



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS TOLTÉN Y BUENO

RÍO BUENO

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

**UTP PLATAFORMA DE INVESTIGACIÓN EN
ECOHIDROLOGÍA Y ECOHIDRÁULICA LIMITADA
ECOHD Y UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO UV**

S.I.T N° 486

SANTIAGO, DICIEMBRE 2021

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Sr. Alfredo Moreno Charme**

**Director General de Aguas
Ingeniero Comercial Sr. Óscar Cristi Marfil**

**Jefe División Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Mauricio Lorca Miranda**

**Inspectora Fiscal
Ingeniera Civil Sra. Andrea Osses Vargas**

**Inspector/a Fiscales Subrogantes
Constructora Civil Sra. Cecilia Roa Espinoza
Ingeniero Civil Sr. Miguel Caro Hernández**

**Especialista SIG
Cartógrafo Sr. Guillermo Tapia Molina**

**Asesor Modelación Integrada
Ingeniero Civil Sr. Pedro Sanzana Cuevas**

**UTP PLATAFORMA DE INVESTIGACIÓN EN ECOHIDROLOGÍA Y ECOHIDRÁULICA
LIMITADA – ECOHYD Y UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO - UV**

Jefe de Proyecto

Ingeniero Civil Sr. Matías Peredo Parada

Profesionales Equipo Especialistas

Bióloga Sra. Rafaela Retamal Díaz

Ingeniero Civil Sr. David Poblete López

Ingeniero Civil Sr. Alonso Arriagada

Licenciado en Sociología Sr. Félix Rojo Mendoza

Ingeniero Agrónomo Sr. Oscar Melo Contreras

Cartógrafo Sr. Javier Fuentes Torrejon

Profesionales Equipo Complementario

Biólogo Marino y Ambiental Sr. Shaw Nozaki Lacy

Ingeniero Civil Sr. Jonás Valdivieso Bravo

Ingeniero Civil Sr. Lenín Henríquez Dole

Ingeniera Civil Sra. Cecilia Urrutia Romero

Ingeniera Civil Sra. Macarena Casanova Torres

Licenciada en Historia Sra. Viviana Chávez Mancilla

Cientista Político Sra. Carolina Pereira Vega

Ingeniero Ambiental Sr. Marcelo Soto Moya

Ingeniero Civil Sr. Juan Pablo Herane Espinosa

Ingeniero Civil Sr. Lenín Henríquez Dole

Ingeniero Civil Sr. Juan Pablo Herane Espinosa

Ingeniero Civil Sr. Manuel Carvalho Arrau

Ingeniera Civil Sra. Diana Quevedo Tejada

Bióloga Sra. Diana Bendek Quintero

ESTRUCTURA DEL INFORME FINAL Y DOCUMENTOS ANEXOS

- **Informe final**
- **Resumen ejecutivo**
- **Anexo A - Abreviaturas**
- **Anexo B - Referencias**
- **Anexo C - Glosario**
- **Anexo D- Figuras**
- **Anexo E - Antecedentes recopilados**
- **Anexo F – Aspectos metodológicos del plan de cuenca**
- **Anexo G - Proyecto SIG**
- **Anexo H - Modelo hidrológico acoplado**
- **Anexo I – Detalles procesos participativos**
- **Anexo J – Descripción y diagnóstico de la cuenca**
- **Anexo K - Plan de acción**

ÍNDICE

Página

1	<u>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO</u>	8
1.1	INTRODUCCIÓN	8
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo general	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
1.3	Caracterización de la cuenca	11
2	<u>PRINCIPALES RESULTADOS</u>	13
2.1	Balance hídrico	13
2.1.1	Oferta actual y futura	13
2.1.2	Demanda actual y futura	19
2.1.3	Brecha hídrica	27
2.1.4	Sustentabilidad	29
2.2	Calidad del agua y medio ambiente	30
2.3	Gobernanza del agua a nivel de cuenca	36
2.4	Brechas de coordinación	39
2.5	Brechas de información	40
3	<u>PLAN DE ACCIÓN</u>	40
3.1	Estructura del Plan de Gestión	41
3.2	Acciones del Plan	41
4	<u>CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS</u>	49
4.1	Evaluación conjunta del plan	55
4.2	Valorización económica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica	60
4.2.1	Distribución de costos por actores	62
4.3	Cronograma de las soluciones	63
5	<u>IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN</u>	65
5.1	Hitos de referencia en la implementación del Plan	65
5.2	Estrategia de implementación	66
5.2.1	Aspectos institucionales	66
5.3	Aspectos de financiamiento	69
6	<u>MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN</u>	75
6.1	Indicadores	75
6.2	Seguimiento	78
7	<u>MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES</u>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1-1. Mapa conceptual metodológico del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca Río Bueno. ...	9
Figura 1-2. División político-administrativa comunal de la cuenca Río Bueno.	12
Figura 2-1. Balance Hídrico anual 1990-2050, cuenca Río Bueno.	14
Figura 2-2. Disponibilidad Hídrica anual 1990-2050. Cuenca Río Bueno.	14
Figura 2-3. Balance hídrico mensual por décadas. Periodo 1990-2050, Cuenca Río Bueno.	15
Figura 2-4. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Medio.	16
Figura 2-5. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Superior Norte.	17
Figura 2-6. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Superior Sur.	18
Figura 2-7. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Rahue.	19
Figura 2-8. Estimación de la DHF para Agua Potable Rural [hm ³ /año].	20
Figura 2-9. Estimación de la DHF para Agua Potable Urbana [hm ³ /año].	20
Figura 2-10. Resumen de la demanda hídrica de tipo consuntiva para diferentes usos.	25
Figura 2-11. Resumen de la Demanda Hídrica de tipo consuntiva para uso Agrícola.	26
Figura 2-12. Demanda hídrica actual y futura de tipo no consuntiva en la cuenca.	26
Figura 2-13. Brecha para agua potable rural, demandas agrícolas bajo riego, y demandas consuntivas del Río Bueno.	28
Figura 2-14. Los tipos de territorios inundados dentro de la cuenca Río Bueno, según el Inventario Nacional de Humedales. El sector de Humedal Las Vegas de Trumao es indicado en detalle.	33
Figura 2-15. Áreas protegidas privadas dentro de la cuenca Río Bueno.	35
Figura 2-16. Mapa de actores, según nivel de influencia e interés, de las instituciones públicas y organizaciones sociales presentes en la cuenca Río Bueno.	38
Figura 3-1. Estructura del Plan Estratégico.	41
Figura 4-1. Criterios considerados para la priorización de las actividades a implementar en el Plan Estratégico.	50
Figura 4-2. Distribución de la priorización de acciones.	55
Figura 4-3. Esquema temporal de la simulación del PEGH para la cuenca Río Bueno.	56
Figura 4-4. Variación de la brecha total al implementar el PEGH en la cuenca Río Bueno.	57
Figura 4-5. Evolución temporal de la brecha agrícola bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.	57
Figura 4-6. Evolución temporal de la cobertura de la demanda agrícola bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.	58
Figura 4-7. Evolución temporal de la brecha de agua potable bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.	59
Figura 4-8. Evolución temporal de la cobertura de agua potable bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.	59
Figura 4-9. Distribución de los costos de implementación y operación por área temática de las acciones pertenecientes al Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca Río Bueno.	61
Figura 4-10. Distribución de los costos de implementación y operación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica del Río Bueno.	61
Figura 4-11. Distribución anual del costo del Plan.	62

Figura 4-12. Línea de tiempo de implementación de las acciones.	64
Figura 5-1. Estructura del Plan Estratégico.	66
Figura 5-2. Gobernanza del agua propuesto.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 2-1. DAA otorgados para uso Silvoagropecuario y Uso de Riego.....	21
Tabla 2-2. Demanda Evapotranspirativa según tipo de riego. Cuenca Río Bueno.	22
Tabla 2-3. Demanda Hídrica para consumo ganadero.	22
Tabla 2-4. Estimación futura de la demanda hídrica en ganadería.	23
Tabla 2-5. Demanda hídrica actual por DAA consuntivos en Pisciculturas.	23
Tabla 2-6. Demanda hídrica actual por DAA no consuntivos en Pisciculturas.	24
Tabla 2-7. Estimación futura de la demanda hídrica en pisciculturas	24
Tabla 2-8. Demanda Hídrica por Hidroeléctricas en la cuenca Río Bueno.	24
Tabla 2-9. Estimación futura de la demanda hídrica en hidroelectricidad.	25
Tabla 2-10. Resumen de criterios de Sustentabilidad para el caso base IPSL.....	30
Tabla 2-11. Evaluación de ICA general en cada SHAC de la cuenca Río Bueno.	32
Tabla 2-12. Evaluación de las extensiones de áreas inundados dentro de la cuenca Río Bueno.	32
Tabla 2-13. Cantidad de organismo o instituciones presentes en la cuenca Río Bueno con vinculación en el recurso hídrico.	36
Tabla 3-1. Resumen de las acciones necesarias para disminuir las brechas identificadas en la cuenca río Bueno.....	43
Tabla 4-1. Regla de priorización de las acciones.....	51
Tabla 4-2. Priorización de las iniciativas definidas.....	52
Tabla 4-3. Promedio decadales de los indicadores del plan PEGH en la cuenca Río Bueno y su comparación con el escenario futuro e histórico.....	56
Tabla 4-4. Distribución de costos por actores y plazos.	62
Tabla 5-1. Hitos del PEGH de la cuenca Río Bueno.	65
Tabla 5-2. Rol de las instituciones sectoriales y regionales en la implementación del Plan.	66
Tabla 5-3. Fuentes de financiamiento para la ejecución del PEGH.	71
Tabla 6-1. Indicadores del Plan.	76

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A continuación, se presenta la introducción al Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del río Bueno (en adelante PEGH), y los objetivos general y específicos abordados en el desarrollo de este Plan.

1.1 INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado de Chile que se encarga de planificar el desarrollo del recurso agua en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, promoviendo su gestión y administración en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación y uso eficiente, tanto para el consumo humano, como la producción de bienes y servicios y la conservación del medio ambiente.

Actualmente, dicho contexto es complejo. Se combina la necesidad de información para apoyar una gestión integrada del agua a nivel de cuenca con una alta presión de uso sobre los recursos hídricos en sus diferentes formas y un clima cambiante con pronósticos poco alentadores a nivel mundial (IPCC, 2014), que acentúan procesos como la megasequía que se vive en Chile desde 2010 (Núñez y Verbist, 2018).

Considerando lo anterior, la Dirección General de Aguas dio paso a una iniciativa a nivel país, para llevar a cabo el desarrollo de planes estratégicos en gestión hídrica para todas las cuencas del territorio nacional, priorizando la ejecución de estos según la alta presión de uso y la ubicación de la cuenca o cuencas en estudio en zonas afectadas por la crisis climática global y el efecto de la megasequía.

Es así como la cuenca Río Bueno entró en proceso de ser estudiada desde una visión integral, a escala de cuenca y en un horizonte de tiempo de 30 años al futuro, que permita a los tomadores de decisiones gestionar el recurso hídrico de la cuenca considerando las necesidades de todos los actores relevantes.

Este plan consideró diversas actividades que interactuaron entre sí, de tal forma que permitieron el diseño de un plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca, PEGH *ad hoc* para la cuenca (ver Figura 1-1). Las principales actividades desarrolladas fueron:

1. Recopilación y sistematización de antecedentes.
2. Descripción de la cuenca.
3. Diagnóstico de la cuenca.
4. Modelación hidrológica integrada.
5. Participación ciudadana.
6. Plan de acción.
7. Proyecto SIG.

Se inició con la caracterización y descripción de la cuenca en aspectos físicos, geográficos, clima, recursos superficiales y subterráneos, infraestructura, calidad de agua, medio ambiente y gobernanza en institucionalidad.

A continuación, se mostrará el diagnóstico de la cuenca al momento del estudio y a 30 años adelante, pudiendo determinar la brecha existente entre un estado ideal de la cuenca y el estado actual diagnosticado. Para el desarrollo del diagnóstico fue fundamental la aplicación de entrevistas, reuniones sectoriales y talleres de diagnóstico, actividades de Participación Ciudadana.



Figura 1-1. Mapa conceptual metodológico del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia a partir de los requerimientos planteados en las Bases Técnicas (Resolución D.G.A. Exenta 1611, 11 de septiembre de 2020).

De forma simultánea se desarrolló la modelación superficial en la plataforma WEAP, la modelación hidrogeológica en MODFLOW, y la integración de ambos modelos y la elaboración del sistema de información geográfica del PEGH.

Los productos obtenidos de la modelación fueron fundamentales para el PEGH ya que apoyaron en el análisis de las estrategias de desarrollo, con el fin de tomar las decisiones en función de la mejor información disponible. Por su parte, las instancias de participación ciudadana fueron fundamentales, permitieron conocer desde la fuente las problemáticas locales, tanto acerca del recurso hídrico como de gobernanza e institucionalidad.

Finalmente, el sistema de información geográfica facilitó la presentación de la información territorial, su actualización, manipulación y modificaciones futuras, dando trazabilidad y permanencia al conocimiento generado a nivel espacial.

En conjunto, todas estas actividades dieron soporte al diseño del PEGH, iniciando por la creación de un portafolio de acciones que pretenden cerrar las brechas identificadas, su priorización en términos económicos, temporales y de impacto en la brecha y la definición de las instituciones y actores involucrados, para finalmente disponer de una hoja de ruta realizable y medible a corto, mediano y largo plazo, dirigido a DGA, DOH, Ministerio de Medioambiente, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Energía, Ministerio de Minería, Organizaciones de Usuarios de Aguas, Gobiernos Regionales, Empresas privadas, sólo para mencionar los principales actores involucrados en la gestión eficiente del agua y la adaptación de las diversas actividades de desarrollo socioeconómico y medioambiental al cambio climático.

Este PEGH evalúa la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para todas las actividades y usos presentes en la cuenca, priorizando el consumo humano, otorgando un uso sustentable del recurso para así poder satisfacer las necesidades actuales y de futuras generaciones.

1.2 OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos general y específicos de este estudio:

1.2.1 Objetivo general

Proponer un plan estratégico indicativo para las cuencas de los Ríos Toltén y Bueno, que considere las particularidades de sus recursos hídricos, para así (i) conocer oferta y demanda histórica, actual y potencial de agua, (ii) establecer balance hídrico y sus proyecciones a 30 años, (iii) diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico, y (iv) proponer 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 la sustentabilidad en cantidad y calidad, y mejoren la gestión u gobernanza de las aguas a nivel de cuencas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Conocer el estado actual de las cuencas de los Ríos Toltén y Bueno en cuanto a oferta hídrica, demanda hídrica, balance de agua (tanto en cuanto a sus derechos de aprovechamiento de aguas, como a sus demandas de agua) y sus respectivas herramientas de cálculo y estimación (modelos), control de extracciones, calidad bio-físico-química de fuentes de agua superficiales y subterráneas, gobernanza y

- gestión del agua a nivel de la cuenca y red hidrométrica superficial, subterránea, de calidad, de glaciología y nieves.
2. Construir y/o actualizar modelos de simulación hidrológicos de la cuenca, y su integración a nivel superficial-subterráneo.
 3. 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.
 4. Diagnosticar estado de la calidad de agua 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.
 5. Diagnosticar el estado de infraestructura hidráulica presente (estado de funcionamiento, antigüedad y confiabilidad de los sistemas) y proponer acciones tendientes a mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterránea, de montaña y glaciares).
 6. Identificar 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. Se deberá establecer un caso base y distintos escenarios para la evaluación.
 7. Entregar estrategias para mejorar la toma de decisiones, mediante la utilización de modelos operativos de gestión, los cuales deben tener escenarios planificación a corto, mediano y largo plazo, y ser adaptativos en el tiempo.
 8. 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 mercados de derechos de agua, para así incrementar cualitativamente la inversión requerida en infraestructura e investigación.

