.



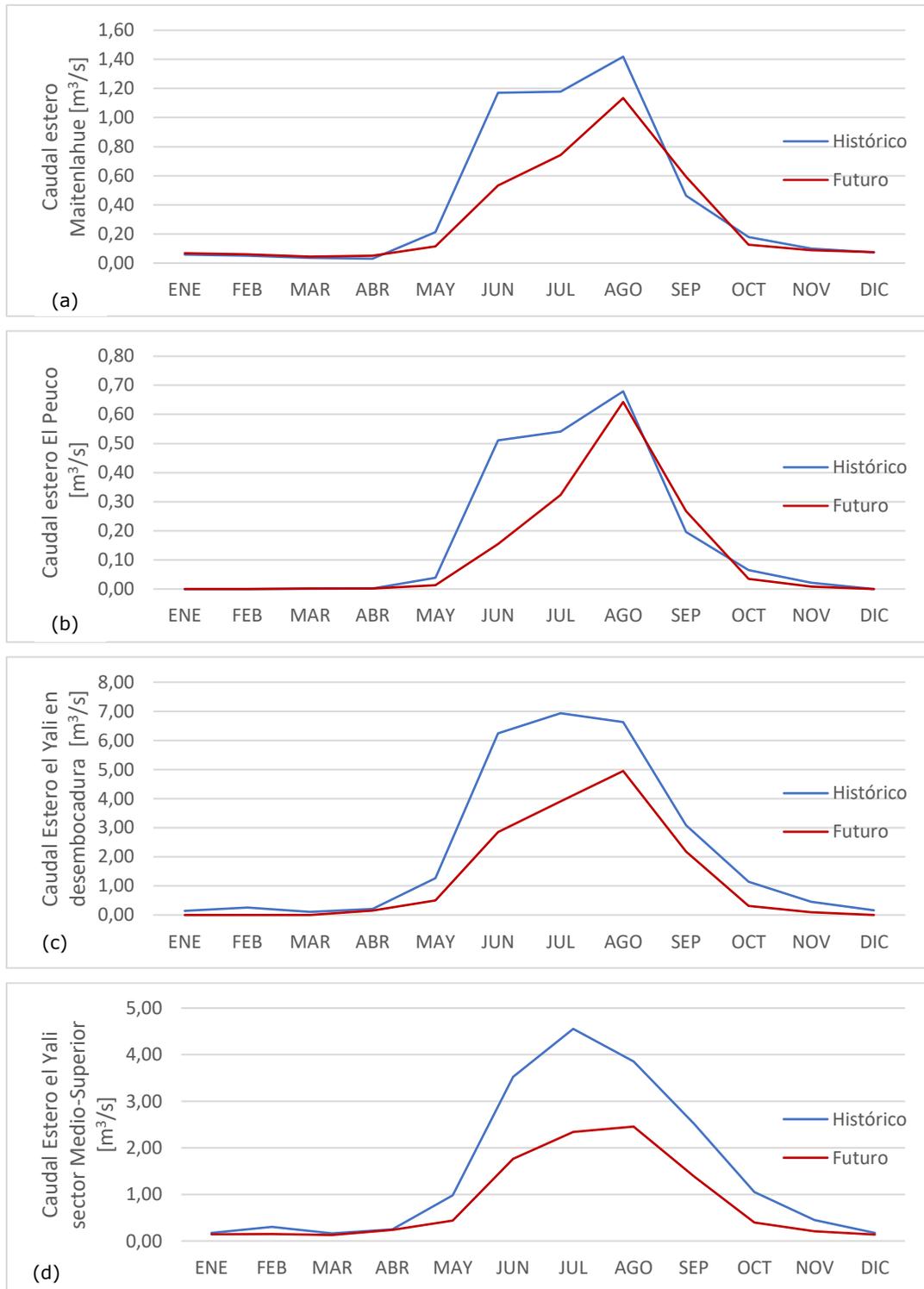
**Figura 5-4 Flujos subterráneos acuífero sector Yali Medio-Superior, periodo histórico 1996 – 2020.**

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Situación proyectada

A continuación, se presentan los impactos del cambio climático en una condición "business as usual" (BAU), es decir, en un escenario futuro donde todas las condiciones relacionadas a la actividad humana continúan en condiciones similares a aquellas de finales del período histórico, mientras que si se considera la existencia de cambio climático a través del uso de modelos climáticos.

En la Figura 5-5 se presenta la comparación de los caudales superficiales en puntos de interés correspondiente a la desembocadura al mar de los esteros El Yali, El Peuco y Maitenlahue y el punto de salida del modelo acoplado. En esta figura se presenta curvas de variación estacional a partir de los resultados del periodo histórico (1996-2020) y del período futuro (2021-2050). Estas curvas evidencian una disminución de los caudales principalmente los meses de invierno y mayores diferencias en caso del estero Yali.



**Figura 5-5 Curva de variación estacional, esteros El Peuco(a), Maitenlahue (b) y El Yali (c y d), periodo histórico (1996 – 2020) y futuro (2021 - 2050).**

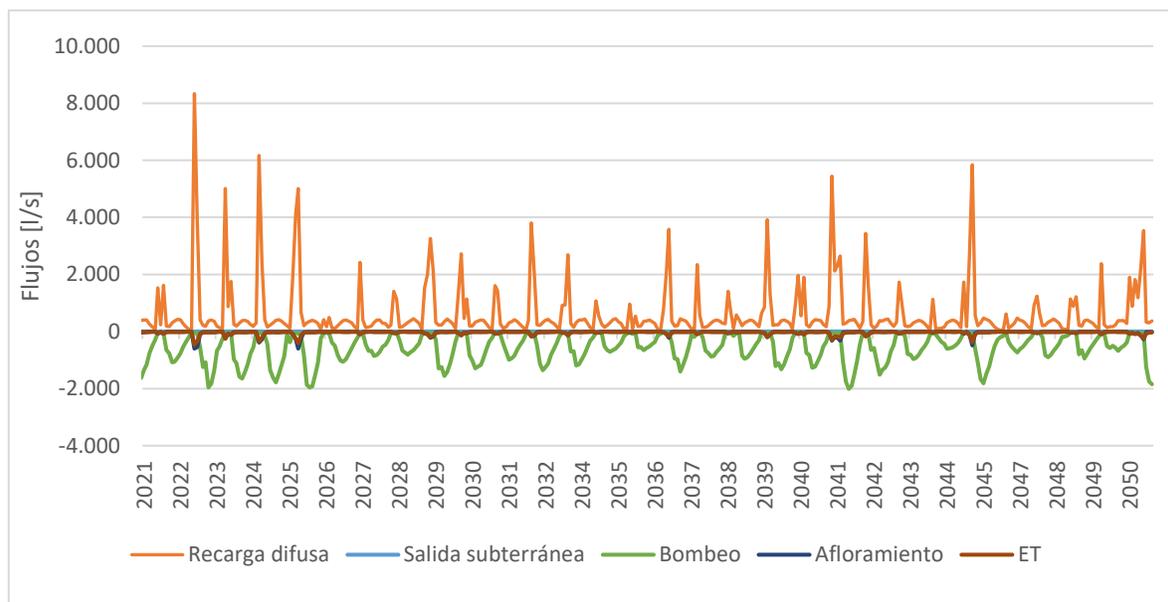
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-2 se presenta el balance subterráneo para el acuífero completo del sector Yali Medio-Superior, estos valores se presentan para el periodo futuro (2021-2050). Además, en la Figura 5-6 se presenta la evolución del balance subterráneo, en donde se observa cómo la recarga difusa y las extracciones desde los pozos de bombeo corresponden a los principales elementos del balance hídrico subterráneo.

**Tabla 5-2 Balance Subterráneo acuífero sector Yali Medio-Superior, periodo futuro (2021 – 2050), desde modelo WEAP.**

<b>Entradas [l/s]</b>	<b>2021 - 2050</b>
Recarga difusa	644
Flujo subterráneo	0,6
<b>Total Entradas</b>	<b>645</b>
<b>Salidas [l/s]</b>	
Flujo subterráneo	0,1
Afloramiento drenes	37
Pozos de bombeo	570
ET	40
<b>Total Salida</b>	<b>648</b>
Variación de almacenamiento [m <sup>3</sup> /s]	-2,88

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-6 Flujos subterráneos acuífero sector Yali Medio-Superior, periodo futuro 2021 – 2050.**

Fuente: Elaboración propia.

## 5.3 Brecha Hídrica

Resulta de interés conocer las brechas de la demanda hídrica de los distintos usos productivos en la cuenca. En la Tabla 5-3 se presentan las brechas por demanda, correspondiente al promedio entre 1996-2020. Cabe destacar que esta tabla representa el dominio completo de la cuenca, por lo cual se incluyen dominios de modelación (i.e. Rocas de Santo Domingo, Las Loicas, Maitenlahue, Yali Bajo) que no poseen modelo subterráneo, sino que solo modelo superficial, siendo la demanda subterránea en estas zonas siempre abastecida por el modelo. Es por ello que la brecha hídrica presentada a continuación se produce principalmente en el sector del Yali Medio-Superior (Las Diucas, San Pedro, San Pedro, San Vicente, Yali Alto y Yali Medio). Además, en la Tabla 5-4, se presenta la satisfacción de demanda para año 2020, es decir, el periodo final de simulación, donde la brecha es superior al promedio histórico llegando a 818,8 l/s.

**Tabla 5-3 Brechas de demanda promedio entre 1996-2020.**

Uso	Brecha demanda promedio (1996-2020)			
	Demanda [l/s]	Demanda Abastecida [l/s]	Brecha [l/s]	Brecha [%]
APU	7	7	0	0%
APR	10	8	1	13%
Agrícola	1626	1251	375	23%
B/S/H	84	75	9	11%
Otros Usos	146	134	12	8%
<b>Total</b>	<b>1872</b>	<b>1474</b>	<b>397</b>	<b>21%</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-4 Brechas de demanda promedio 2020.**

Uso	Brecha demanda promedio (2020)			
	Demanda [l/s]	Demanda Abastecida [l/s]	Brecha [l/s]	Brecha [%]
APU	18,3	18,3	0	0%
APR	13,9	12,1	1,8	13%
Agrícola	2437,2	1674	763,2	31%
B/S/H	135,7	97,1	38,7	28%
Otros Usos	299,3	284,1	15,2	5%
<b>Total</b>	<b>2904,4</b>	<b>2085,6</b>	<b>818,8</b>	<b>28%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 5.4 Análisis de sensibilidad

Se presentan dos escenarios de gestión simulados y sus principales resultados.

**Escenario de gestión 1:** Este escenario supone una **disminución de la demanda agrícola**, considerando un prorratio de los derechos subterráneos en la cuenca, en particular en la zona media – alta, correspondiente a los SHAC Yali Superior, Yali Medio, San Vicente, Las Diucas y San Pedro. Este escenario considera 3 valores de disminución de demanda, de un 10%, 20% y 40%, analizando su impacto sobre el acuífero y sobre las demandas máximas asociadas a hectáreas cultivadas.

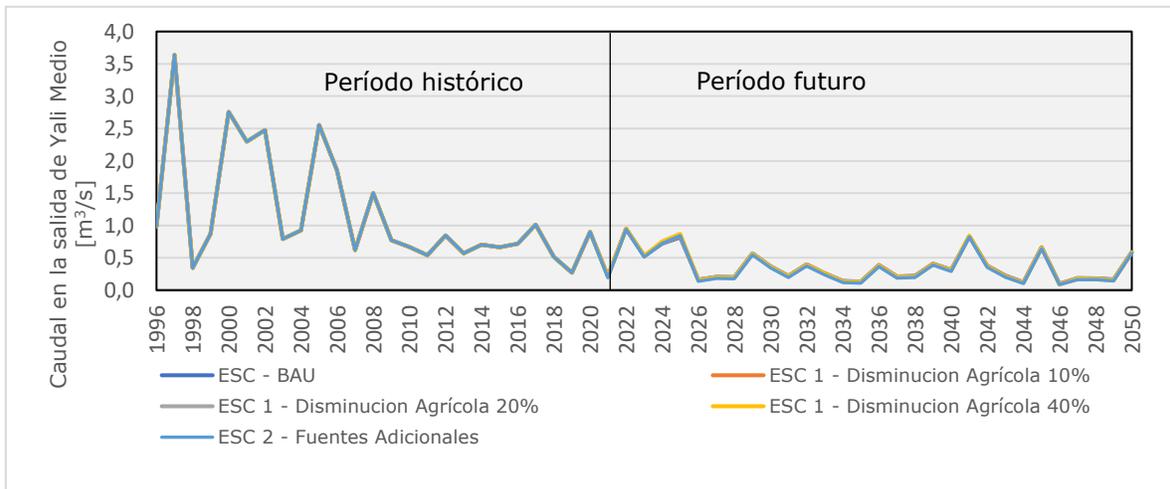
Además, en este escenario se consideró un aumento de las demandas de Agua Potable Urbana, Agua Potable Rural y de Uso Humano/Sanitario/Doméstico, según se indicó en la sección 3.

**Escenario de gestión 2:** Este escenario busca una operación más sustentable del acuífero, pero considerando esta vez medidas de **gestión sobre la oferta**. En este caso se considera una demanda constante, tanto del sector agrícola como de otros usos, replicada desde el año 2020, mientras que la oferta considera la implementación de dos fuentes adicionales de agua. Las iniciativas de gestión para este escenario corresponden a la implementación de un sistema de **recarga artificial durante los meses de invierno**, siempre y cuando el caudal en el cauce supere los derechos otorgados, y a un **trasvase adicional de agua**, asociado a derechos desde la parte baja de las cuencas del **Maipo y/o Rapel**, o bien, a la utilización de una **planta desalinizadora**.

- **Recarga Artificial:** Se plantea generar un mecanismo de recarga artificial en el SHAC de Yali Medio, de manera de evaluar su posible efecto sobre la recuperación del acuífero. El caudal a infiltrar objetivo se estima de forma preliminar en 100 l/s, pero quedará restringido por la disponibilidad hídrica existente bajo el escenario de cambio climático.
- **Trasvase hacia la parte alta:** Esta iniciativa busca evaluar a nivel de cuenca el impacto de un caudal adicional, producto de un nuevo trasvase hacia la parte alta, proveniente de la parte baja de las cuencas de los ríos Maipo o Rapel, o bien a partir de la construcción de una planta desaladora. Debido a lo restringido de los recursos en el caso de un posible trasvase, así como a la posibilidad de que una planta desaladora sea de uso mixto, se ha fijado un caudal de 100 l/s.

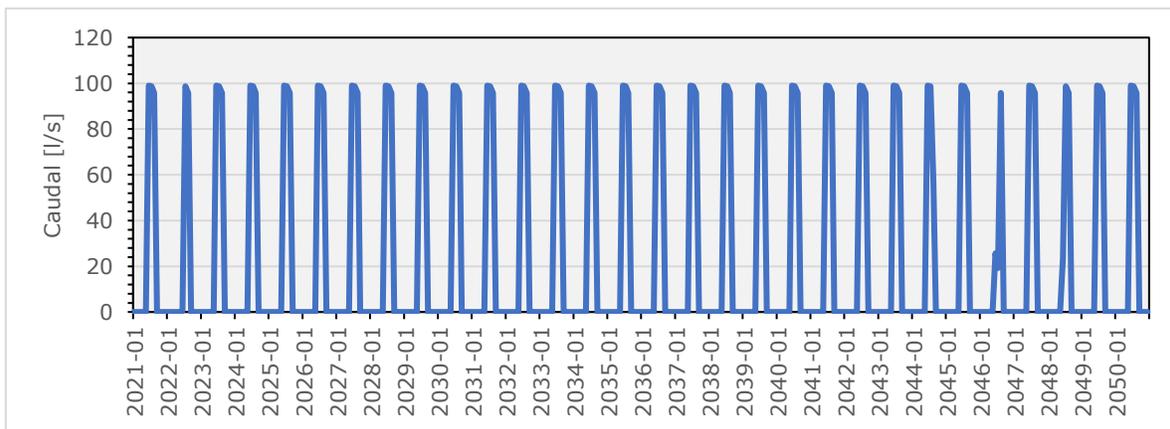
En la Figura 5-7 se presenta el caudal superficial en punto de salida del dominio del Yali Medio-Superior para el período histórico (1996-2020), para el período futuro (2021-2050) considerando el escenario BAU y los escenarios de gestión ya descritos.

Los resultados indican que en el escenario N°1, de disminución de las hectáreas regadas, la mayor variación respecto al caudal promedio escenario BAU es de 1,6% (5,7 l/s), que corresponde a la disminución de un 40% de la superficie agrícola. En el caso del escenario 2 el caudal disminuye un 5,6% (20,4 l/s), lo cual se debe al caudal extraído los meses de junio, julio y agosto. En la Figura 5-8 se presentan los valores de caudal efectivamente disponibles para recarga.



**Figura 5-7 Caudal superficial en el punto de salida del dominio del Yali Medio-Superior.**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5-8 Caudal disponible para recarga adicional hacia el sistema acuífero, bajo un requerimiento de 100 l/s para los meses de junio a agosto.**

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-5 se presenta el balance subterráneo para el dominio completo del modelo subterráneo, correspondiente al sector Yali Medio-Superior. Al analizar las variables de entrada y salida desde la fuente subterránea, se observa una disminución de las extracciones al disminuir las áreas de los cultivos, pasando de 570 l/s para el caso del escenario con superficie constante (BAU) a 506 l/s para escenario N°1 con una disminución del 40% de la superficie agrícola. Esto se ve reflejado en la variación positiva del almacenamiento, el cual pasa de -2,22 (escenario BAU) a 4,82 l/s.