1.3 Caracterización de la cuenca

La cuenca Río Bueno posee una superficie de 15.158 km², colinda por el norte con la cuenca del Río Valdivia y por el sur con las "Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo". La cuenca en su división político-administrativa es parte de la región de Los Ríos y la región de Los Lagos, comprendiendo la totalidad o parte de las comunas de La Unión, Paillaco, Futrono, Lago Ranco, Río Bueno, San Pablo, San Juan de la Costa, Osorno, Puyehue, Río Negro, Puerto Octay, Purranque, Frutillar, Fresia, Llanquihue y San Juan de la Costa. La Figura 1-2 muestra la ubicación de dichas comunas dentro de la cuenca Río Bueno.

2 PRINCIPALES RESULTADOS

El PEGH se ha construido principalmente a partir del diagnóstico sobre el balance hídrico actual (1980-2019) y proyectado (2020-2050), la calidad del agua superficial y subterránea y la gobernanza e institucionalidad en la cuenca. A continuación, se presentan los principales resultados entorno a estos temas y las brechas identificadas.

2.1 Balance hídrico

El balance hídrico actual y proyectado surge del contraste sobre la oferta hídrica superficial y subterránea y las demandas presentes en la cuenca.

2.1.1 Oferta actual y futura

En la Figura 2-1 se muestran los resultados del Balance Hídrico en la cuenca Río Bueno obtenidos a partir del modelo acoplado WEAP-Modflow a nivel de totales anuales considerando el caudal superficial que sale de la cuenca, de manera de mostrar la evolución de los componentes del balance a través del tiempo. El ejercicio se realiza desde 1990 al 2050 (antes de 1990 se considera período de calentamiento del modelo, y hacia futuro se usa el escenario de cambio climático. La Figura 2-2 corresponde a la disponibilidad hídrica, es decir, a los flujos entrantes y salientes sin considerar la descarga del río de la cuenca. Se observa una tendencia del balance a valores positivos, por lo que el agua estaría siendo almacenada en la cuenca.

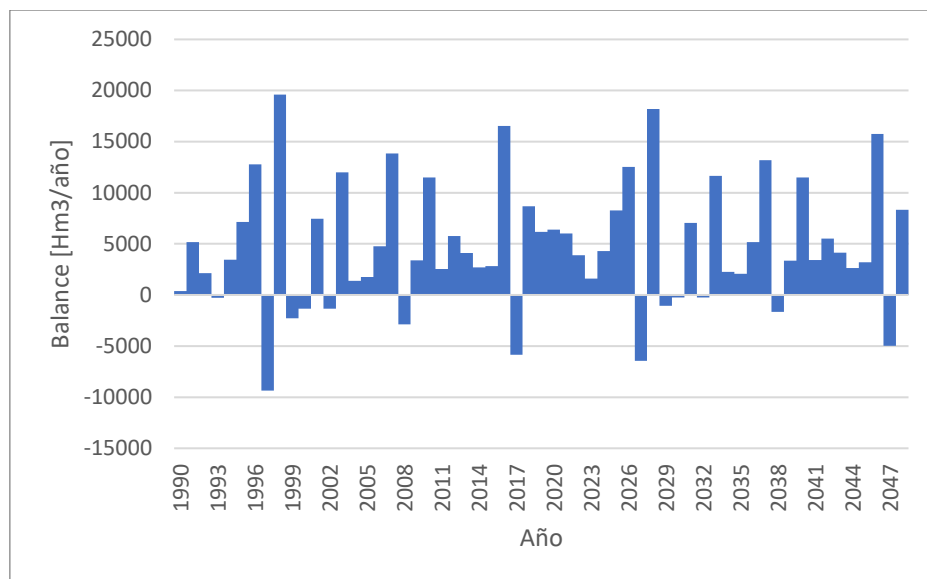


Figura 2-1. Balance Hídrico anual 1990-2050, cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

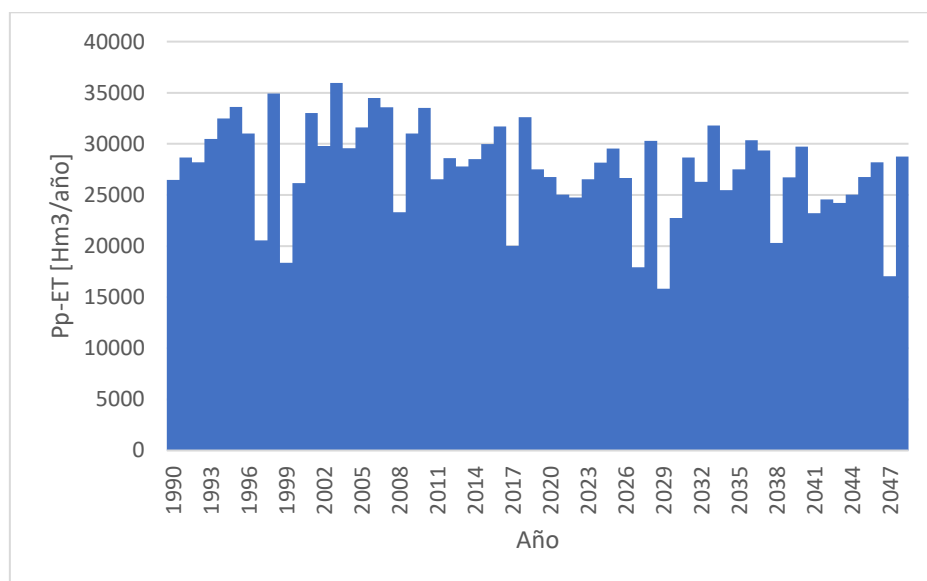


Figura 2-2. Disponibilidad Hídrica anual 1990-2050. Cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

Siendo el balance positivo, se pronostica que en general, a futuro el balance será menos positivo, más neutro. Lo anterior se explica por la disminución en el afloramiento hacia los ríos y la mayor retención del agua subterránea en el sistema, lo que se traducirá en una disminución de los caudales superficiales, además de una caída en la precipitación. Ante esto es importante conocer los caudales ambientales necesarios para la conservación de ecosistemas y usos in situ como el turismo.

En la Figura 2-3 se muestra el balance hídrico mensual para las décadas estudiadas, en donde se observa una disminución de la disponibilidad entre el periodo histórico 1990-2020 y el periodo futuro 2020-2050. Aunque existe una disminución de la disponibilidad de agua a futuro, y puede existir una situación crítica del recurso, no se observa en ningún mes un déficit.

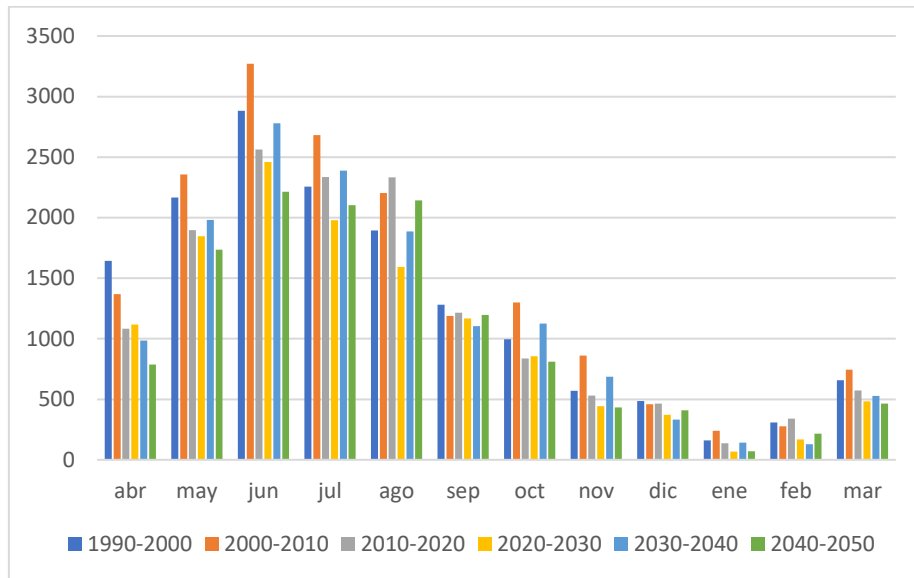


Figura 2-3. Balance hídrico mensual por décadas. Periodo 1990-2050, Cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

En general se puede apreciar que las precipitaciones han ido disminuyendo desde la década de 1990 hasta la fecha, pasando de 38.767 hm³ o 2527 mm anuales a los 35.9265 hm³ o 2342 mm de la última década. La evapotranspiración varía levemente debido al aumento de temperatura, pero sin una tendencia marcada. Los consumos humanos (agua potable), los industriales y la ganadería aparecen proporcionalmente mucho menores que otros flujos. Con respecto al caudal de descarga de la cuenca, se pronostica que esté presente una disminución importante de aproximadamente un 20%, producto principalmente de la disminución de las precipitaciones, pero también de la menor cantidad de agua almacenada en acuíferos y subsuelo que alimentaban a su vez a pequeñas quebradas y cursos superficiales y subsuperficiales. Finalmente, la recarga neta al acuífero, es decir considerando sus recargas y descargas, muestra que hay décadas en las cuales la recarga es positiva, pero en la última década en conjunto los acuíferos descargan más de lo que reciben.

Tanto la superficie constante agrícola bajo riego (y su demanda evapotranspirativa) como las disminuciones en las precipitaciones totales generan balances positivos con valores cada vez más pequeños.

Respecto a los volúmenes almacenados y proyectados para el año 2050, estos fueron calculados para cada uno de los SHAC modelados (Bueno superior norte y sur, Bueno Medio y Rahue)

Como se observa en la Figura 2-4, se presenta la gráfica de los volúmenes almacenados totales para el SHAC Bueno Medio. Se aprecia que los volúmenes presentan una baja desde un valor de 7.000 [Hm³], hasta el año 1995, en donde disminuye hasta 6.500 [Hm³], aproximadamente Posteriormente, presenta un alza en sus valores presentando una tendencia hacia la estabilización.

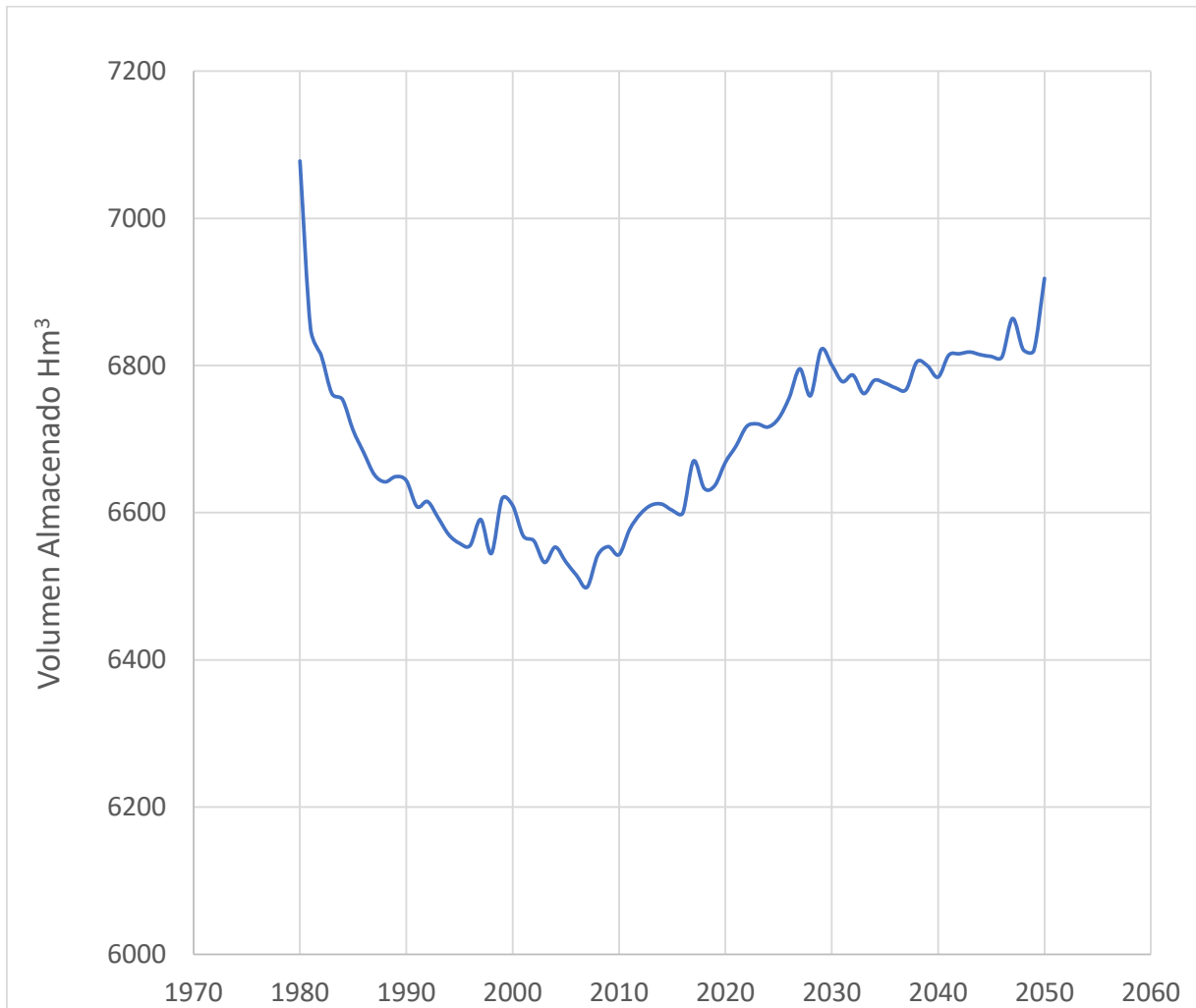


Figura 2-4. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Medio.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

En la Figura 2-5, se presenta la gráfica de los volúmenes extraíbles del SHAC Bueno Superior Norte, al igual que en Bueno Medio, se observan pequeñas oscilaciones de carácter

estacionarios, pero siempre con tendencia al alza, comenzando de un valor igual a 380 m³, aproximadamente hasta 570 Hm³.