Además, en la Tabla 5-5 se compara también el balance subterráneo para el escenario N°2, en la cual se implementa un nodo de abastecimiento adicional, por un máximo de 100 l/s, y de un proyecto de recarga artificial, con un caudal de 100 l/s durante los meses de junio, julio y agosto (con menor prioridad que las demandas existentes). Esto permite un aumento de los bombeos de 570 l/s para caso del escenario base (BAU) a 660 l/s para el escenario N°2. Además, se observa una leve variación del almacenamiento de -2,88 l/s (BAU) a -1,35 l/s (escenario N°2).

**Tabla 5-5 Balance subterráneo acuífero sector Yali Medio-Superior para cada escenario de modelación futuro.**

	Histórico	Bau	ESC1-10%	ESC1-20%	ESC1-40%	ESC-2
<b>Entradas [l/s]</b>	<b>1996 - 2020</b>	<b>2021 - 2050</b>				
Recarga difusa	926	644	629	615	585	714
Flujo subterráneo	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Recarga artificial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24
<b>Total entradas</b>	<b>927</b>	<b>645</b>	<b>630</b>	<b>615</b>	<b>586</b>	<b>739</b>
<b>Salidas [l/s]</b>						
Flujo subterráneo	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Afloramiento drenes	231	37	37	37	39	40
Pozos de bombeo	690	570	557	542	506	660
Evapotranspiración	93	40	39	38	36	41
<b>Total salidas</b>	<b>1014</b>	<b>648</b>	<b>632</b>	<b>617</b>	<b>581</b>	<b>741</b>
<b>Variación de almacenamiento [l/s]</b>						
Variación de almacenamiento [l/s]	-87,5	-2,9	-2,2	-1,3	4,8	-1,3

Fuente: Elaboración propia.

## 6 ACCIONES

A continuación, se presentan los ejes y objetivos del plan, así como un levantamiento de acciones e iniciativas a considerar en el PEGH para la cuenca.

### 6.1 Ejes y Objetivos para el PEGH

Los ejes y objetivos para la definición de acciones en el marco del PEGH para la zona de estudio fueron propuestos a partir de los objetivos de la licitación y de la revisión de los principales antecedentes. La Tabla 6-1 presenta los ejes y objetivos propuestos para el PEGH.

**Tabla 6-1 Ejes y Objetivos propuestos para PEGH de cuencas Costeras entre Maipo y Rapel.**

Eje	Nombre de eje	Nº	Objetivos para definición de Acciones del Plan
1	Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda, riesgos hídricos	1	Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua considerando cambio climático, sequía e inundaciones.
		2	Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable urbana, tanto para fuentes superficiales como subterráneas.
		3	Restaurar condiciones de abastecimiento y calidad de las fuentes de agua potable rural, tanto para fuentes superficiales como subterráneas.
		4	Conservar y/o mejorar el estado de la infraestructura hidráulica actual.
		5	Gestión de riesgos: exceso, déficit y calidad de agua.
2	Información y monitoreo del recurso hídrico	1	Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo y de montaña).
		2	Gestión de información
3	Gestión y gobernanza del agua	1	Promover y revitalizar la alianza público - privada en materia hídrica.
4	Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico	1	Conservar y/o mejorar el estado de la calidad de aguas de las fuentes superficiales y subterráneas.
		2	Proteger funciones ecosistémicas críticas relacionadas con los cuerpos de agua en el tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2 Cartera de iniciativas de inversión vigentes

Para levantar las iniciativas vigentes contempladas por Servicios Públicos como privados de la cuenca, se recurrió tanto a bibliografía, reuniones y entrevistas, así como a una revisión de la cartera de proyectos publicada en el Banco Integrado de Proyectos del Ministerio de Desarrollo Social y Familia. En este caso, dicha plataforma identifica sólo 4 iniciativas de inversión para la cuenca en materia de recursos hídricos y/o medio ambiente, las cuales se resumen en la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2. Iniciativas públicas en cartera de inversiones: APR.**

Tipología Cartera Vigente	CÓDIGO BIP	DESCRIPCIÓN	TIPOLOGÍA/SUB-SECTOR	INSTITUCIÓN FINANCIERA	Solicita año	Costo total M\$
APR	40031792-0	CONSTRUCCION DEL SERVICIO DE APR QUINCANQUE COMUNA DE SAN PEDRO Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	Proyecto/agua potable	SECTORIAL	2021/ M\$ 69.007	1.103.441
APR	30104269-0	CONSTRUCCION DE APR DE MOSTAZAL, COMUNA SANTO DOMINGO Año y Etapa a Financiar: 2021-PREFACTIBILIDAD	Proyecto/agua potable	F.N.D.R.	2021/ M\$ 6.000	55.357
APR	30393930-0	CONSTRUCCION DE APR LOCALIDAD LA MANGA, SAN PEDRO Año y Etapa a Financiar: 2020 Prefactibilidad	Proyecto/Agua potable	F.N.D.R.	2020/ M\$103.308	103.300
APR	30470136-0	AMPLIACION SISTEMA APR SAN ENRIQUE COMUNA DE SANTO DOMINGO: Año y Etapa a financiar 2019 Ejecución	Proyecto/Agua potable	SECTORIAL	2019/ M\$186.000	786.035

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Problemáticas levantadas según ejes

Desde el análisis de antecedentes sumado a las actividades de PAC, fue posible levantar un total de 32 problemas generales sobre la cuenca lo cual se presenta en la Tabla 6-3.

**Tabla 6-3 Listado de problemas levantados (32) para cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, según 4 ejes.**

Id	Eje 1: Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda, riesgos hídricos	Eje 2: Información y monitoreo del recurso hídrico	Eje 3: Gestión y gobernanza del agua	Eje 4: Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico
1	Falta de regulación u ordenamiento territorial para las plantaciones (eucaliptus, paltas, frutillas)	Desinformación sobre Derechos de agua	Se percibe una concentración de los derechos de agua en pocas empresas	No hay claridad sobre el caudal mínimo ecológico
2	Pequeños agricultores no poseen derechos de agua	Desconocimiento de funcionamiento del sistema hidrológico/hidrogeológico de la cuenca	Extracciones ilegales de aguas	Contaminación del humedal por altos niveles de nitrato y fosfato
3	Falta suministro de agua en zonas no servidas por APR	Desconocimiento de situación hídrica (estado, situación acuífero, proyecciones, etc.)	Falta una forma de gestionar el agua a nivel de cuenca	No hay prioridad en la protección de sitio Ramsar Yali.
4	Aumento de la demanda hídrica por la construcción de casas (residentes y segunda residencia)	Falta acceso a la información hídrica de la cuenca	Extracción irregular de áridos	Degradación de suelos, naturaleza y patrimonio ambiental
5	Insuficiente infraestructura hidráulica	Faltan monitoreo hidrometeorológico, de pozos y de calidad de agua en la cuenca	Construcción irregular de pozos	

<b>Id</b>	<b>Eje 1: Uso estratégico del recurso hídrico: brechas entre oferta y demanda, riesgos hídricos</b>	<b>Eje 2: Información y monitoreo del recurso hídrico</b>	<b>Eje 3: Gestión y gobernanza del agua</b>	<b>Eje 4: Conservación y protección del recurso y del ecosistema hídrico</b>
<b>6</b>	Insuficiente tecnificación para un riego más eficiente		Conflictos entre usuarios de agua ante posibles denuncias por extracciones irregulares	
<b>7</b>	Uso ineficiente del agua		Desconocimiento de temas relacionados a la gestión del agua y poca participación.	
<b>8</b>	Problemas de abastecimiento y distribución de agua para riego		Bajo nivel de organización de OUAs	
<b>9</b>	Prácticas agrícolas no sustentables y que contaminan		Bajo porcentaje de derechos de agua inscritos	
<b>10</b>	Dificultades en el combate de incendios por la sequía		Insuficiente capacidad técnica de comités APR	
<b>11</b>	Creciente déficit de agua para el consumo humano		Desconfianza en la institucionalidad de aguas	
<b>12</b>			Falta de fiscalización de extracciones ilegales	

Fuente: Elaboración propia.

## 6.4 Ranking de problemas según votaciones en talleres

Los 32 problemas y 4 Ejes fueron presentados a los actores locales en los Talleres participativos. En el taller 1, cada asistente tomó el listado de problemas según los 4 ejes definidos, y a través de la herramienta Menti, se ordenó desde el más importante al menos importante. El consolidado de estas votaciones permitió obtener un ranking de problemas. Luego, los problemas finalmente priorizados son aquellos que tuvieron una evaluación mayor que la media de cada eje, cuyo resultado se presenta en la Tabla 6-4 (14 problemas con mayor puntaje).