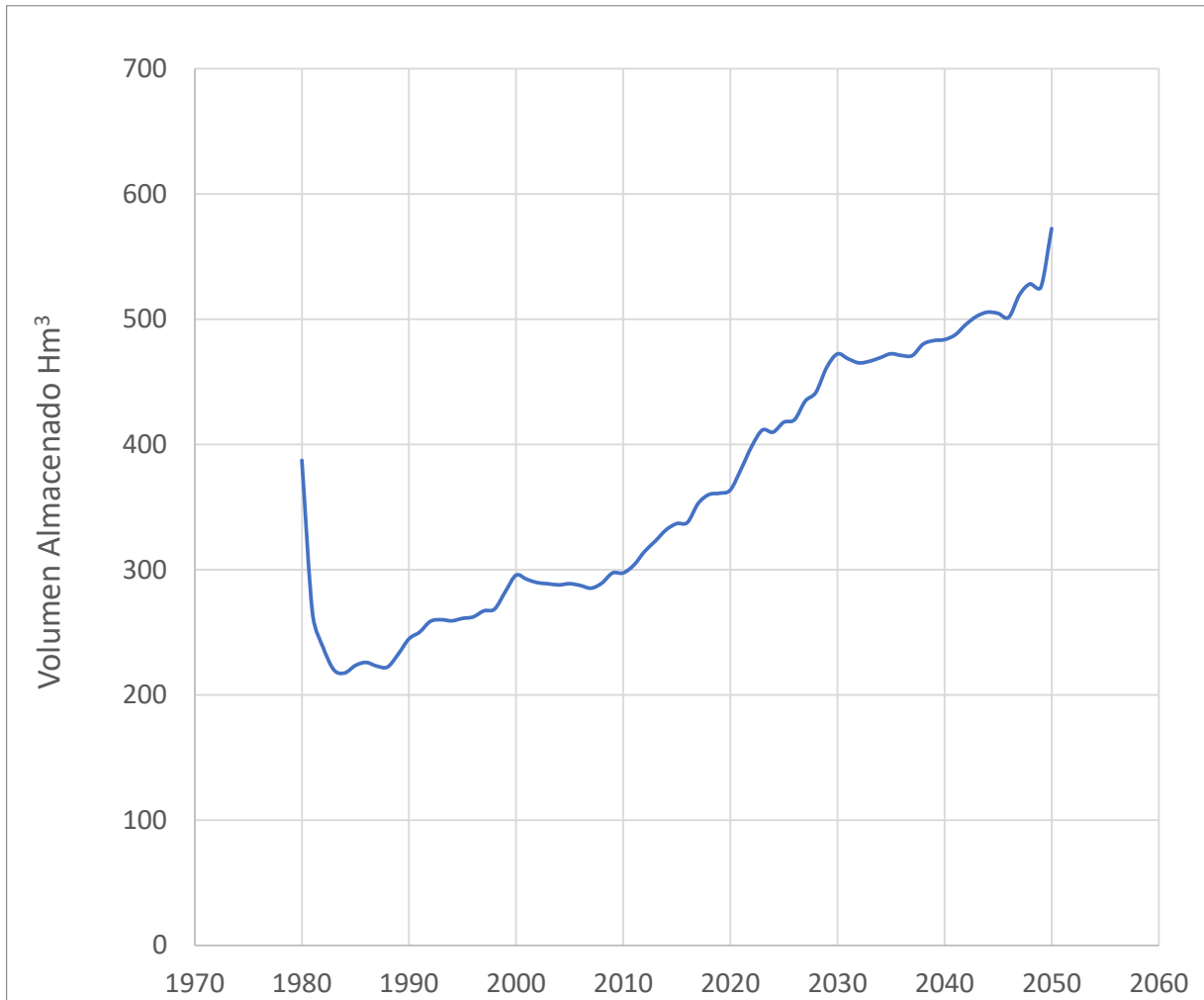


Figura 2-5. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Superior Norte.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

En la Figura 2-6, se presenta la gráfica de los volúmenes extraíbles del SHAC Bueno Superior Sur, en esta gráfica se observa que desde el inicio presenta una tendencia a la disminución en los valores de volúmenes almacenados, comenzando de 1.800 Hm³, hasta un valor igual a 1.580 Hm³, aproximadamente. Posteriormente los valores se estabilizan en torno a los 1.600 Hm³.

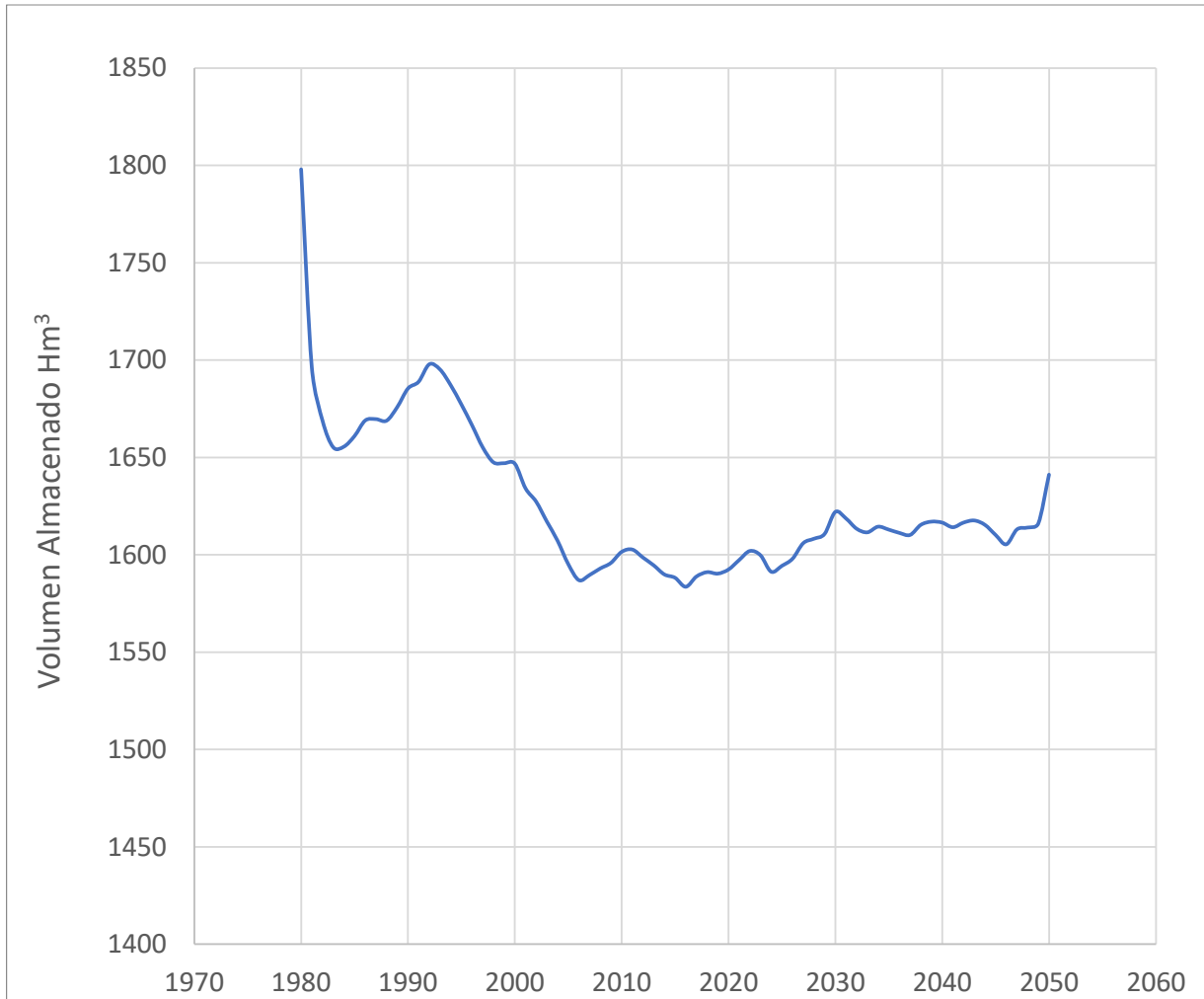


Figura 2-6. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Bueno Superior Sur.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

En la Figura 2-7, se presenta la gráfica de los volúmenes extraíbles del SHAC Rahue, se observa en la gráfica un ascenso sostenido, comenzando de 110.000 Hm³, hasta estabilizarse en el año 2030 en 135.000 Hm³.

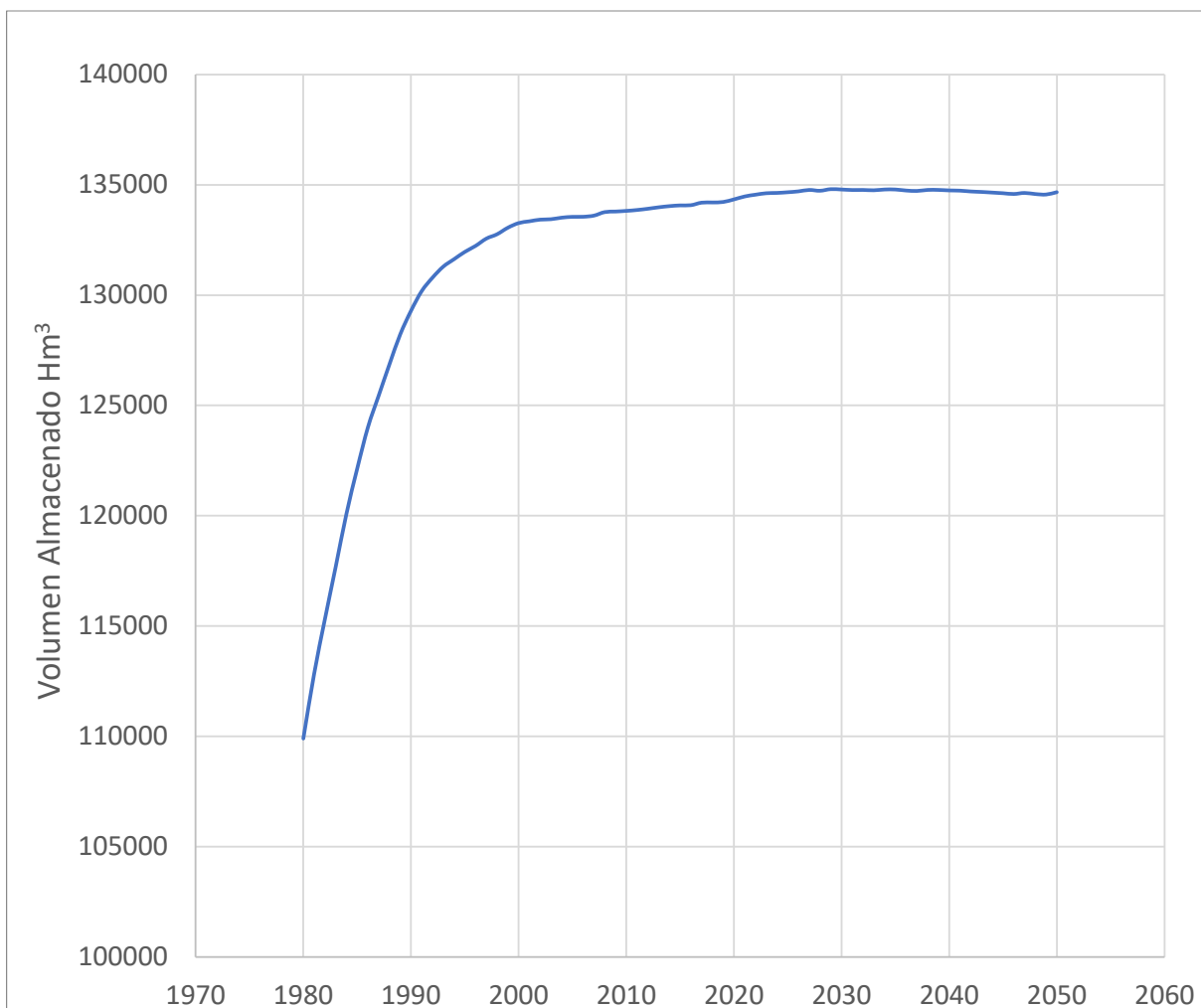


Figura 2-7. Volúmenes almacenados, caso Base, subcuenca Rahue.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

Esto muestra la tendencia general de una recuperación en el pasado, pero se aprecia que en el futuro, hacia el año 2050, existe una tendencia a estabilizarse en el tiempo para los dos SHAC más importantes de la cuenca Río Bueno.

2.1.2 Demanda actual y futura

La cuenca del río Bueno presenta diversos usos como el consumo humano, caudales para ecosistemas acuáticos, agrícola, ganadero, forestal, pisciculturas e hidroelectricidad. Esto conlleva a indicar que son importantes en la cuenca, tanto los usos consuntivos, no consuntivos, como aquellos considerados in situ.

La demanda hídrica para consumo humano, tanto urbana (APU) como rural (SSR), fue establecida a través de la dotación hídrica otorgada para cada habitante por la cantidad de

habitantes que habitan el territorio. En la cuenca existen 110 SSR y solo una empresa que abastece de Agua Potable Urbana (ESSAL). La demanda actual para para las SSR y APU es igual a 2,42 Hm³/año y 14,16 Hm³/año, respectivamente. La demanda futura se proyectó basado en las proyecciones de crecimiento de población y los desplazamiento entre población rural y urbana, la cual se proyecta al 2050 igual a 3,15 Hm³/año y 17,25 Hm³/año para la demanda rural y urbana, respectivamente.

La Figura 2-8 presenta los resultados obtenidos para la estimación de la Demanda Hídrica Futura (en adelante DHF) de agua potable rural y la Figura 2-9 los resultados obtenidos para la estimación de la DHF de agua potable urbana, ambos de la cuenca Río Bueno.

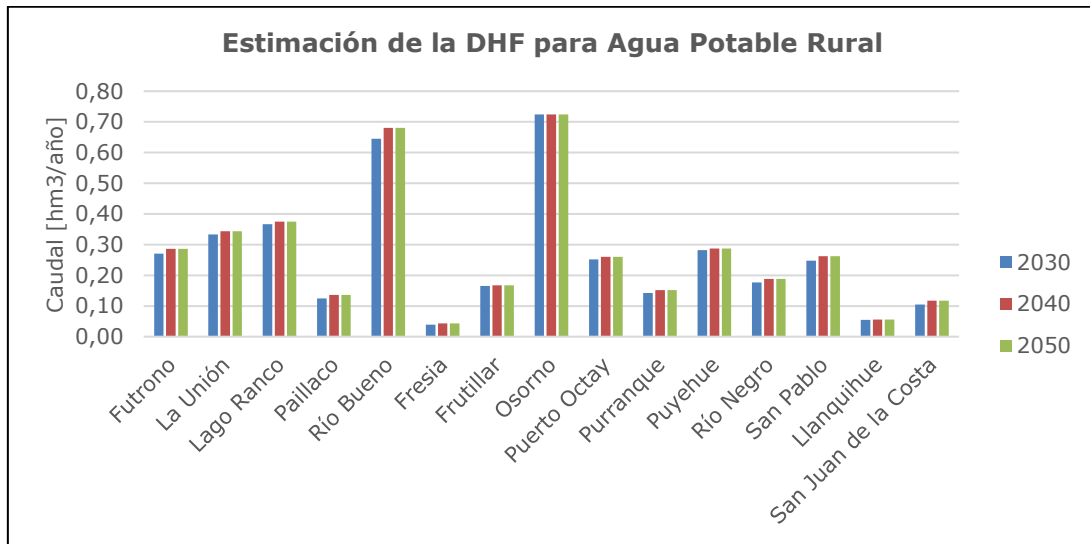


Figura 2-8. Estimación de la DHF para Agua Potable Rural [hm³/año].
 Fuente: Elaboración propia, basado en antecedentes demográficos.

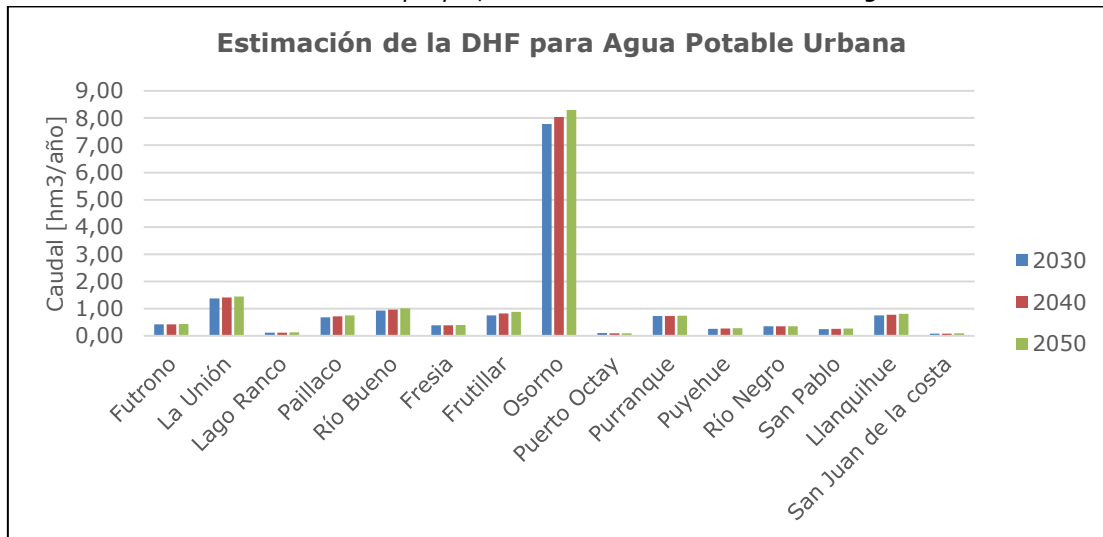


Figura 2-9. Estimación de la DHF para Agua Potable Urbana [hm³/año].
 Fuente: Elaboración propia, basado en antecedentes demográficos.