**Tabla 6-4 Listado de problemáticas priorizadas (14) por actores locales.**

Eje	Id Probl.	id por eje	Problemas/Brechas identificadas	Puntaje
1	1	1	Falta de regulación u ordenamiento territorial para las plantaciones (eucaliptus, paltas, frutillas)	26
	2	2	Pequeños agricultores no poseen derechos de agua	26
	3	4	Aumento de la demanda hídrica por la construcción de casas (residentes y segunda residencia)	26
	4	7	Uso ineficiente del agua	25
	5	3	Falta suministro de agua en zonas no servidas por APR	20
2	12	5	Faltan monitoreo hidrometeorológico, de pozos y de calidad de agua en la cuenca	13
	13	1	Desinformación sobre Derechos de agua	12
	14	3	Desconocimiento de situación hídrica (estado, situación acuífero, proyecciones, etc.)	9
3	28	12	Falta de fiscalización de extracciones ilegales	35
	18	2	Extracciones ilegales de aguas	30
	19	3	Falta una forma de gestionar el agua a nivel de cuenca	25
	21	5	Construcción irregular de pozos	25
4	32	4	Degradación de suelos, naturaleza y patrimonio ambiental	11
	29	1	No hay claridad sobre el caudal mínimo ecológico	8

Fuente: Elaboración propia.

## 6.5 Acciones presentadas en PAC

El análisis de acciones, se basó en iniciativas estratégicas planteadas por estudios previos para la zona de estudio en concordancia con las problemáticas y brechas existentes en la cuenca, y sumado a iniciativas levantadas durante el proceso de PAC.

Se identificaron 48 acciones/iniciativas las cuales se presentan en la Tabla 6-5 a partir de las 6 temáticas y 3 tipos de soluciones que se indican.

Tabla 6-5 Identificación de acciones para presentar en actividades PAC.

Temática	Soluciones basadas en infraestructura (SBI)	Soluciones basadas en la gestión (SBG)	Soluciones basadas en la naturaleza (SBN)
<b>Disponibilidad</b>	Implementación de soluciones del tipo: estanques flexibles para acumulación de agua (5.000 a 100.000 l)	Acuerdo voluntario de cuenca con privados para una Gestión Integrada de cuenca	Recarga natural de acuíferos
	Profundización de pozos como solución hídrica		
	Mejoramiento de infraestructura hidráulica		
	Construcción de nueva infraestructura hidráulica		
	Desalinización de agua de mar		
	Iniciativas de almacenamiento de las aguas superficiales invernales, en forma de estanques de cabecera.		
	Proyecto de recarga artificial de acuíferos		
<b>Eficiencia en el uso del agua</b>	Reúso de aguas grises	Programa de apoyo en postulación a proyectos para eficiencia hídrica	
	Reducción de pérdidas en redes de distribución de agua	Tecnificación del riego	
		Implementar plataforma tecnológica integral para el funcionamiento de APR	
		Fortalecimiento de capacidades en los distintos usuarios de agua de la cuenca (APR, agricultores, productores)	
<b>Consumo humano</b>	Ampliación de APR San Enrique sector Rinconada	Aumentar los puntos de monitoreo rutinario en cuanto a calidad de agua en APR	
	Ampliación de APR El Convento	Adquisición de camiones aljibes para la distribución del recurso	
	Construcción proyecto San Pedro Sur	Implementar un sistema de control y de optimización de la distribución de agua en camiones aljibe	
<b>Sostenibilidad y Conservación de ecosistemas</b>	Tratamiento de aguas residuales domiciliarias	Acuerdos para asegurar un caudal ecológico mayor para el área protegida	Trabajar en una restauración ecológica de los humedales en la Reserva Nacional El Yali
	Tratamiento de aguas residuales industriales	Actualización/implementación de Plan Regulador/Plan regional de ordenamiento territorial	Prácticas de ganadería y pastoreo adecuados
		Implementar un programa con medidas para una mejor gestión de riesgos ante eventos extremos e incendios forestales (capacitaciones, difusión, etc.)	Prácticas agrícolas orgánicas
		Fiscalización de empresas contaminantes	
		Uso reducido de agroquímicos (pesticidas y fertilizantes)	
		Programa de difusión sobre buenas prácticas de riego en la cuenca	

Temática	Soluciones basadas en infraestructura (SBI)	Soluciones basadas en la gestión (SBG)	Soluciones basadas en la naturaleza (SBN)
<b>Información y control sobre recursos hídricos</b>	Ampliación del Control de extracciones efectivas a más usuarios (niveles y extracciones)	Plataforma de información actualizada sobre los recursos hídricos de la cuenca (disponibilidad, derechos de agua vigentes, estudios relevantes)	Estudio sobre requerimientos de caudal ecológico en el área protegida de la cuenca y propuesta de medidas
	Ampliación de la red de monitoreo hidrometeorológica de la cuenca (caudales, precipitaciones, niveles de pozos, calidad de agua)	Difundir el proceso de denuncias sobre extracciones ilegales de agua	Estudio sobre la degradación de suelos en la cuenca y propuesta de medidas de restauración
		Estudio de factibilidad técnica, legal y económica para la construcción de obras de acumulación de aguas para riego	
		Estudio para identificar extracciones ilegales y pozos sin derechos de agua	
		Estudio de factibilidad de implementar APRs en sectores rurales sin abastecimiento	
		Estudio y base de datos que sistematice la información histórica y futura de APR (extracciones, beneficiarios, calidad de agua, niveles de pozos)	
<b>Gobernanza de agua en la cuenca</b>		Soluciones de derechos de agua para APR (nuevos derechos/compra de derechos)	
		Soluciones de derechos de agua para pequeños agricultores (nuevos derechos/compra de derechos)	
		Conformación de Organizaciones de Usuarios de Agua	
		Mesa comunal del agua (para generar propuestas, coordinaciones y cooperaciones a largo plazo), de los distintos actores en torno al tema hídrico	
		Crear asociación de APR de la cuenca	
		Programa de difusión educativa de las problemáticas hídricas de la cuenca y su gestión	

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6 Iniciativas adicionales a partir del diagnóstico y de los resultados de la modelación

También se levantaron recomendaciones desde los resultados de la modelación hidrológica e hidrogeológica, y se incluyen dos recomendaciones adicionales con los

objetivos de mejorar el monitoreo de recursos hídricos, y por otro lado, avanzar en una gestión sustentable del agua desde los usuarios privados en la cuenca.

Estas problemáticas identificadas durante el proceso de modelación, se presentan en la Tabla 6-6. La tabla indicada incluye dos columnas (ámbito y sub-Ámbito) para clasificar cada recomendación propuesta.

**Tabla 6-6 Resumen de recomendaciones desde el diagnóstico y la modelación desarrollada.**

Ámbito	Sub-ámbito	Recomendaciones
Información	Información geoespacial	Generación de cobertura de datos con dimensión temporal, para representar los cambios a través de los años, en la cobertura de suelo.
Red hidrométrica	Datos fluviométricos	Considerar una estación fluviométrica en el punto de cierre de la zona agrícola (donde se encuentran los rellenos aluviales), que permita caracterizar el balance hídrico en la zona con mayor intervención de la subcuenca Estero Yali. Considerar una estación fluviométrica en una subcuenca con uso de suelo característico de la zona, que permita conocer el régimen "natural" y servir de base para realizar suposiciones respecto de caudales generados en otras subcuencas costeras.
Red hidrométrica	Distribución y densidad de estaciones meteorológicas	Considerar estación meteorológica en la parte más oriental de la cuenca (precipitación, temperatura), al objeto de conocer la meteorología del sector más alto de la cuenca.
Demanda	Derechos de aprovechamiento	Se sugiere una revisión interna de la información de los derechos de la base de datos del CPA. Una revisión exhaustiva de todos los campos de los derechos y la ampliación de información disponible en la base de datos.
Demanda	Demanda agrícola	Cuando se cuente con el nuevo Censo Agropecuario, es importante poder incorporar esta información en el modelo que permita estimar de mejor forma la demanda agrícola en la cuenca.
Información	Infraestructura	Se propone realizar un catastro en terreno que cuantifique y caracterice la infraestructura de aprovechamiento y regulación, como tranques y canales en la cuenca.
Información	Trasvase	En caso de lograr acceder a información de trasvases de agua hacia la cuenca, incorporarlos al modelo.
Modelación	Modelación subterránea	Extender el dominio del modelo acoplado para abarcar la cuenca completa, siempre y cuando se cuente con la información necesaria. En conjunto con esto, debido a la alta incertidumbre en algunos valores de recarga, se recomienda realizar mediciones en terreno, tanto a nivel de recarga en las cuencas, como en los cauces durante crecidas, por medio de múltiples puntos de aforo en un mismo curso de agua.

Fuente: Elaboración propia.

## 7 CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS

### 7.1 Listado definitivo de iniciativas para incorporar al PEGH

El número total de iniciativas propuestas es de 19, las que se presentan en la Tabla 7-1. En la Tabla 7-2 se incorporan montos, plazos, responsables y posibles fuentes de financiamiento de las iniciativas propuestas.