Los caudales para ecosistemas acuáticos han sido establecidos para usos ambientales como turísticos bajo diversos estudios.

La evaluación de la DGA (2017) seleccionó Áreas Silvestres Protegidas acorde a la disponibilidad de datos fluviométricos y para el caso de la Región de Los Ríos se realizó la estimación de la demanda ambiental para:

- Sitio Prioritario para la biodiversidad Mocho Choshuenco,
- Sitio prioritario Curiñanco
- Sitio RAMSAR Río Cruces.

Esto implica que a pesar de que la cuenca Río Bueno alberga 9 áreas protegidas (3 Parques Nacionales, 1 Reserva Nacional, y 5 Sitios Prioritarios), la evaluación abarcó sólo un sitio prioritario. Los datos obtenidos indican dos elementos, las estaciones fluviométricas para estimar dichos caudales se encuentran en la superficie del SP Mocho Choshuenco perteneciente a la cuenca del Río Valdivia y se debe asegurar un flujo anual de 41 y 98 m³/s para cada estación fluviométrica. En ambos casos este flujo aporta al lago Panguipulli, que se encuentra en la cuenca del Río Valdivia

Según la evaluación en el informe "Estimación de la Demanda Actual, Proyecciones Futuras y Caracterización de la Calidad de los Recursos Hídricos en Chile, Volumen II" (S.I.T. N° 419, DGA 2017), no había ZOIT en este momento para evaluar dentro de la cuenca Río Bueno; la ZOIT Lago Ranco – Futrono fue establecida el 23 de febrero de 2018. Por esta razón, no se encuentra una evaluación sobre los caudales turísticos dentro de la cuenca Río Bueno.

La demanda agrícola se entiende por la necesidad de agua que requieren los diferentes cultivos en la zona de estudio, para lo cual se determina la necesidad evapotranspirativa según superficie y tipo de cultivo, independizando la superficie que se abastece exclusivamente de riego, en especial la demanda neta de riego (demanda bruta menos los aportes por precipitación) de aquella que es utilizada como secano y de la forestal.

En cuanto al caudal mensual y volumen anual, se identificó un caudal mensual de 58.718 l/s para Uso de Riego, que corresponde a un volumen anual de 1.851 Hm³/año. Por otra parte, para uso Silvoagropecuario, se identificó un caudal mensual de 196 l/s que corresponde a un volumen anual de 6,1 hm³/año. El resumen de esta información y la naturaleza de captación de estos DAA se presentan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. DAA otorgados para uso Silvoagropecuario y Uso de Riego.

Tipo de uso	Naturaleza de captación	DAA otorgados	Caudal mensual [l/s]	Volumen anual [hm ³ /año]
Riego	Superficial	1.480	50.236,79	1.584,27
	Subterránea	360	8.481,33	267,47
Silvoagropecuario	Superficial	23	196,08	6,18

Total	1.863	58.914	1.857,92
--------------	--------------	---------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia, basado en DAA DGA-01.2021.

A continuación, la Tabla 2-2 presenta la demanda evapotranspirativa futura estimada según el tipo de riego. Se aprecia en la tabla un aumento en la demanda de riego y una disminución en la de secano, principalmente debido a las distintas iniciativas CNR. Más información sobre la estimación de la demanda futura referirse al Anexo J, Cap. 10 (Demandas).

Tabla 2-2. Demanda Evapotranspirativa según tipo de riego. Cuenca Río Bueno.

ETreal [hm³/año]		
Tipo de Riego	2030	2050
Secano	713,2	373,6
Riego	64,3	593,6
Forestal	1.754,8	1.754,8

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar el uso silvoagrícola al 2030 y al 2050, se recalculó la evapotranspiración de referencia según la metodología presentada en el Anexo F, considerando el aumento de temperatura pronosticado por los modelos de circulación global (GCM) CCSM4, CSIRO-Mk3_6_0, IPSL_CM5A_LR y MIROC-ESM, los cuales en promedio cuantifican esta cantidad en un incremento de 0,84°C respecto a la media de la temperatura actual (2010-2019).

Para el año 2050, se considera un intercambio de superficies entre superficie agrícola de secano (forrajeras permanentes) y superficie agrícola de riego (frutales), totalizando 104.994 ha nuevas del último tipo de superficie. Este intercambio en el uso de suelo agrícola está sustentado en el documento de la Comisión Nacional de Riego "Diagnóstico Integral de Río Bueno de la CNR". Las demás superficies y coeficientes de cultivo considerados corresponden a las mismas cantidades para la situación actual (año 2019).

En la cuenca Río Bueno se realiza la ganadería de 1.150.000 cabezas de Bovinos y 15.800 cabezas de Ovinos principalmente, según datos de encuestas de bovinos y ovinos, respectivamente.

La Tabla 2-3 presenta el resultado obtenido por la Demanda Hídrica proveniente del consumo ganadero en la cuenca Río Bueno.

Tabla 2-3. Demanda Hídrica para consumo ganadero.

Caudal [hm³ /año]					
Tipo de ganadería	2007	2013	2015	2017	2019
Bovino	5,01	4,86	4,31	5,03	5,84
Ovino	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02

Fuente: Elaboración propia basado en encuestas bovino y ovino (2013, 2015, 2017 y 2019) y FAO (2017).

La proyección de la DHF de tipo ganadera se ha planteado a partir de la evolución histórica del número de cabezas de ganado y la información de consumo hídrico promedio por especie. Para estimar la proyección futura del ganado en la cuenca Río Bueno se analizó la

evolución histórica del crecimiento ganadero a partir de los años 2007, 2013, 2015, 2017 y 2019 en la cuenca.

La Tabla 2-4 presenta los resultados obtenidos para la estimación de la demanda hídrica futura de ganadería ovina y bovina en la cuenca Río Bueno.

Tabla 2-4. Estimación futura de la demanda hídrica en ganadería.

Tipo de ganadería	Caudal [hm ³ /año]		
	2030	2040	2050
Bovino	7,61	7,61	7,61
Ovino	0,02	0,02	0,02

Fuente: Elaboración propia basado en encuestas bovino y ovino (2013, 2015, 2017 y 2019) y FAO (2017).

En la cuenca Río Bueno, el registro de SERNAPESCA para el año 2021 identifica a través del código de las centrales, un total 31 Pisciculturas, 15 en la región de Los Ríos y 16 en La Región de Los Lagos.

La demanda hídrica para Pisciculturas en la cuenca Río Bueno correspondiente a los DAA consuntivos es de 12,91 hm³/año y para los DAA no consuntivos de 11.264,36 hm³/año. La Tabla 2-5 y la Tabla 2-6 presentan la distribución de la demanda hídrica según su tipo de derecho.

Tabla 2-5. Demanda hídrica actual por DAA consuntivos en Pisciculturas.

Región	Comuna	Nº DAA	Caudal [hm ³ /año]
Los Ríos	Futrono	1	0,84
	Lago Ranco	1	0,21
	Río Bueno	2	0,06
Los Lagos	Osorno	4	9,84
	Purranque	2	0,19
	Puyehue	5	1,14
	Río Negro	1	0,54
	San Juan de la costa	1	0,09
Total		17	12,91

Fuente: Elaboración propia basada en antecedentes de los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DGA, 2021c).

Tabla 2-6. Demanda hídrica actual por DAA no consuntivos en Pisciculturas.

Región	Comuna	N° DAA	Caudal [hm ³ /año]
Los Ríos	Futrono	5	116,05
	La Unión	52	2.101,17
	Lago Ranco	33	1.113,27
	Paillaco	6	34,92
	Río Bueno	51	1.406,65
Los Lagos	Osorno	41	1.550,69
	Puerto Octay	42	1.625,10
	Purranque	1	1,58
	Puyehue	41	1.030,03
	Rio Negro	8	960,90
	San Pablo	5	1.049,83
	San Juan de la Costa	10	293,69
Total		314	11.294,36

Fuente: Elaboración propia basada en antecedentes de los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DGA, 2021c).

La Tabla 2-7 presenta los resultados obtenidos para la estimación de la DHF generada por las pisciculturas en la cuenca Río Bueno.

Tabla 2-7. Estimación futura de la demanda hídrica en pisciculturas

Años	DAA Consuntivos		DAA No consuntivos	
	N° DAA	Caudal [hm ³ /año]	N° DAA	Caudal [hm ³ /año]
2030	21	16,81	310	11.953,6
2040	25	20,02	325	12.532,00
2050	29	23,22	336	12.956,16

Fuente: Elaboración propia basada en antecedentes de los Derechos de Aprovechamiento de Agua (DGA, 2021c).

Cabe destacar que, como la fecha de otorgamiento y la cantidad los DAA para uso en pisciculturas no son suficientes para generar una tendencia de crecimiento proyectada, la demanda futura considera que, no existen nuevos derechos otorgados para uso de pisciculturas, proyectando así los DAA del año 2020 al año 2030, 2040 y 2050.

En la cuenca del río Bueno, existen 27 centrales hidroeléctricas en funcionamiento. La Tabla 2-8 presenta el resultado obtenido por la Demanda Hídrica proveniente de las centrales hidroeléctricas de pasada presentes en la cuenca Río Bueno.

Tabla 2-8. Demanda Hídrica por Hidroeléctricas en la cuenca Río Bueno.

Tipo de uso	Caudal anual [hm ³ /año]
-------------	-------------------------------------

Centrales hidroeléctricas de pasada	14.158,39
-------------------------------------	-----------

Fuente: Elaboración propia, basado en antecedentes Coordinador Eléctrico Nacional (CNE, 2021).

La Tabla 2-9 presenta los resultados obtenidos para la estimación de la DHF generada por las centrales hidroeléctricas de paso en la cuenca Río Bueno

Tabla 2-9. Estimación futura de la demanda hídrica en hidroelectricidad.

Proyección	2030	2040	2050
Nº de centrales	32	37	42
Caudal [hm ³ /año]	16.908,90	19.550,92	22.192,93

Fuente: Elaboración propia, basado en antecedentes Coordinador Eléctrico Nacional (CNE, 2021)..

Para resumir las demandas hídricas actuales y futuras en la cuenca de tipo consuntivas y no consuntivas se presentan las siguientes figuras: Figura 2-10, Figura 2-11 y Figura 2-12.

En la Figura 2-10 resume la demanda hídrica de tipo consuntiva para consumo humano, pecuario, pisciculturas y uso industrial, de las cuales el uso industrial presenta una de las mayores demandas hídricas de tipo consuntiva en la cuenca, siendo superado solo por la demanda hídrica de tipo Silvoagrícola que se presenta en la Figura 2-11.

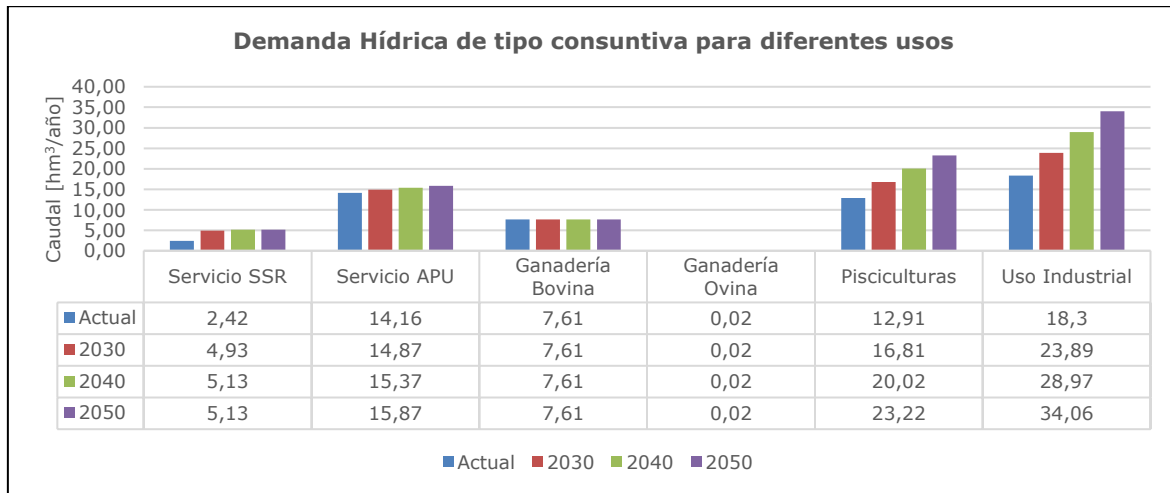


Figura 2-10. Resumen de la demanda hídrica de tipo consuntiva para diferentes usos.

Fuente: Elaboración propia, basada en antecedentes analizados.

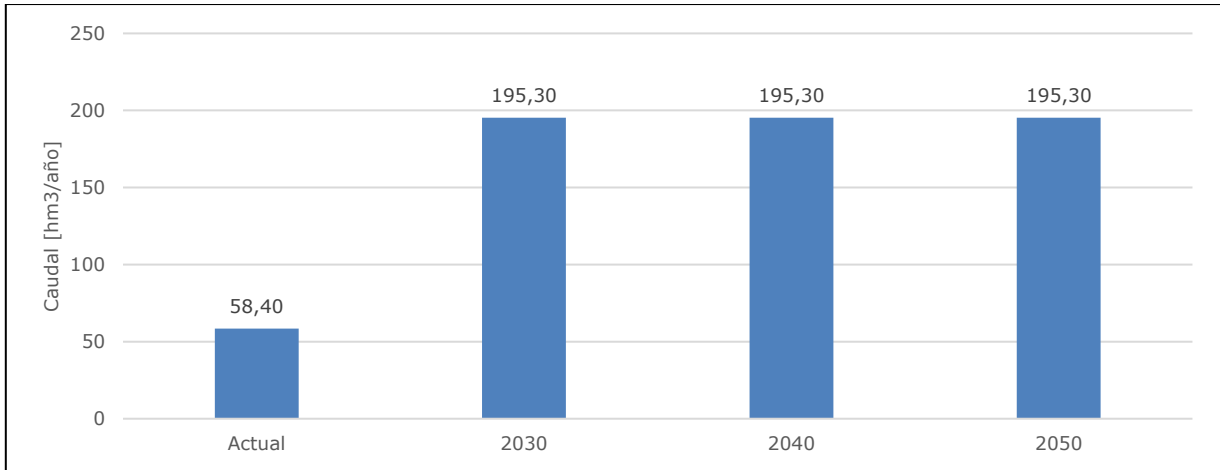


Figura 2-11. Resumen de la Demanda Hídrica de tipo consuntiva para uso Agrícola.

Fuente: Elaboración propia, basada en antecedentes analizados.

Respecto de las demandas hídricas de tipo No consuntiva (Figura 2-12), estas presentan magnitudes de caudal significativamente mayor a los presentados por las demandas consuntivas, aquí la mayor demanda es producida por el uso hidroeléctrico, seguido por las pisciculturas y finalmente por el uso industrial.

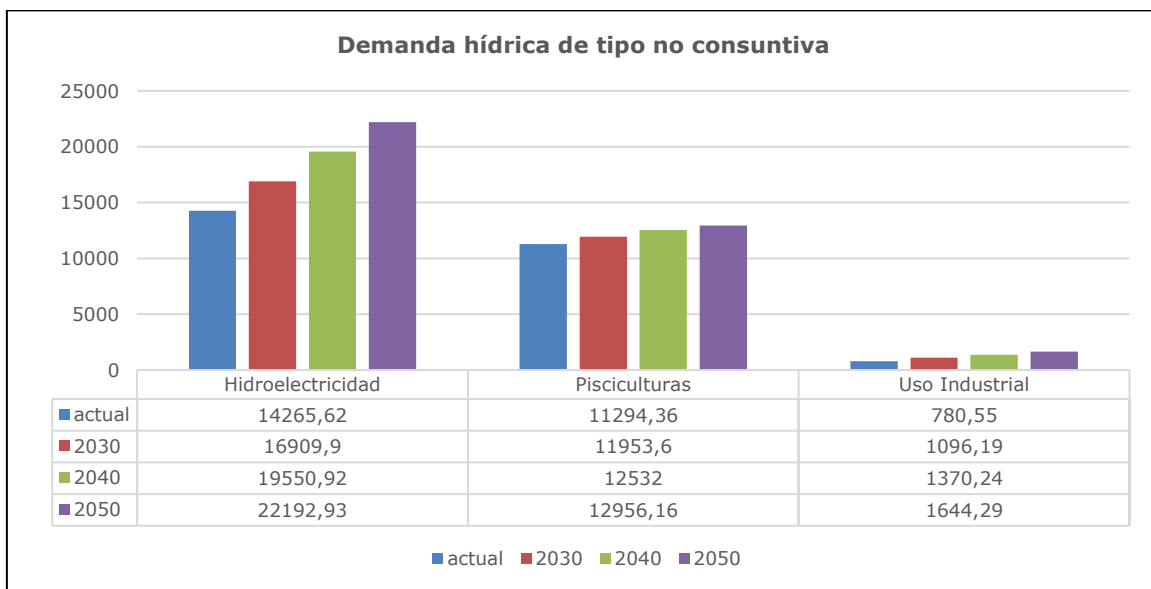


Figura 2-12. Demanda hídrica actual y futura de tipo no consuntiva en la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Brecha hídrica

La brecha asociada al déficit generado para poder satisfacer las demandas evidenciadas en la cuenca, fueron abordadas mediante el concepto de demanda insatisfecha y por el déficit anual en el recurso subterráneo.

La demanda insatisfecha, fue determinada a partir de los resultados del modelo acoplado (WEAP y MODFLOW). En primer lugar, se identifica la demanda insatisfecha en riego, definida como la diferencia entre la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real. La brecha se calcula restando la ET potencial y ET actual a nivel anual [Hm³]. La fórmula utilizada se presenta a continuación.

$$Brecha_{riego} = ET_{potencial} - ET_{actual}$$

Además, se define la demanda insatisfecha de agua potable como la demanda potencial (estimada a partir del producto entre la población y la dotación por habitante al día, considerando el crecimiento poblacional) y el consumo real de agua en base a la disponibilidad de agua en los distintos pozos y los DDAA asociados a esos pozos, además de la disponibilidad en las fuentes superficiales.

En la Figura 2-13 se presenta la brecha asociada a las demandas analizadas a nivel de cuenca para distintas décadas. Se aprecia que la brecha para riego es de aproximadamente 600 millones de m³ en la última década. En cambio, la brecha de agua potable rural es considerablemente menor, por lo menos con respecto a disponibilidad del recurso en base a la modelación, que puede presentar incertidumbres y errores puntuales.

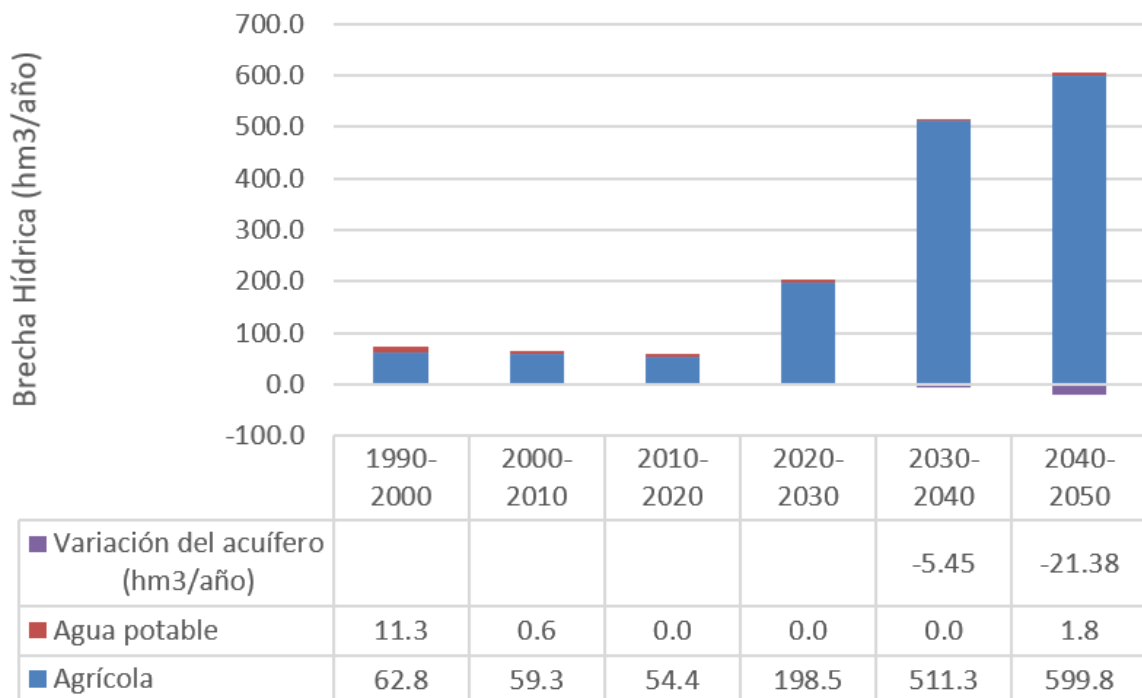


Figura 2-13. Brecha para agua potable rural, demandas agrícolas bajo riego, y demandas consuntivas del Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

Se aprecia en la Figura 2-13 que la brecha para riego se encuentra entre los 54,4 a los 600 hm³, lo que representa entre un 4% a 5% de la precipitación total caída en la cuenca. Si se analiza por rubro, la brecha de riego es la que presenta mayor magnitud con un total de 600 Hm³ en la década 2040-2050. Le siguen las brechas de otros usos consuntivos, incluidos los industriales, sin una brecha en la década 2010-2020 y un brecha igual a 1,25 Hm³ para la condición futura. Finalmente, la brecha asociada a SSR+APU tiene una disminución significativa desde la década de los 90 hasta la década del 2010-2020, momento en el cual comienza a aumentar debido al crecimiento poblacional y a la premisa que no se otorgan más derechos de aprovechamiento, pasando de 0,02 Hm³ a 1,8 Hm³ en la condición futura. Así, la cuenca Río Bueno presenta una brecha total histórica igual a 54,4 hm³ (década 2010-2020) y una brecha proyectada igual a 599,8 Hm³ (década 2040-2050).

En esta cuenca, se aprecia que entre las décadas 1900 a 2030 el acuífero no presenta variaciones negativas del volumen, sin embargo, a partir de la década del 2030 al 2050 se comienzan a presentar.

Es necesario indicar que la brecha asociada a riego no corresponde a una carencia del recurso hídrico en sí, tal como lo señalan los balances anuales mostrados en la Figura 2-1, sino que está asociado a una carencia de seguridad de riego, debido a que la superficie de secano no evapotranspira de acuerdo con la evapotranspiración potencial, por lo tanto, esos volúmenes en hm³ de brecha indicadas deben ser disminuidas de acuerdo a la entrega de seguridad de riego. De igual forma, las brechas de SSR no corresponden a un déficit de agua para satisfacer la demanda, sino que, a la no regularización de derechos de agua por parte de las entidades, en donde los derechos disponibles son menores que la demanda estimada.

Existen además brechas asociadas a otros usos, los cuales engloban a consumo humano para industrias, procesos productivos, ganadería, etc. De acuerdo con el análisis de los derechos de agua, estos consumos tienen una fuente principalmente subterránea. Al no contar con la información de la profundidad de pozos, no es posible asociarlo a que el pozo se haya secado o a una insuficiencia estructural.

Un aspecto importante a tener en cuenta son los usos no consuntivos y usos in situ que existen en la cuenca y que son de importancia. Los usos no consuntivos principales son la hidroelectricidad y las pisciculturas (ver capítulo 3.7 y 3.8) y el turismo y conservación de los ecosistemas como usos *in situ*.

Las centrales hidroeléctricas y las pisciculturas al ser usos no consuntivos, es muy importante la oportunidad de uso en el sector de captación y restitución, y no es aconsejable incluirlos en un análisis de brechas a nivel de cuencas o a nivel de SHAC debido a la mayor escala espacial de estas unidades de análisis que el tramo de río (entre captación y restitución). No por eso, no fueron incluidas las centrales hidroeléctricas y las pisciculturas en la modelación de tal forma de comprobar que los caudales pasantes en el sector del río emplazamiento de estos usos era suficiente para tener una seguridad de uso de acuerdo

con la naturaleza de su operación. Sin embargo, su inclusión no fue del todo exitosa debido a que la red hidrográfica utilizada en la modelación no aborda la totalidad de efluentes menores en donde están emplazadas, dejando de incorporar 46,5% de las pisciculturas y del 33% de las centrales hidroeléctricas. Para poder incorporar todas las centrales hidroeléctricas y pisciculturas es necesario disminuir la escala de modelación, logrando definir mayor cantidad de afluentes y cambiar la escala espacial a nivel de tramo de río.

Los usos *in situ* como el turismo y la conservación de ecosistemas, presentan similares brechas de implementación en el modelo acoplado, pero la diferencia es que estos dos usos no presentan competencia por uso, por lo tanto, un caudal ambiental puede cumplir con ambos objetivos. En la cuenca existen estimaciones de caudales para reservas ambientales (ver capítulo 3.2), pero no están desarrollados caudales de reserva asociados a usos turísticos.

En este estudio se realizó el ejercicio de determinar el caudal ecológico mínimo mediante la minuta 4 del MMA (2012) (ver Anexo H, acápite 4.4.7) en cada una de las estaciones fluviométricas presentes en la cuenca. Sin embargo, este caudal solo considera el caudal necesario para aspectos ecológicos exclusivamente y está orientado a mantener un caudal en el río al momento de otorgar nuevos derechos de agua. En consecuencia, y dada la importancia del turismo y la conservación de ecosistemas acuáticos en la cuenca que ha quedado plasmada en las distintas instancias de participación ciudadana desarrollados en elaboración de este Plan (Ver anexo I, Procesos participativos) es que es necesario desarrollar estudios de caudal ambiental que incluya aspectos ecológicos y socioculturales (como el turismo, cosmovisión mapuche de conservación de ecosistemas, etc.) específicos para cada humedal relevante definido en la cuenca.

2.1.4 Sustentabilidad

Se analizaron 5 criterios para definir la sustentabilidad del acuífero evaluados en cada SHAC, tanto en la condición histórica como en la condición futura (escenario IPSL). Estos criterios van orientados a: 1) evaluar descensos generales en cada SHAC, 2) no afectar los recursos superficiales ya comprometidos, 3) satisfacción de la demanda al 95%, 4) la inexistencia de más de un 5% desconectados y 5) que las extracciones realizadas en un SHAC no afecten las condiciones de los SHAC vecinos.

Se debe indicar que el criterio de sustentabilidad 4, no pudo ser analizado debido a que no se contaba con la información de la profundidad de los pozos. En caso de que alguno de los 3 primeros criterios de sustentabilidad no sea sustentable, no se evaluará el criterio 5, dado que el acuífero ya se cataloga como tal.

Para analizar los criterios de sustentabilidad, se utilizaron las iniciativas propuestas y detalladas en el Anexo H (Acápite 4.4), estas simulaciones realizadas por el modelo acoplado, se simulan hasta el año 2050, éstas se resumen en:

1. Base IPSL: Escenario futuro incorporando clima del modelo GCM IPSL.
2. Zanja: Escenario futuro incorporando zanjas de infiltración en zonas específicas de la cuenca.

3. Q Ambiental: Escenario futuro implementando el caudal ambiental como normativa.
4. Plan: escenario que incluye todos los planes en conjunto

Con estos resultados, con caudales relativamente constantes, se puede indicar que Rahue y Bueno Superior norte son sustentables en el criterio de sustentabilidad 1 y el SHAC Bueno superior es sustentable en el criterio 2.

Finalmente, se presenta en la Tabla 2-10, se presenta un resumen de los resultados de los criterios de sustentabilidad evaluado en el caso base IPSL.

Tabla 2-10. Resumen de criterios de Sustentabilidad para el caso base IPSL

SHAC	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Bueno Superior Norte	Sustentable	No Sustentable	No Sustentable	No evaluado	No evaluado
Bueno superior Sur	No Sustentable	Sustentable	No Sustentable	No evaluado	No evaluado
Bueno Medio	No Sustentable	No Sustentable	No Sustentable	No evaluado	No evaluado
Rahue	Sustentable	No Sustentable	No Sustentable	No evaluado	No evaluado

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo acoplado WEAP-MODFLOW.

2.2 Calidad del agua y medio ambiente

En la cuenca Río Bueno se presenta un programa de monitoreo de calidad con estaciones de calidad del agua de la Red Hidrométrica de la DGA. Este programa tiene data del año 1986, el cual inicio con 13 estaciones de monitoreo y actualmente son 46 estaciones superficiales.

Todas las subcuencas poseen un carácter hidroquímico sin tipo dominante de cationes, con una tendencia a tipo sodio-potasio. Se destaca que para la década más reciente (años 2011-2020) no se presentan datos de aniones, lo que impide realizar una evaluación más completa entre subcuencas y por consiguiente más actualizada.

Uno de los más evidentes resultados de la caracterización de la calidad de agua es que se observan varios parámetros con un número elevado de muestras que no cumplen algunas de las dos normas de calidad de agua. De las 7 subcuencas que han sido monitoreadas, en todas ellas el Boro, Mercurio y Molibdeno presentan al menos 30% de las mediciones por sobre la norma. Al observar los datos para estos parámetros se detectan que la gran mayoría de las mediciones corresponder a un único valor medido en mg/L sin variaciones. Para el caso de Boro el valor repetido era de 1 mg/L, para el caso de Mercurio el valor repetido era de 0.002 mg/L y para el Molibdeno el valor repetido era 0,05 mg/L.

Ahora, bien los valores de fierro son altos en todas las subcuencas, pero con registros con valores variables, y ello podría indicar que proviene de una fuente natural. También, se puede ver el mismo patrón con plomo, indicando que es de una fuente natural. De esta manera, los resultados para estos dos metales señalan que no es aconsejable usar el agua para consumo humano sin tratamiento previo.

En el caso de sodio porcentual, hay un excesivo incumplimiento debido a las aguas que poseen carácter químico sin tipo dominante de cationes, con una tendencia a tipo sodio-potasio. En comparación, los valores de magnesio son bajo, que aumentan el efecto de sodio porcentual.