**Tabla 7-1 Listado final de iniciativas a incorporar en el PEGH.**

Id fichas	Temática	Tipo	Acciones	Iniciativas
I01	Disponibilidad	SBI	Desalinización de agua de mar	Análisis técnico-económico-legal para corregir imperfecciones del mercado de agua considerando alternativa de desalación
I02	Disponibilidad	SBI	Proyecto de recarga artificial de acuíferos	Implementación de piloto de recarga artificial de acuíferos y estudio de evaluación de la mejor alternativa de recarga en la subcuenca Estero Yali
I03	Disponibilidad	SBN	Recarga natural de acuíferos	Estudio para proyecto de Recarga natural de acuíferos en la subcuenca Estero Yali, implementación y monitoreo posterior
I04	Eficiencia en el uso del agua	SBG	Tecnificación del riego	Tecnificación del riego
I05	Eficiencia en el uso del agua	SBG	Implementar plataforma tecnológica integral para el funcionamiento de APR	Implementar plataforma tecnológica integral para el funcionamiento de APR
I06	Eficiencia en el uso del agua	SBG	Fortalecimiento de capacidades en los distintos usuarios de agua de la cuenca (APR, agricultores, productores)	Capacitación, fortalecimiento y acompañamiento técnico para APRs en materias relevantes
I07	Consumo humano	SBI	Ampliación sistemas de APR: San Enrique, El Convento y proyecto San Pedro Sur.	Ampliación sistemas de APR: San Enrique, El Convento y proyecto San Pedro Sur
I08	Consumo humano	SBG	Aumentar los puntos de monitoreo rutinario en cuanto a calidad de agua en APR	Aumentar los puntos de monitoreo rutinario en cuanto a calidad de agua en APR
I09	Sostenibilidad y Conservación de ecosistemas	SBG	Estudio sobre requerimientos de caudal ecológico en el área protegida de la cuenca y propuesta de medidas; y Acuerdos para asegurar un caudal ecológico mayor para el área protegida	Estudio sobre requerimientos de caudal ecológico en el área protegida de la cuenca y propuesta de medidas; y Acuerdos para asegurar un caudal ecológico mayor para el área protegida del sitio Ramsar humedal El Yali
I10	Información y control sobre recursos hídricos	SBI	Ampliación del Control de extracciones efectivas a más usuarios (niveles y extracciones)	Plan de apoyo para implementar sistemas para el control de extracciones
I11	Información y control sobre	SBI	Ampliación de la red de monitoreo hidrometeorológica de la	Ampliación de la red de monitoreo hidrometeorológica de la cuenca

Id fichas	Temática	Tipo	Acciones	Iniciativas
	recursos hídricos		cuenca (caudales, precipitaciones, niveles de pozos, calidad de agua)	(caudales, precipitaciones, niveles de pozos, calidad de agua)
I12	Información y control sobre recursos hídricos	SBG	Plataforma de información actualizada sobre los recursos hídricos de la cuenca (disponibilidad, derechos de agua vigentes, estudios relevantes)	Plataforma de información actualizada sobre los recursos hídricos de la cuenca (disponibilidad, derechos de agua vigentes, estudios relevantes)
I13		SBG		Estudios para suplir brechas de conocimiento: Geofísica, actualización modelación
I14	Información y control sobre recursos hídricos	SBG	Difundir el proceso de denuncias sobre extracciones ilegales de agua	Difundir el proceso de denuncias sobre extracciones ilegales de agua
I15				Dotación de personal para aumentar fiscalización de extracciones en la cuenca.
I16	Información y control sobre recursos hídricos	SBG	Estudio para identificar extracciones ilegales y pozos sin derechos de agua	Estudio para identificar extracciones ilegales y pozos sin derechos de agua
I17	Gobernanza de agua en la cuenca	SBG	Conformación de Organizaciones de Usuarios de Agua	Conformación de Organizaciones de Usuarios de Agua
I18	Gobernanza de agua en la cuenca	SBG	Mesa comunal del agua (para generar propuestas, coordinaciones y cooperaciones a largo plazo), de los distintos actores en torno al tema hídrico	Mesa comunal del agua (para generar propuestas, coordinaciones y cooperaciones a largo plazo), de los distintos actores en torno al tema hídrico
I19				Implementación de proceso de certificación de uso sustentable del agua para principales usuarios de agua en la cuenca y su difusión.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7-2 Listado final de iniciativas a incorporar en el PEGH con plazos, costos y responsables.**

Id ficha	Iniciativas	Plazo [años]	Inversión [millones \$]	Operación anual [millones \$]	Responsable	Fuente financiamiento principal	Fuente financiamiento secundaria
I01	Análisis técnico-económico-legal para corregir imperfecciones del mercado de agua considerando alternativa de desalación.	1	90		DGA	CORFO	FNDR RM FNDR V R
I02	Implementación de piloto de recarga artificial de acuíferos y estudio evaluación de la mejor alternativa de recarga en la subcuenca Estero Yali.	2	210	6	DGA/DOH	SECTORIAL MOP	FNDR RM FNDR V R
I03	Estudio para proyecto de Recarga natural de acuíferos en la subcuenca Estero Yali, implementación y monitoreo posterior.	5	179	9	DOH	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MOP

<b>Id ficha</b>	<b>Iniciativas</b>	<b>Plazo [años]</b>	<b>Inversión [millones \$]</b>	<b>Operación anual [millones \$]</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fuente financiamiento principal</b>	<b>Fuente financiamiento secundaria</b>
I04	Tecnificación del riego.	4	1.050		CNR	SECTORIAL MINAGRI	PRIVADOS/ SECTORIAL MINAGRI
I05	Implementar plataforma tecnológica integral para el funcionamiento de APR.	2	147	110	DOH	SECTORIAL MOP	PRIVADOS/ SECTORIAL MOP
I06	Capacitación, fortalecimiento y acompañamiento técnico para APRs en materias relevantes.	2	60		MUNICIPIO SP Y MUNICIPIO SD	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MUNICIPIOS
I07	Ampliación sistemas de APR: San Enrique, El Convento y proyecto San Pedro Sur.	20	9.274		DOH	SECTORIAL MOP	FNDR RM FNDR V R
I08	Aumentar los puntos de monitoreo rutinario en cuanto a calidad de agua en APR.	5		12	DGA	SECTORIAL MOP	FNDR RM FNDR V R
I09	Estudio sobre requerimientos de caudal ecológico en el área protegida de la cuenca y propuesta de medidas; y Acuerdos para asegurar un caudal ecológico mayor para el área protegida del sitio Ramsar humedal El Yali.	2	200	10	CONAF	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MINAGRI / PRIVADOS
I10	Plan de apoyo para implementar sistemas para el control de extracciones.	1	100	2	DGA	CORFO	CORFO/ PRIVADOS
I11	Ampliación de la red de monitoreo hidrometeorológica de la cuenca (caudales, precipitaciones, niveles de pozos, calidad de agua).	5	683	44	DGA	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MOP
I12	Plataforma de información actualizada sobre los recursos hídricos de la cuenca (disponibilidad, derechos de agua vigentes, estudios relevantes).	2	235	2	DGA	CORFO	FNDR RM FNDR V R
I13	Estudios para suplir brechas de conocimiento: Geofísica, actualización modelación.	1	100		CNR	SECTORIAL MINAGRI	FNDR RM FNDR V R

Id ficha	Iniciativas	Plazo [años]	Inversión [millones \$]	Operación anual [millones \$]	Responsable	Fuente financiamiento principal	Fuente financiamiento secundaria
I14	Difundir el proceso de denuncias sobre extracciones ilegales de agua.	2	10		MUNICIPIO SP Y MUNICIPIO SD	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MUNICIPIOS
I15	Dotación de personal para aumentar fiscalización de extracciones en la cuenca.	5	3	24	DGA	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MOP
I16	Estudio para identificar extracciones ilegales y pozos sin derechos de agua.	1	90		DGA	SECTORIAL MOP	FNDR RM FNDR V R
I17	Conformación de Organizaciones de Usuarios de Agua.	1	100		DGA	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MOP
I18	Mesa comunal del agua (para generar propuestas, coordinaciones y cooperaciones a largo plazo), de los distintos actores en torno al tema hídrico.	2	50		MUNICIPIO SP Y MUNICIPIO SD	FNDR RM FNDR V R	SECTORIAL MUNICIPIOS
I19	Implementación de proceso de certificación de uso sustentable del agua para principales usuarios de agua en la cuenca y su difusión.	1	100	1	MUNICIPIO SP Y MUNICIPIO SD	PRIVADOS	SECTORIAL MINAGRI/ CORFO

Fuente: Elaboración propia.

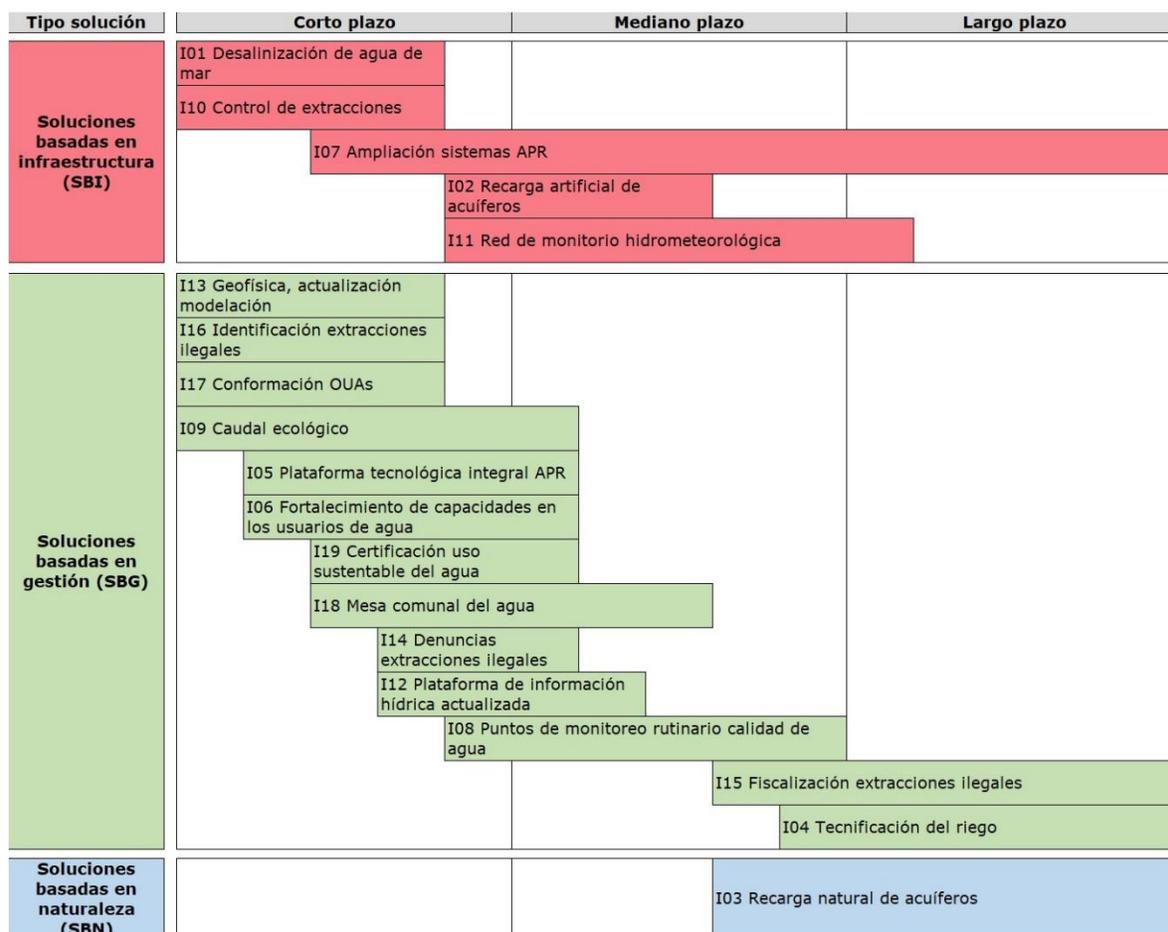
## 7.2 Cronograma de las soluciones

En el esquema presentado en la Figura 7-1 Cronograma de iniciativas del PEGH, se presenta la hoja de ruta propuesta para el PEGH de cuencas Costeras entre Maipo y Rapel. Es el resultado del análisis e integración de los diversos componentes trabajados, priorizados y seleccionados a través de todo el estudio.

## 7.3 Valorización del plan

Las medidas contempladas en el presente Plan ascienden a un valor de inversión de 12.683 millones de pesos. El financiamiento del PEGH se basa principalmente en la coordinación de las entidades públicas, reasignación de presupuesto público, y la gestión de los fondos y/o programas en forma consistente a los objetivos y medidas del Plan.

En la Figura 7-2 y Tabla 7-3 se resume la inversión por entidades responsables donde destaca como principal fuente de inversión para el desarrollo del PEGH la inversión sectorial seguida en menor medida del Fondo Nacional de Desarrollo Regional de la Región Metropolitana o Región de Valparaíso.



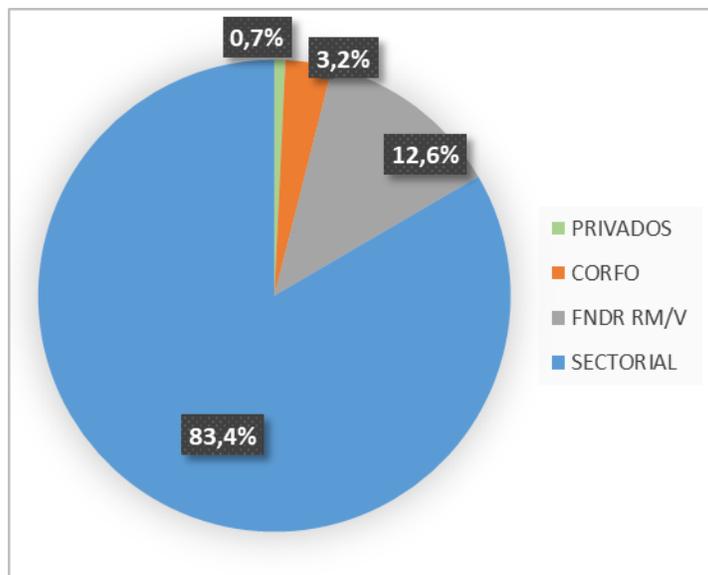
**Figura 7-1 Cronograma de iniciativas del PEGH**

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7-3 Resumen de inversión por entidad responsable.**

Responsable	Inversión [millones \$]
PRIVADOS	100
CORFO	429
FNDR RM/V	1.690
SECTORIAL	11.163
Total	13.382

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7-2 Esquema de inversión por entidad responsable.**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7-4 presenta los valores de Costo Anual Equivalente (CAE) y Valor de Costo (VAC) asociados a las iniciativas priorizadas.

**Tabla 7-4 Costo Anual Equivalente (CAE) y Valor de Costo (VAC) asociados a las iniciativas priorizadas.**

<b>Id fichas</b>	<b>Iniciativas</b>	<b>VAC</b>	<b>CAE [millones de pesos]</b>
I01	Análisis técnico-económico-legal para corregir imperfecciones del mercado de agua considerando alternativa de desalación.	89,93	90,00
I02	Implementación de piloto de recarga artificial de acuíferos y estudio evaluación de la mejor alternativa de recarga en la subcuenca Estero Yali.	221,82	111,04
I03	Estudio para proyecto de Recarga natural de acuíferos en la subcuenca Estero Yali, implementación y monitoreo posterior.	223,46	44,80
I04	Tecnificación del riego.	1.047,90	262,50
I05	Implementar plataforma tecnológica integral para el funcionamiento de APR.	366,56	183,50
I06	Capacitación, fortalecimiento y acompañamiento técnico para APRs en materias relevantes.	59,93	30,00
I07	Ampliación sistemas de APR: San Enrique, El Convento y proyecto San Pedro Sur.	9.196,55	463,70
I08	Aumentar los puntos de monitoreo rutinario en cuanto a calidad de agua en APR.	11,99	2,40
I09	Estudio sobre requerimientos de caudal ecológico en el área protegida de la cuenca y propuesta de medidas; y Acuerdos para asegurar un caudal ecológico mayor para el área protegida del sitio Ramsar humedal El Yali.	219,74	110,00
I10	Plan de apoyo para implementar sistemas para el control de extracciones.	99,92	100,00
I11	Ampliación de la red de monitoreo hidrometeorológica de la cuenca (caudales, precipitaciones, niveles de pozos, calidad de agua).	900,84	180,60
I12	Plataforma de información actualizada sobre los recursos hídricos de la cuenca (disponibilidad, derechos de agua vigentes, estudios relevantes).	238,71	119,50

<b>Id fichas</b>	<b>Iniciativas</b>	<b>VAC</b>	<b>CAE [millones de pesos]</b>
I13	Estudios para suplir brechas de conocimiento: Geofísica, actualización modelación.	99,92	100,00
I14	Difundir el proceso de denuncias sobre extracciones ilegales de agua.	9,99	5,00
I15	Dotación de personal para aumentar fiscalización de extracciones en la cuenca.	122,71	24,60
I16	Estudio para identificar extracciones ilegales y pozos sin derechos de agua.	89,93	90,00
I17	Conformación de Organizaciones de Usuarios de Agua.	99,92	100,00
I18	Mesa comunal del agua (para generar propuestas, coordinaciones y cooperaciones a largo plazo), de los distintos actores en torno al tema hídrico.	49,94	25,00
I19	Implementación de proceso de certificación de uso sustentable del agua para principales usuarios de agua en la cuenca y su difusión.	99,92	100,00

Fuente: Elaboración propia.

## 8 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

En el presente capítulo se presentan las características necesarias para la correcta implementación del PEGH. Se incluye también un resumen con la identificación de las fuentes de financiación previstas.