Entre los incumplimientos de pH, se presentan más casos de bajo pH, que indica que las aguas poseen carácter un poco ácido, pero – como los casos de fierro y plomo – parece que tiene una causa natural, debido su dispersión general. Entonces, el pH bajo estaría relacionada a la dispersión de estos metales y de igual modo, constituiría valores naturales de acidez en el agua.

Al revisar desde la parte alta a la media de la cuenca se destaca que:

- Todos los parámetros por sobre la norma (pH, Na%, Mn y Fe) en algún porcentaje se encuentra por sobre la norma en todas las subcuencas.
- Las tres subcuencas de la parte alta de la cuenca presentan tendencias similares en cuanto a superar la norma en el parámetro de pH y hierro.
- Las cuatro subcuencas de la parte media presentan tendencias similares en cuanto al porcentaje de muestras que superan la norma en cuanto a Na% y Fe.

Entonces es posible señalar que parte de la cantidad de hierro y manganeso se presentan de manera natural en la cuenca y que el sodio porcentual se va acumulando aguas abajo en la cuenca. Cabe destacar que estos análisis son preliminares dado dos elementos:

- La mayor parte de los puntos se concentran en una subcuenca (afluentes río Ranco), pero que poseen pocos registros en el tiempo.
- La mayor cantidad de datos en el tiempo se concentran en otra subcuenca (Río Negro) con tan solo dos estaciones distantes en el espacio.

Esta cuenca presenta un programa de monitoreo de calidad de agua subterránea que a la fecha cuenta con 32 estaciones.

En base a la información disponible fue posible realizar la caracterización hidroquímica por cada SHAC de la cuenca Río Bueno. Los SHAC-14-05-410 (Bueno superior) y SHAC-14-11-521 (Bueno Medio), posee carácter hidroquímico tipo magnesio-bicarbonato. El SHAC-10-106-522 (Rahue) solo poseía valores de cationes durante el periodo del estudio (años 2011-2020) que indicó que fue definido por sodio y potasio.

Para conocer la calidad del agua subterránea se aplicó el Índice de Calidad de Agua (ICA), basado en el informe DGA (2009) "Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos." Se seleccionó esta metodología porque el ICA es definida primariamente por los elementos químicos que afectan la salud humana y funciona como un reflejo de la calidad del acuífero. Los resultados (Tabla 2-11) indican que la gran mayoría de las muestras de aguas subterráneas tienen una ICA de clase "Excepcional." Solo hay 8 de clase "Bueno" y 2 de

clase "Regular." No hay muestras de aguas subterráneas que indica una ICA clase "Insuficiente" o "Intratable."

Entre los casos de ICA "Bueno" en SHAC-14-11-521 (Bueno Medio), los dos son de valores altos de nitrato en estaciones SSR Cayurruca (código BNA 10311006-8; NO₃: 10,06 mg/L) y SSR Huape Roi Roi (código BNA 10311009-2; NO₃: 10,59). En SHAC-10-106-522 (Rahue), todas las muestras con valores altos son de la estación Pozo Población Kolbe en Osorno (código BNA 10362003-1) que tiene valores altos de cloruro de 60,26 mg/L, 68,79 mg/L, 102,9 mg/L, 120,2 mg/L, 132,8 mg/L y 153,0 mg/L.

Entre los casos de ICA clase "Regular," en SHAC-10-106-522 (Rahue), es de la muestra de 3 de abril de 2013 de estación Pozo Población Kolbe en Osorno (código BNA 10362003-1) que tenía un valor de calcio de 223,033 mg/L. El caso en SHAC-14-05-410 (Bueno Superior), es de la única muestra de arsénico de 0,2 mg/L de la estación SSR Mantilhue (código BNA 10323016-0).

Tabla 2-11. Evaluación de ICA general en cada SHAC de la cuenca Río Bueno.

Nombre SHAC	Código SHAC	Nº ICA	Nº Excepcional	Nº Bueno	Nº Regular
Bueno Superior	SHAC-14-05-410	4	3	0	1
Bueno Medio	SHAC-14-11-521	51	49	2	0
Rahue	SHAC-10-106-522	38	31	6	1
Bueno Inferior	SHAC-14-04-409	0	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos DGA (2020).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2020), la cuenca Río Bueno es dominada por áreas inundadas en forma permanente (Tabla 2-12) y es dominada con la presencia de lagos y lagunas (93.536,66 ha) y de los ríos que los conectan (9.247,20 ha). Aunque hay relativamente menos área con inundaciones en forma estacional (861,96 ha) o semi-permanente (mallines; 417,24 ha). También, se presentan 20 tranques dentro de la cuenca, pero su extensión es mínima (58,17 ha). Estos tranques pueden funcionar como hábitat dulceacuícola, especialmente para plancton y macroinvertebrados.

Tabla 2-12. Evaluación de las extensiones de áreas inundados dentro de la cuenca Río Bueno.

Tipo de territorio inundado	Área Inundada [ha]
Estacionales	861,96
Lago	92.989,62
Laguna	547,04
Mallines	417,24
Permanentes	6.059,04
Río	9.247,20
Sin clasificar	1.639,33
Tranque	58,17

Fuente: Elaboración propia en base al Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2020).

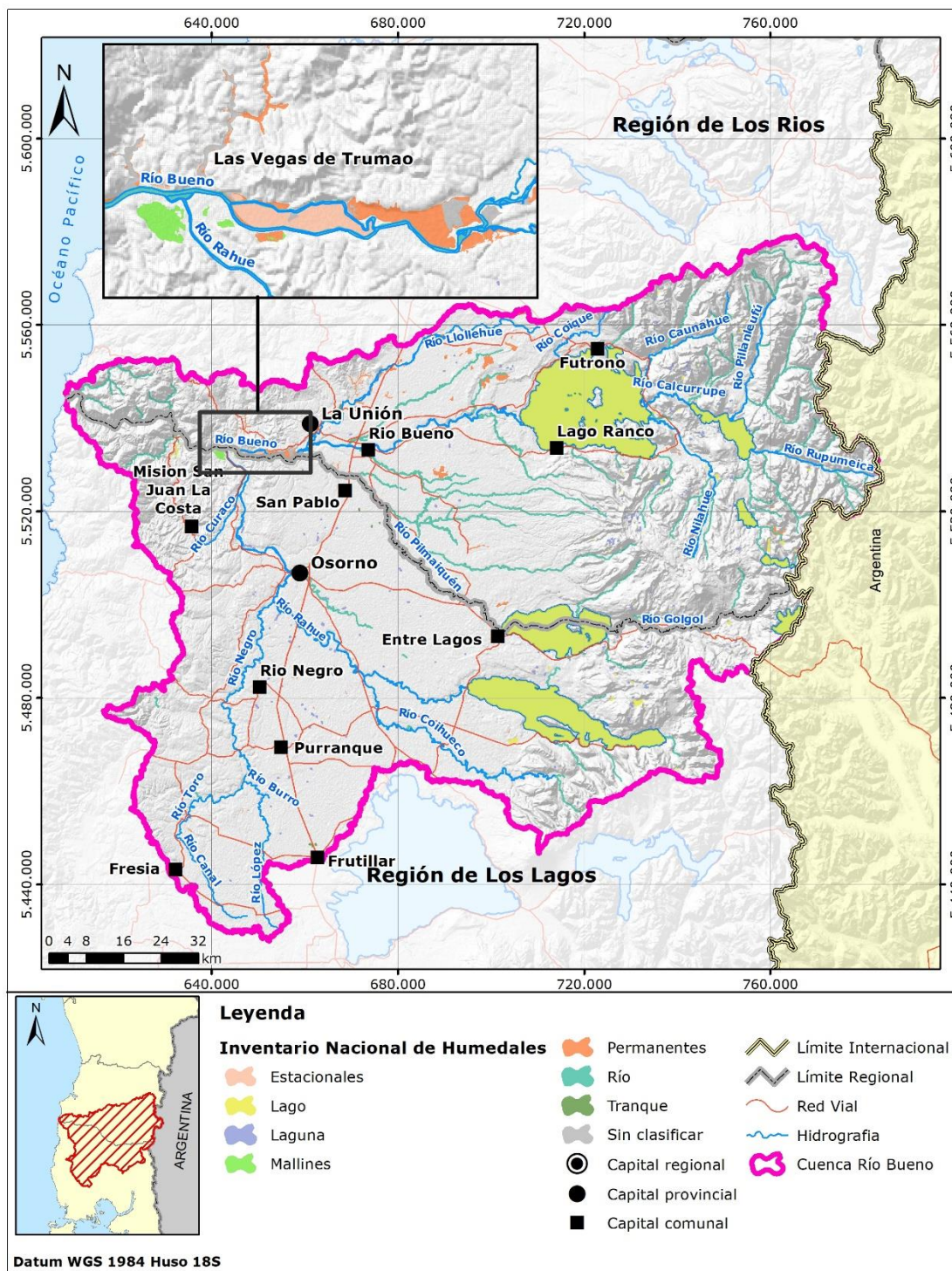


Figura 2-14. Los tipos de territorios inundados dentro de la cuenca Río Bueno, según el Inventario Nacional de Humedales. El sector de Humedal Las Vegas de Trumao es indicado en detalle.

Fuente: Elaboración propia, basado en MMA (2020a).

Finalmente, es necesario destacar que el Humedal Las Vegas de Trumao forma un complejo de humedales permanentes y estacionales en las orillas del Río Bueno en el sector antes de la entrada a la Cordillera de la Costa (Figura 2-14). Según su relevancia debido a la presencia de aves migratorias, toda esta zona fue declarada un Área de Prohibición de Caza en el año 2000. Si bien existen antecedentes sobre la presencia de estas especies, aún carece, de estudios sobre el funcionamiento de este ecosistema, o sobre las comunidades ecológicas que existen permanentemente en él humedal. Se destaca el único estudio científico publicado sobre el humedal que consideró aves migratorias como población objeto de estudio (Tobar *et al.*, 2021).

Dentro de la cuenca Río Bueno, hay una riqueza de territorios bajo diferentes formas de conservación de paisaje. La mayoría de los predios son de tipo "Áreas Protegidas Privadas" (APP), con 23 propiedades que cubren 79.041,13 hectáreas dentro de la cuenca (Figura 2-15). Además, la cuenca contiene 469.737,10 hectáreas de la Reserva de la Biósfera Bosques Templados Lluviosos (solo 21,72% de su extensión total), 3 Sitios Prioritarios sin efecto SEIA (238.728,78 hectáreas) y 2 Sitios Prioritarios con efecto SEIA (57.972,62 hectáreas). Estos predios no tienen protección oficial, categoría que reciben aquellos que son otorgados a las áreas del SNASPE, como para los 3 Parques Nacionales (120.853,79 hectáreas) y la única Reserva Nacional (1.490,91 hectáreas). En adición a estas áreas orientados en la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, se presenta una Zona de Interés Turística (2.733.885.117,62 hectáreas), dos Áreas de Protección Turística (22.862,08 hectáreas) y una Zona de Prohibición de Caza (10.154,30 hectáreas). Estas áreas tienen distintos niveles de protección de la naturaleza.

Debido a la sobreposición de varias áreas de conservación, la totalidad de territorio bajo de un tipo u otro enfoque de conservación se expresa en 643.820,25 hectáreas, o una totalidad de 42,47% de la cuenca. La gran mayoría de las áreas de conservación están ubicadas en la cordillera de los Andes, especialmente la cuenca hidrográfica aguas arriba del Lago Ranco.

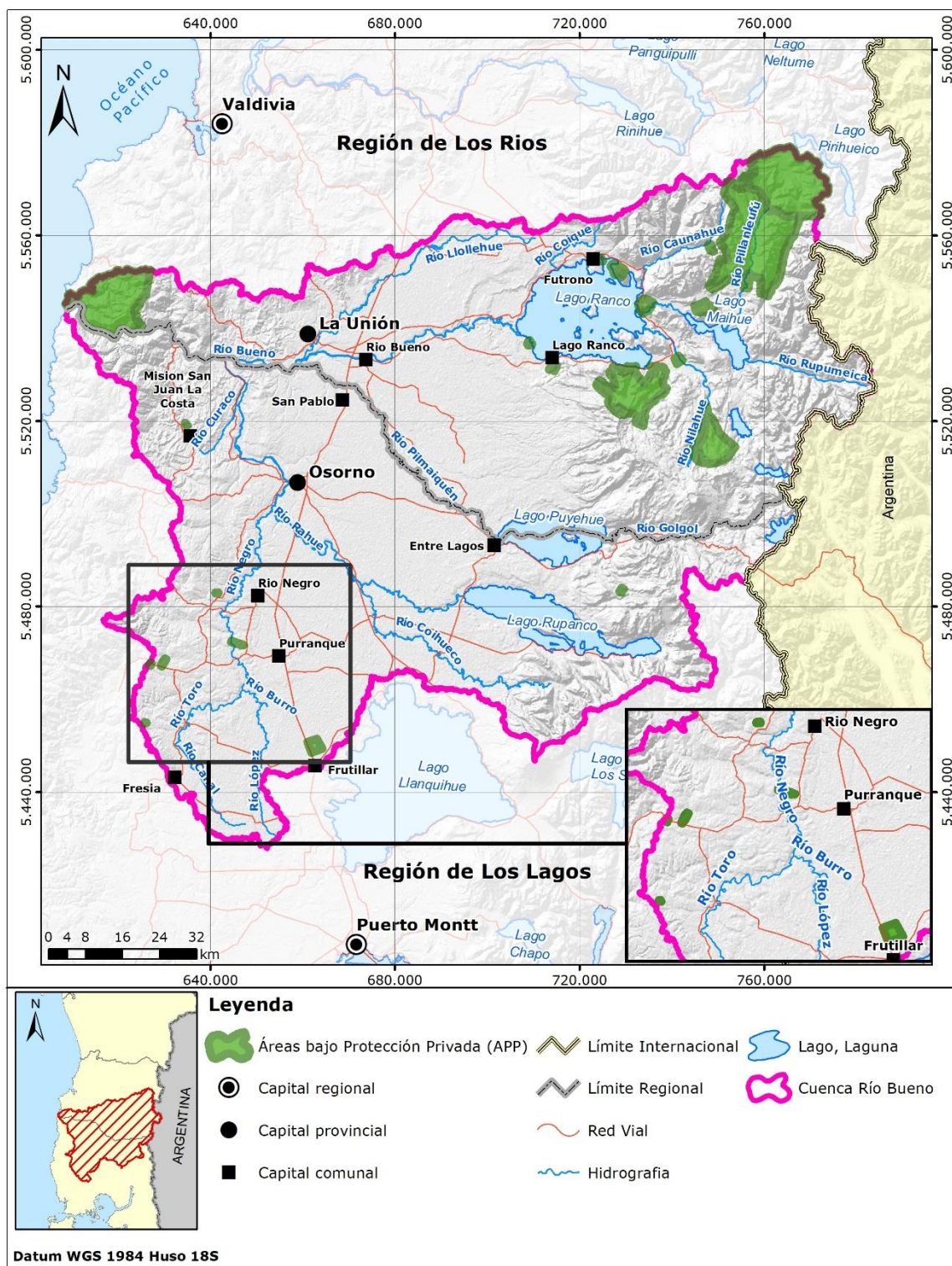


Figura 2-15. Áreas protegidas privadas dentro de la cuenca Río Bueno.
 Fuente: Elaboración propia, basado en SINIA (2021).

2.3 Gobernanza del agua a nivel de cuenca

En la cuenca Río Bueno se evidencia la presencia de instituciones y organismos con distintos niveles de vinculación con el recurso hídrico. La cantidad de instituciones presentes en la cuenca Río Bueno, que presentan algún grado de vinculación con la gestión hídrica de la cuenca se muestra en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13. Cantidad de organismo o instituciones presentes en la cuenca Río Bueno con vinculación en el recurso hídrico.