### 8.1 Estructura del Plan de Gestión

La estructura del PEGH se ha establecido de acuerdo con 4 ejes, alineados según los objetivos del presente estudio:

- **EJE 1:** Uso estratégico del Recurso Hídrico: Brechas entre oferta y demanda, riesgos hídricos
- **EJE 2:** Información y Monitoreo del Recurso Hídrico
- **EJE 3:** Gestión y Gobernanza del Agua
- **EJE 4:** Conservación y Protección del Recurso y del Ecosistema Hídrico.

### 8.2 Plazos de implementación

Los plazos de implementación se muestran en la Tabla 7-2.

### 8.3 Estrategia de Implementación

Para lograr implementar de las iniciativas del PEGH es necesario conocer los diferentes aspectos que puedan influir en la implementación de las acciones del plan, dentro de lo cual se pueden identificar aspectos institucionales, culturales, normativos, económicos, teniendo en consideración el rol de las mujeres y aspectos relacionados con el ciclo político. Este último aspecto guarda relación con el compromiso de las autoridades de los Servicios Públicos clave, ya que son estas autoridades las que validarán y priorizarán las iniciativas de inversión asociadas al Plan, destinarán personal para el seguimiento del PEGH y apoyarán en la convocatoria a reuniones futuras y tendrán un rol activo en el PEGH.

El Plan Estratégico es parte de un proceso de mejoramiento continuo en donde, es necesario ir incorporando constantemente a nuevos actores e iniciativas que puedan ir surgiendo. Como ya se ha mencionado previamente existen factores que influyen en la

implementación del PEGH, y para el éxito de su implementación es necesario considerar al menos:

- Identificación y comunicación con instituciones responsables.
- Generar una buena acogida de las iniciativas por parte de los beneficiarios.
- Disponer de financiamiento.
- Identificar externalidades positivas y negativas de cada medida.

Debido a que los PEGH han sido impulsados por DGA, se considera que sea esta entidad la responsable de estar a cargo de esta herramienta a partir de la coordinación y articulación de un trabajo conjunto entre la Dirección Regional de Aguas de la Región Metropolitana y la DGA Región de Valparaíso. Esto, debido a que ambas Direcciones regionales son conectoras de la realidad territorial de una forma más próxima (que por ejemplo la DGA Nivel Central) y que mantiene vínculos con los actores territoriales, tanto públicos de otros servicios (DOH, CNR u otros) como actores. Resulta relevante fortalecer el vínculo entre DGA y los 2 municipios de la zona de estudio de manera que sean estos gobiernos locales los responsables futuros del Plan.

En la Figura 8-1 se presenta un esquema básico de los pasos propuestos a seguir en la implementación de las iniciativas del PEGH.



**Figura 8-1 Esquema de implementación del PEGH.**

Fuente: Elaboración propia.

## 8.4 Gobernanza del Plan Estratégico

Se plantea que el objetivo central de la gobernanza debe ser lograr la seguridad hídrica, existiendo consenso en la necesidad de integrar criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones ante el cambio climático, con el fin de ayudar a reducir y/o mitigar la incertidumbre que genera este.

Por su parte, el Plan Estratégico para la gestión de la cuenca es parte de un proceso de mejoramiento continuo, definido en tres etapas: Formulación, Implementación, y Seguimiento y Evaluación, en las cuales se propone integrar la dimensión de la gobernanza para su desarrollo.

De esta forma, en la etapa de formulación del plan se requiere la creación de una instancia que permita la participación y vinculación de los distintos actores relacionados con la gestión de los recursos hídricos, usuarios directos e indirectos, que denominaremos Mesa PEGH. En este sentido, la Mesa PEGH podría evolucionar en su rol, adquiriendo una orgánica que le permita conducir en el tiempo los procesos estratégicos del plan, en este caso, su formulación y actualización. Además, podría ser la instancia que dirima los vacíos o superposiciones que existen entre las funciones de los distintos Servicios Públicos y actores presentes en el territorio. Sin embargo, esta posibilidad requiere que las decisiones de la mesa sean vinculantes, al menos en alguna medida, por lo que se debe avanzar hacia niveles deliberativos en la gobernanza del agua, teniendo en cuenta los límites y reglamentación vigente para ello.

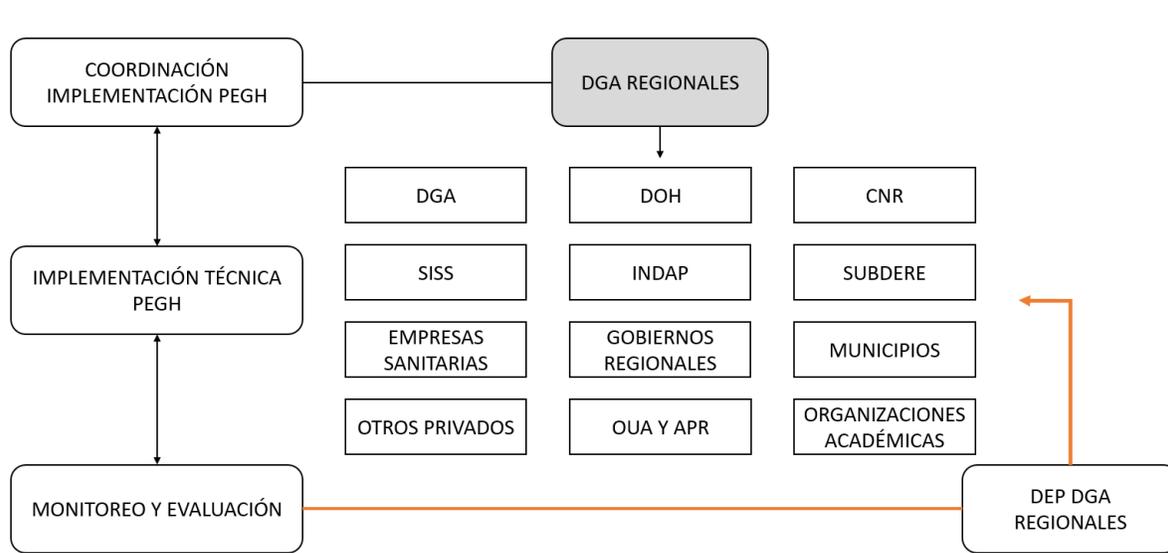
Para la implementación del PEGH se requiere atender a diversos factores que incidirán o afectarán su buen desarrollo, tales como la precisión de las responsabilidades institucionales, el interés y confianza de los actores involucrados en el plan, los recursos financieros disponibles, el fortalecimiento de las capacidades técnicas en los equipos territoriales y los imponderables u otras externalidades positivas o negativas particulares de la o las iniciativas del plan.

Asimismo, la etapa de implementación del plan requiere contar con una instancia de coordinación, ausente actualmente en la cuenca, y que facilite el trabajo conjunto de las distintas entidades responsables de llevar a cabo las iniciativas ya identificadas. También, se hace necesaria dicha instancia de coordinación para las etapas de seguimiento y evaluación, que se haga cargo de llevar un registro permanente de los

indicadores, y facilite las revisiones periódicas del Plan Estratégico formulado, permitiendo su actualización.

En particular, en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel, los actores clave en la gobernanza de la misma son sin duda las organizaciones públicas vinculadas directamente a la gestión del recurso hídrico, los Municipios de San Pedro y Santo Domingo, y los comités de APR del territorio, las que, a pesar de presentar diversos grados de organización y desarrollo, son entidades de relevancia que se enlazan con la acción de las instituciones públicas. De este modo, no es posible una buena gestión del recurso sin el fomento de las relaciones entre organismos públicos y privados en este tema.

La Figura 8-2 muestra una propuesta de modelo de gobernanza, consistente en una mesa técnica coordinada por DGA y Mesa PEGH, cuyos miembros son los distintos grupos de actores que fueron mapeados y analizados en el estudio.