Institución / Organizaciones	Cantidad
Servicios Públicas	13
Municipalidades	9
Servicios Sanitarios Rural	99
Forestales	58
Piscicultura	38
Centrales Hidroeléctricas	12
Juntas de vigilancia	0
Asociación de canalistas	0
Operadores de turismo	17
Organizaciones sociales	17
Asociaciones o comunidades indígenas	333
Servicio Sanitario Urbano	1

Fuente: Elaboración propia (2021). Basado en los procesos participativos (Anexo I).

En conclusión, la cuenca a nivel de gobernanza se puede observar un amplio número de actores en diferentes niveles organizacionales, pero que a su vez se relacionan de forma intermitente entre ellos, produciendo la necesidad de desarrollar iniciativa que fortalezcan las redes de relaciones entre agentes y con ello permitir la planificación hídrica

En el mapa de actores se describen nivel de influencia e interés en la cuenca Río Bueno, en el que se presentan a los servicios públicos, gremios, servicios sanitarios rurales y organizaciones sociales, también se distingue el tipo de actor. La construcción del mapa de actores se realiza con la información obtenida en entrevistas, reuniones sectoriales y un formulario google que se envía adjunto con las invitaciones.

A continuación, se presenta el mapa de actores, para cada número está asociado a un actor que se puede leer en la tabla de actores, el actor que no tiene relación es por se ha mencionado como relevante pero no se expone una relación.

El mapa de actores (Figura 2-16) describe nivel de influencia e interés en la cuenca Río Bueno, en el que se presentan a los servicios públicos, gremios, servicios sanitarios rurales

y organizaciones sociales, también se distingue el tipo de actor. La construcción del mapa de actores se realiza con la información obtenida en entrevistas, reuniones sectoriales y un formulario google que se envía adjunto con las invitaciones.

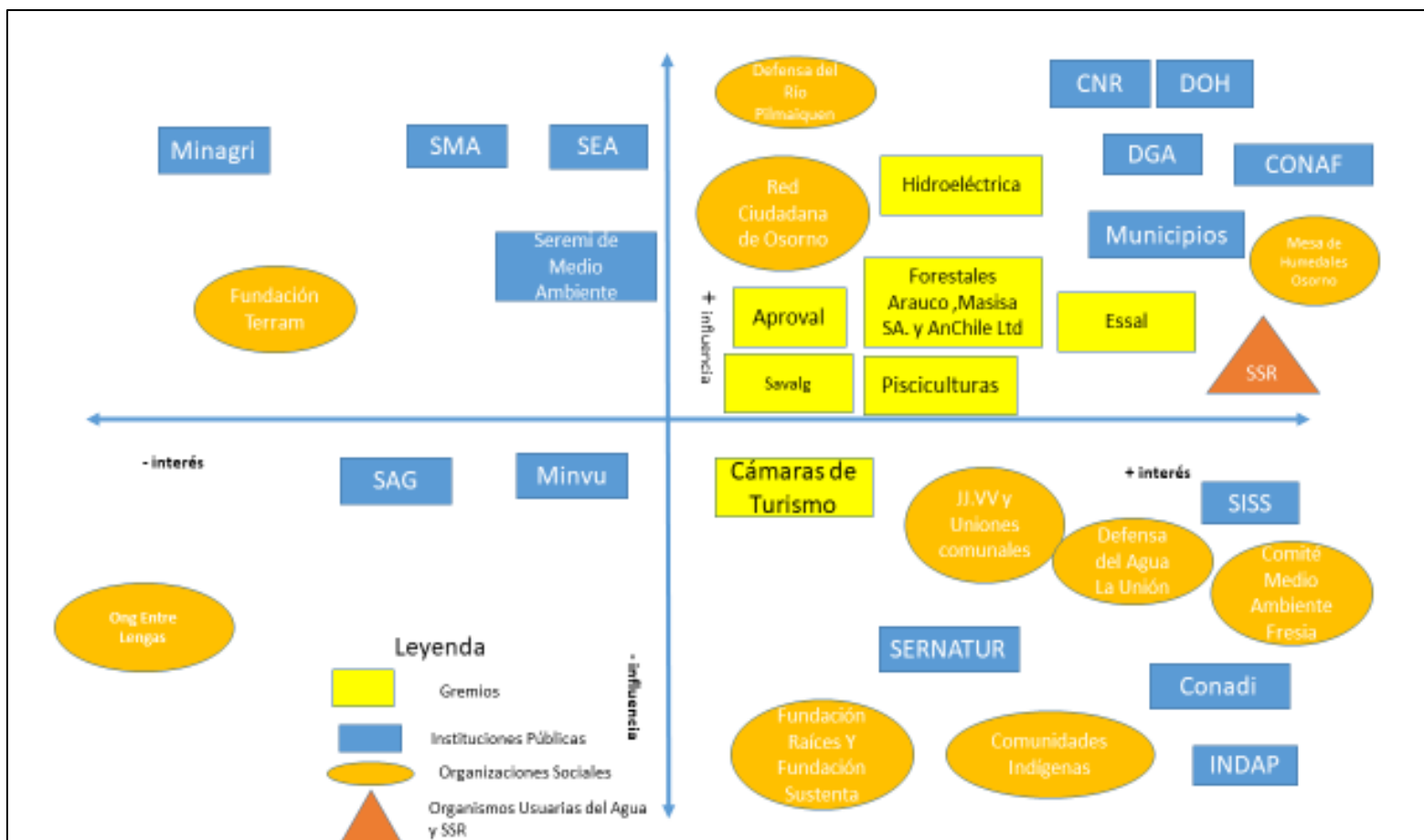


Figura 2-16. Mapa de actores, según nivel de influencia e interés, de las instituciones públicas y organizaciones sociales presentes en la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia, a partir de procesos participativos DGA (2021).

Entregando como resultado que existen Instituciones públicas claves (actores claves) como lo es el caso de la DOH, DGA, CNR, SISS, SEA, SMA y Municipios, y las instituciones vinculadas al medio ambiente y seguridad social, resolviendo temáticas de distribución de agua, de infraestructura, riego y medio ambiente. En el caso de Sernatur tiene alto interés en la cuenca, y los actores lo consideran importante por la vocación turística pero no incide en la toma de decisiones directa de la gestión del agua, lo mismo sucede con la CONADI e INDAP donde desarrollan programas que contemplan a usuarios de tipo agrícola a escala menor, y a comunidades indígenas que tiene una alta presencia en la cuenca.

Las organizaciones sociales como defensa del Río Pilmaiquén y Asamblea Ciudadana Osorno, son actores claves y con un nivel alto de interés e influencia en la cuenca, ya que tienen la capacidad de movilizar otros actores. Las juntas de vecinos (uniones comunales urbanas rurales) como organización territorial funcional, cumple como actor el rol de canalizar diferentes demandas en la cuenca, como es el caso del de soluciones de alcantarillados, acceso al agua y temáticas ambientales.

También se observan al MINVU y al SAG como instituciones con bajo nivel de influencia e interés, y tomando un rol secundario en la gestión de agua debido a que los actores no los vinculan en su interrelación, pero que, en relación con sus objetivos pueden llegar a ser importante, como es el caso del MINVU debido al aumento poblacional en la cuenca

2.4 Brechas de coordinación

De acuerdo con los procesos participativos, fue posible identificar brechas en la coordinación de los distintos actores en torno al recurso hídrico. Estas se traducen en:

- No existe una instancia u organismo que genere una coordinación ni gestión de temas respecto al recurso hídrico que sea capaz de aunar ideas, decisiones, acciones, etc. Ante esto, se han generado pequeñas iniciativas locales o a nivel de gremio
- Existen algunos SSR que no cuentan con derechos de agua, y ven con preocupación el otorgamiento de derechos de agua ya que se comienzan a agotar y a futuro si se requiere construir nuevos SSR no podrían contar con la inscripción de aprovechamiento de agua.
- Organizaciones sociales consideran que hay contaminación por parte del rubro turístico, que no cuentan con sistema de alcantarillado, por parte de los ganaderos y por las pisciculturas. Comentan que es necesario aumentar la fiscalización.
- La amplitud de organismos estatales y servicios públicos que ejercen su acción (ya sea en materias de planificación, fiscalización, subsidios y ejecución de planes y proyectos) en torno al agua, presentan dificultades a la hora de ejercer sus labores de fiscalización, por cuanto a la falta de personal para ejercer la fiscalización o el área de influencia en la cual pueden ejercer dicha fiscalización, se percibe por parte de las instituciones como de la comunidad como una brecha que afecta a supervisar la calidad del agua como la extracción de esta.
- La gestión del agua en la cuenca Río Bueno aparece regida de facto según el régimen de propiedad de los derechos de aprovechamiento en la cuenca. Así, la falta de

organizaciones de usuarios de agua que operen efectivamente aparece como una grave brecha de coordinación y gobernanza en el territorio.

2.5 Brechas de información

Recurso hídrico superficial

- Ríos afluentes al Río Bueno sin estación de monitoreo, como el Río Chirre y cercanos a este ubicados en la depresión intermedia entre los lagos Ranco y Puyehue.

Calidad del agua

- Ausencia de estaciones de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas. Para calidad de agua superficial no se cuenta con monitoreo en la subcuenca Bueno Bajo. Para calidad de agua subterránea no se cuenta con monitoreo en el SHAC Bueno Inferior. Ambos sectores son semejantes.
- Lagos, ríos y aguas subterráneas poseen parámetros de medición diferentes y no es posible comparar y evaluar químicamente estos cuerpos de agua, considerando que representan una unidad para la cuenca.
- Brecha de información debido al sesgo metodológico que se presenta para los metales de Boro, Mercurio, Molibdeno y Plomo en el caso de las aguas superficiales.

Consumo humano

- Poca información disponible sobre los servicios sanitarios rurales. Esto se debe, primero, a la dispersión de los datos disponibles, como también a la falta de organización misma por parte de los propios usuarios, que, a su vez, no se encuentran constituidos o regularizados.
- No se encontró información atinente para evaluar la eficiencia del servicio sanitario rural ni urbano. Los antecedentes recopilados no contaban con los antecedentes mínimos para ser incorporados en el análisis de consumo humano.

Conservación de ecosistemas acuáticos

- Desconocimiento de las comunidades ecológicas dulceacuícolas que habitan Las Vegas de Trumao, el complejo humedal que está ubicado en la confluencia del Río Rahue con el Río Bueno, justamente aguas arriba de donde el Río Bueno empieza a cruzar la cordillera de la costa

3 PLAN DE ACCIÓN

Seguidamente se presenta la estructura del Plan de Acción y se identifican las iniciativas que lo conforman, como resultado del diagnóstico previo, los resultados de las actividades de Participación Ciudadana, el apoyo de la herramienta de modelación hidrológica y la evaluación de la cartera de acciones actualmente existente.

3.1 Estructura del Plan de Gestión

La estructura del Plan de Gestión Hídrica se basa en desarrollar iniciativas ante brechas definidas en el diagnóstico de la cuenca. Estas iniciativas fueron evaluadas bajo 4 criterios, los que permitieron su priorización. Las iniciativas priorizadas y seleccionadas forman parte de la cartera de acciones del Plan.

El Plan, además de contener acciones que reduzcan las brechas identificadas, se considera que debe velar por una seguridad hídrica y por la sostenibilidad. Para ello, se ha considerado que las acciones deben proveer de los elementos necesarios que apunten al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la ONU y por los criterios de sostenibilidad de una cuenca según el programa de ecohidrología de la UNESCO.



Figura 3-1. Estructura del Plan Estratégico.

Fuente: Elaboración propia.

En la implementación del Plan, deben participar activamente diversas instituciones estatales y privadas, a distintas escalas espaciales y administrativas. De esta forma se velará por la correcta implementación y ejecución de este Plan.

3.2 Acciones del Plan

Las acciones para llevar a cabo en el PEGH buscan cerrar las brechas encontradas en la cuenca en los ámbitos de la coordinación, información y balance hídrico. Así, las brechas encontradas en el ámbito de la coordinación, se abordan desde acciones que propenden a la necesidad de fortalecer la gobernanza e institucionalidad, así como fortalecer y formalizar organizaciones usuarias de agua; en el ámbito de la información se abren dos líneas, una de generación de nueva información disponible tanto para la autoridad como para la

comunidad y la segunda de capacitación hacia la comunidad que le permita un empoderamiento informado; y finalmente en el ámbito de las brechas de balance hídrico queda en evidencia una competencia entre los usos agrícola y de consumo humano, de la mano de la falta de gestión; para suplir la escasez hídrica se propone el ingreso de agua a la cuenca desde nuevas fuentes o a través de infraestructura hidráulica construida para este fin y mejoras en la eficiencia en el riego.

Bajo este concepto, las acciones del Plan Estratégico de Gestión Hídrica se muestran a continuación (Tabla 3-1):

Tabla 3-1. Resumen de las acciones necesarias para disminuir las brechas identificadas en la cuenca río Bueno.

CÓDIGO	EJE	TEMA	ACCION	BRECHA	INSTITUCION RESPONSABLE
OM-01	Otras medidas	Ecosistemas	Asignación de caudal ambiental en humedales de interés en la cuenca del río Bueno y sus afluentes	Alta vulnerabilidad de humedales bajo ninguna categoría de conservación legal frente a un escenario de menor disponibilidad hídrica futura producto del cambio climático	MMA
OM-02	Otras medidas	Ecosistemas	Desarrollo de mecanismos normativos que aseguren la conservación de la biodiversidad, servicios ecosistémicos y provisión hídrica a través de la protección de humedales	Alta vulnerabilidad de humedales bajo ninguna categoría de conservación legal frente a un escenario de menor disponibilidad hídrica futura producto del cambio climático	MMA
OM-03	Otras medidas	Ecosistemas	Implementación de Norma Secundaria de Calidad del agua en la cuenca del río Bueno	Preocupación por parte de la ciudadanía sobre rubros productivos potenciales contaminadores del agua	MMA

AG-01	Gestión	Gestión - Gobernanza	Creación y fortalecimiento de la Oficina Municipal de Asuntos Hídricos (OMAH) como ente técnico de capacitación y canalización de inquietudes, denuncias, capacitación entre la ciudadanía, la institucionalidad pública y el consejo de cuencas	Carencia de una instancia a nivel local que fomente el desarrollo de actividades de participación ciudadana con un mirada hídrica y ambiental con énfasis en los procesos de difusión de programas formativos y capacitaciones orientados hacia el cuidado, conservación y preservación del recurso hídrico y aspectos legales. Así como también a la entrega de información ambiental que ayude a la toma de conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente a los habitantes como a los visitantes de la cuenca del río Bueno	GORE
AG-02	Gestión	Gestión - Gobernanza	Consejo para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos a Nivel de Cuenca	Ausencia de una organización que genere instancias de trabajo y coordinación entre los diferentes actores de la cuenca y cuyo objetivo principal se centre en la tematica del agua.	GORE
FO-01	Medidas de Gestión	Gestión - Fortalecimiento y formalización de OUA's	Programa de constitución y fortalecimiento de Comunidades de Aguas Subterráneas	Inexistencia de OUA que gestionen y coordinen el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la cuenca del río Bueno	DGA
FO-02	Medidas de Gestión	Gestión - Fortalecimiento y formalización de OUA's	Programa de apoyo para el saneamiento y regularización de los	Existencia de servicios Sanitarios Rurales sin derechos regularizados y/o sin	DGA

			derechos de agua de los SSR y títulos de dominio	regularización de los títulos de dominio y servidumbres prediales	
FO-03	Medidas de Gestión	Gestión - Fortalecimiento y formalización de OUA's	Constitucion y fortalecimiento de 13 comunidades de aguas superficiales	Inexistencia de OUA que gestionen y coordinen el aprovechamiento de agua para los canales seleccionados (OH-01) priorizados por la CNR	DGA
FO-04	Medidas de Gestión	Gestión - Fortalecimiento y formalización de OUA's	Programa de apoyo legal y técnico para la conformación y operación de la Junta de Vigilancia de la cuenca del Río Bueno	Inexistencia de una organización que genere instancias de trabajo y coordinación entre los diferentes actores de la cuenca y cuyo objetivo principal se centre en la tematica del agua	DGA.
CH-01	Medidas de Gestión	Gestión - Capital humano	Educación ambiental para la conservación de los ecosistemas y recursos hídricos desde una mirada ecohidrológica	Desconocimiento de las medidas o acciones que puede tomar la ciudadanía para hacer un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico	MINEDUC
CH-02	Medidas de Gestión	Gestión - Capital humano	Programa de acompañamiento continuo a SSR	Bajo nivel de formación en el capital humano en las Servicios Sanitarios Rurales para hacer frente a las nuevas tecnologías, digitalizacion y operacion de sistemas de tratamiento.	DOH