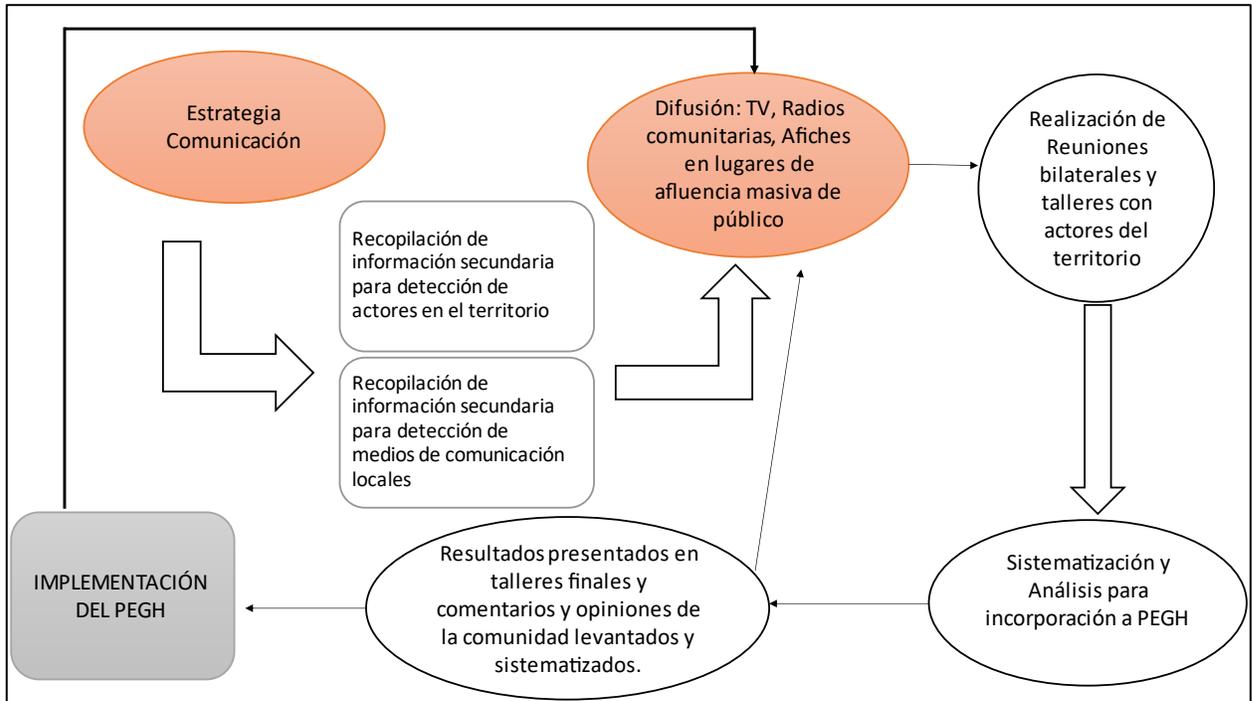


**Figura 8-2 Esquema de Gobernanza para el PEGH**

Fuente: elaboración propia.

## 8.5 Estrategia de comunicación

La estrategia comunicacional del PEGH considerará a los actores que participaron de este proceso, en vista de que se vinculan con la necesidad de implementar una estrategia de Gobernanza pertinente a la cuenca. Para establecer esta estrategia, se presentan las actividades llevadas a cabo durante la consultoría, seguido de las propuestas futuras. El resumen las actividades de comunicación y difusión durante el proyecto en la Figura 8-3.



**Figura 8-3 Estrategia comunicacional PEGH**

Fuente: elaboración propia.

En una propuesta de estrategia comunicacional a considerar para la adecuada implementación del PEGH en la cuenca, la estrategia deberá estar desarrollada en función de tres objetivos:

- Difundir el alcance y los contenidos del PEGH propuesto.
- Informar a los actores relevantes y otros actores del territorio acerca de los avances en la implementación del PEGH.
- Corroborar la aceptación de las iniciativas del PEGH por parte de los potenciales beneficiarios directos.

## 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

En este capítulo se detalla el Plan de monitoreo del PEGH, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados, con el objetivo de evaluar la eficacia de la implementación del PEGH, estableciendo para ello indicadores que permitan seguir el grado de cumplimiento de las iniciativas y de los objetivos definidos para el PEGH.

### 9.1 Plan de Monitoreo

El Plan de monitoreo del PEGH busca establecer el grado de cumplimiento en el tiempo de las iniciativas del PEGH, y así, evaluar el grado de avance para alcanzar los objetivos formulados por el plan a través de un modelo de seguimiento.

La cartera de acciones del PEGH considera un total de 19 iniciativas, de las cuales se consideraron 1 propuesta vigente<sup>1</sup> y 18 propuestas nuevas. El Plan de Monitoreo se centrará como índice de cumplimiento, tanto las iniciativas propuestas como de otros planes; si bien estas últimas poseen sus propios tiempos de implementación establecidos y el plan de monitoreo no tiene injerencia directa sobre ellas, se considera importante, dada la coherencia que debe tener del plan en su totalidad, al aplicar el Monitoreo correspondiente.

El PEGH centrará sus esfuerzos en dar seguimiento anualmente a los indicadores establecidos para los primeros 5 años. Para el periodo posterior (mediano y largo plazo) el Plan de monitoreo deberá ser evaluado, actualizado y rediseñado.

Entre los indicadores propuestos, se cuentan:

**Indicadores Generales.** Cuantifican el grado de avance del plan a nivel global, considerando la relación existente entre iniciativas comenzadas y/o finalizadas versus la programación planificada según la carta Gantt.

**Indicadores Específicos.** Dan cuenta del porcentaje de avance de la implementación de las iniciativas clave del PEGH.

---

<sup>1</sup> Se refiere a iniciativas en la cartera vigente. En este caso, corresponde a la iniciativa I07 Ampliación sistemas de APR: San Enrique, El Convento y proyecto San Pedro Sur.

**Parámetro de referencia.** Para los indicadores generales representa el número de iniciativas totales por año que deben ser comenzadas o finalizadas para dar cumplimiento en un 100% a la planificación del PEGH. Para los indicadores específicos representa el tiempo al cual la iniciativa debe estar 100% implementada. Este parámetro es sólo referencial y ayudan a la determinación de los umbrales del Plan de Monitoreo.

**Umbrales.** Los umbrales corresponden a los valores de avance mínimos aceptados para cada tipo de indicador presentados.

**Frecuencia de revisión:** El plan de monitoreo considera el seguimiento de la implementación de las iniciativas durante los primeros cuatro años (2022-2025), a través de los indicadores descritos anteriormente. Y se contempla una evaluación y rediseño del plan en su conjunto durante el quinto año, donde una de las variables a evaluar y rediseñar es el PEGH.

**Plan de Acción.** Si la evaluación realizada a través del Plan de monitoreo indica que no se ha cumplido con los umbrales definidos, es decir, existen desviaciones importantes respecto de lo planificado, se ejecutará un plan de acción, que tiene por objetivo replanificar el PEGH de modo de cumplir con los objetivos propuestos en los tiempos propuestos.

El Plan de Monitoreo del PEGH se muestra en la Tabla 9-1, detallando los indicadores generales y específicos, los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido por indicador de seguimiento.

Tabla 9-1 Plan de Monitoreo de PEGH.

Tipo de indicador	Indicador de seguimiento	Umbral
General	PIC N° de iniciativas comenzadas/N° iniciativas planificadas al año	Umbral PIC 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+4
	PICa N° de iniciativas comenzadas acumuladas/N° iniciativas acumuladas planificadas al año	Umbral PICa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
	PIF N° de iniciativas finalizadas/N° iniciativas planificadas al año	Umbral PIF 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar al año i hasta i+4
	PIFa N° de iniciativas finalizadas acumuladas/N° iniciativas finalizadas acumuladas planificadas al año	Umbral PIFa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación el año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado)
Específico	Porcentaje de avance de cada iniciativa	Soluciones definitivas para APR (0%)
	Aporte al balance hídrico de las iniciativas	Seguimiento anual del aporte hídrico de las iniciativas (hm <sup>3</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

Según lo indicado anteriormente, el Plan de Monitoreo, en caso de incumplimiento de los indicadores requerirá un plan de acción, dependiendo del periodo de tiempo considerado:

- **Para los primeros 4 años (año i hasta i+4):** El objetivo del Plan de Acción sería reprogramar o replanificar las iniciativas atrasadas para el año siguiente al originalmente programado.
- **Año 5 (año i+5):** El objetivo del Plan de Acción en este periodo es analizar si el PEGH ha cumplido en un 100% con su planificación.

## **9.2 Mecanismos de evaluación, actualización y toma de decisiones**

Es necesario que el PEGH sea evaluado para determinar si el diseño original sigue vigente al cabo de su primer ciclo de 5 años, así como en ciclos consecutivos del mismo periodo.

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

1. Actualización del diagnóstico en las cuencas Costeras entre Maipo y Rapel en materia de recursos hídricos, con especial atención a las brechas entre oferta y demanda, el estado de la infraestructura, la situación de gobernanza en el territorio y el estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca, solución de brechas de información identificadas en el desarrollo del PEGH. Considera recopilar, revisar y analizar los nuevos antecedentes generados durante los 5 años de implementación del PEGH.
2. Actualización de las problemáticas, brechas y cartera actual de acciones generadas en la cuenca a nivel público como privado.
3. Actualización del modelo hidrológico superficial-subterráneo con la nueva data disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.
4. Evaluación de nuevos escenarios de gestión a través de la herramienta de modelación disponible.
5. Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.
6. Evaluación del resultado del Plan de Monitoreo el año i+4, mediante la cuantificación de las iniciativas no comenzadas/finalizadas del PEGH.

En base a lo anterior, la DGA deberá definir cómo abordar la reformulación del PEGH, ya sea a través de medios propios o con apoyo externo al servicio, estableciendo:

- Revisión y/o actualización de los ejes y objetivos específicos del PEGH.
- Revisión y/o actualización de las iniciativas ya iniciadas, e incorporación de nuevas acciones, a corto/mediano/largo plazo.

Si corresponde, actualización del Plan de Monitoreo asociado al PEGH.