RA-01	Oferta Hídrica	Nuevas Fuentes de Agua - Recarga de acuíferos	Siembra y cosecha de lluvias mediante zanjas de infiltración	Vulnerabilidad del acuífero en el río Toltén debido a la poca recarga que presentan y la presión que serán sometidos debido a un aumento de la demanda y a la disminución en el nivel de precipitación según lo proyectado en el cambio climático	Alianza público-privada con CORMA y CONAF
SI-01	Informacion	Gestión - Sistemas de información	Instalación, operación y monitoreo de estaciones de monitoreo de aguas subterráneas nuevas y existentes	Carencia de información de niveles de pozos de monitoreo, en específico la cuenca cuenta solo con 19 pozos SISS y 3 DGA, los cuales no están bien distribuidos en la cuenca y sus mediciones no son periódicas	DGA
SI-02	Informacion	Gestión - Sistemas de información	Monitoreo participativo de calidad del agua realizado por la ciudadanía	Desconocimiento por parte de la ciudadanía de los potenciales efectos sobre el ecosistema acuático producto de la actividad de distintos gremios productivos como la piscicultura, actividad forestal y las centrales hidroeléctricas	GORE/Municipalidad/ Oficina de asuntos hídricos
SI-03	Informacion	Sistemas de información	Fortalecimiento del actual programa de monitoreo de calidad de las aguas superficiales y subterráneas	Dificultad para caracterizar la calidad del agua la Cuenca Río Bueno, debido a carencia de datos y sesgo metodológico en el monitoreo fisicoquímico que dificulta analizar con enfoque de cuencas	DGA
SI-04	Informacion	Gestión - Sistemas de información	Instalación y operación de estaciones superficiales de monitoreo	Carencia de información de caudal en cada una de las subcuencas de la cuenca del río Bueno, considerando escenario de cambio climático desfavorable	DGA

SI-05	Informacion	Gestión - Sistemas de información	Desarrollo de una plataforma única de visualización de datos hidrometeorológicos y medioambientales	Complejo acceso a la informacion hídrica y medioambiental existente en la cuenca	GORE
OH-01	Oferta Hídrica	Infraestructura hidráulica - Obras mayores y/o menores	Diseño y Construccion de 13 canales de riego asociados proyectos CNR priorizados	Carencia de seguridad de riego deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuarios	DOH
OH-02	Oferta Hídrica	Infraestructura hidráulica - Obras menores	Mejoramiento y aumento de capacidad de infraestructura hidráulica en Servicios Sanitarios Rurales	Insatisfacción de la demanda de agua potable para consumo rural debido a la incapacidad de la infraestructura para portear o entregar la dotación requerida	DOH
SI-06	Oferta Hídrica	Gestión - Sistemas de información	Instalación y operacion de estaciones de calidad del agua subterránea	Escasa información de calidad del agua subterránea en todos los SHACs de la cuenca del río Bueno	DGA
OH-03	Oferta Hídrica	Infraestructura hidráulica - Obras menores	Profundización de pozos existentes para SSR	Existe una deficiencia en la accesibilidad del recurso hídrico, por lo que no asegura su abastecimiento, esta deficiencia es, según actividades de PAC, es que alguno de los pozos se secan (Se desconoce la profundidad y la cantida de los pozos)	DOH/DGA
SI-07	Informacion	Gestión - Sistemas de información	Estudio hidrogeológico de la cuenca	Desconocimiento de características del acuífero a nivel local	DGA
OH-04	Oferta Hídrica	Infraestructura hidráulica - Obras menores	Profundizacion de pozos existentes para pequeños agricultores	Existe una deficiencia en la accesibilidad del recurso hídrico, por lo que no asegura su abastecimiento, esta deficiencia es, según actividades de PAC, es que alguno de los pozos se secan	INDAP

				(Se desconoce la profundidad y la cantida de los pozos)	
--	--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K - Plan de acción).

4 CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS

Las acciones mencionadas en este PEGH son una selección de acciones identificadas a partir del trabajo interdisciplinario de los investigadores del estudio con los actores del territorio, todas importantes para la mejora de la gestión hídrica en las cuencas. Sin embargo, su implementación en el territorio requiere de una hoja de ruta que establezca la prioridad en el tiempo de cada una de ellas.

La priorización de acciones en el territorio en un contexto de escasez hídrica es altamente compleja debido a la necesidad de comparar criterios muy distintos, para los cuáles no siempre se tiene el mismo tipo de información, o en algunos casos el impacto es inconmensurable (Dodgson *et al.* 2000). En la mayoría de los casos el costo económico de la acción es el criterio utilizado para decidir su implementación. En otros métodos de evaluación utilizados, la imprecisión, la incertidumbre y los aspectos arbitrarios de los datos se agregan en un número o puntaje para cada alternativa, lo que enmascara valoraciones muy negativas generalmente en los aspectos sociales y ambientales (Roy & Vincke 1981; Vincke, 1986). Sin embargo, en un contexto de escasez hídrica y conflictos socioambientales, se hace fundamental la priorización de la sostenibilidad social y ambiental de las propuestas traducida ya sea en la ponderación a los criterios sociales por encima de los económicos, o en la incorporación de la opinión de los principales actores en alguna etapa de selección de las propuestas (Banco Mundial, 2018). Involucrar a los principales afectados en la toma de decisiones puede generar impactos positivos en la sustentabilidad de las decisiones (Dietz & Stern 2008). En este sentido en esta etapa, además del costo, tiempo de implementación e impacto en la brecha, se levantó la opinión de los principales actores en las cuencas sobre cada una de las propuestas (criterio Beneficio percibido desde los actores locales) para ayudar en la distribución de las acciones en el tiempo; en la Figura 4-1 se resume el significado de cada criterio empleado para la priorización de las iniciativas.



Figura 4-1. Criterios considerados para la priorización de las actividades a implementar en el Plan Estratégico.

Fuente: Elaboración propia a partir del consenso de los especialistas.

La combinación de escalas en los 4 criterios anteriores se estableció según reglas de criterio experto, donde son más importantes, e igualmente relevantes entre ellas, el impacto en la brecha y la importancia para los actores, seguidas por el costo y el tiempo de implementación. De esta manera si una acción tiene un alto impacto en la brecha y es altamente valorada (beneficio), el tiempo y costo se consideran como irrelevantes. En cambio, si los primeros criterios tienen menor valoración, se evalúa el costo (menor costo mejor) y el tiempo (menor tiempo mejor) en la evaluación general de la acción. De esta manera se incorpora la opinión local sobre el beneficio de las acciones en las cuencas, dando como resultado la Tabla 4-1:

Tabla 4-1. Regla de priorización de las acciones.

Impacto en la brecha específica (ALTO, MEDIO, BAJO)	Beneficio percibido por actores locales (ALTO, MEDIO, BAJO)	Costo de implementación y operación (ALTO, MEDIO, BAJO)	Tiempo de implementación (CORTO, MEDIO, LARGO)	Prioridad
ALTO	ALTO	No se considera	No se considera	ALTA
ALTO	MEDIO	BAJO, MEDIO	No se considera	ALTA
ALTO	MEDIO	ALTO	CORTO, MEDIO	ALTA
ALTO	MEDIO	ALTO	LARGO	MEDIA
ALTO	BAJO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
ALTO	BAJO	ALTO	CORTO, MEDIO	MEDIA
ALTO	BAJO	ALTO	LARGO	BAJA
MEDIO	ALTO	BAJO, MEDIO	No se considera	ALTA
MEDIO	ALTO	ALTO	No se considera	MEDIA
MEDIO	MEDIO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
MEDIO	MEDIO	ALTO	CORTO, MEDIO	MEDIA
MEDIO	MEDIO	ALTO	LARGO	BAJA
MEDIO	BAJO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
MEDIO	BAJO	ALTO	No se considera	BAJA
BAJO	ALTO	BAJO, MEDIO	No se considera	MEDIA
BAJO	ALTO	ALTO	No se considera	BAJA
BAJO	MEDIO, BAJO	No se considera	No se considera	BAJA

Fuente: Elaboración propia a partir de consenso entre especialistas.

Todas las alternativas identificadas provienen de una selección de ideas del territorio que además fueron evaluadas con mayoría de aceptación por los actores locales. Por lo tanto, la totalidad de las acciones fueron seleccionadas para ser incorporadas como parte del Plan Estratégico.

Como ya se comentó anteriormente, se realizó una priorización de las acciones basados en la combinación de 4 criterios: Impacto, percepción local, costo y plazo de implementación. El desarrollo paso a paso de la priorización se presenta en el Anexo K.3 – Priorización, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2. Priorización de las iniciativas definidas.

CÓDIGO	ACCION	Priorización
OM-01	Asignación de caudal ambiental en humedales de interés en la cuenca del río Bueno y afluentes	Alta
OM-02	Desarrollo de mecanismos normativos que aseguren la conservación de la biodiversidad, servicios ecosistémicos y provisión hídrica a través de la protección de humedales	Media
OM-03	Implementación de Norma Secundaria de Calidad del agua en la cuenca del río Bueno	Alta
AG-01	Creación y fortalecimiento de la Oficina Municipal de Asuntos Hídricos (OMAH) como ente técnico de capacitación y canalización de inquietudes, denuncias, capacitación entre la ciudadanía, la institucionalidad pública y el consejo de cuencas	Alta
AG-02	Consejo para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos a Nivel de Cuenca	Alta
FO-01	Programa de constitución y fortalecimiento de Comunidades de Aguas Subterráneas	Alta

CÓDIGO	ACCION	Priorización
FO-02	Programa de apoyo para el saneamiento y regularización de los derechos de agua de los SSR y títulos de dominio	Alta
FO-03	Constitucion y fortalecimiento de 13 comunidades de aguas superficiales	Media
FO-04	Programa de apoyo legal y técnico para la conformación y operación de la Junta de Vigilancia de la cuenca del Río Bueno	Alta
CH-01	Educación ambiental para la conservación de los ecosistemas y recursos hídricos desde una mirada ecohidrológica	Alta
CH-02	Programa de acompañamiento continuo a SSR	Alta
FA-01	Siembra y cosecha de lluvias mediante zanjas de infiltración y embalses	Media
SI-01	Instalación, operación y monitoreo de estaciones de monitoreo de aguas subterráneas nuevas y existentes	Media
SI-02	Monitoreo participativo de calidad del agua realizado por la ciudadanía	Media
SI-03	Fortalecimiento del actual programa de monitoreo de calidad de las aguas superficiales y subterráneas	Media
SI-04	Instalación y operación de estaciones superficiales de monitoreo	Media

CÓDIGO	ACCION	Priorización
SI-05	Desarrollo de una plataforma única de visualización de datos hidrometeorológicos y medioambientales	Media
OH-01	Diseño y Construcción de 13 canales de riego asociados proyectos CNR priorizados	Baja
OH-02	Mejoramiento y aumento de capacidad de infraestructura hidráulica en Servicios Sanitarios Rurales	Media
SI-06	Instalación y operación de estaciones de calidad del agua subterránea	Alta
OH-03	Profundización de pozos existentes para SSR	Alta
OH-04	Profundización de pozos existentes para pequeños agricultores	Media
SI-07	Estudio hidrogeológico de la cuenca	Alta

Fuente: Elaboración propia a partir de la planilla de priorización contenida en el Anexo K.3. Priorización, pestaña Priorización.

Se observa que solo una de las iniciativas ha sido clasificada con una baja prioridad debido principalmente al poco interés por parte de los actores y por los elevados costos de los canales.

De las 23 iniciativas seleccionadas, 12 (52%) de ellas presentan una clasificación Alta, 10 iniciativas (44%) presentan una prioridad Media y una (4%) está priorizada como baja. De estas últimas, la mayoría obedece a iniciativas de obtención o mejoramiento de la información existente, las cuales no se perciben como beneficio directo en la reducción de la brecha por parte de los actores locales, sin embargo, son absolutamente necesarias para eliminar brechas de información y de implementación del modelo hidrológico acoplado.

De las temáticas de acciones con mayor porcentajes de elevada priorización destaca las acciones relacionadas con el ecosistema, lo cual demuestra la importancia que presentan el ecosistema acuático y ribereño por parte de los actores locales (Figura 4-2).

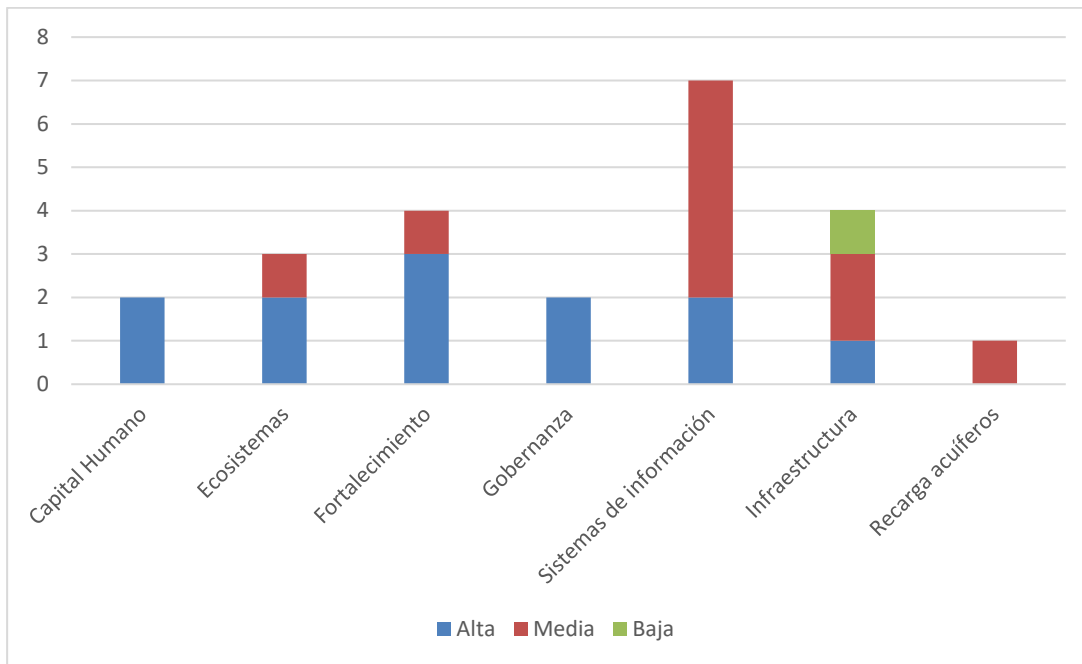


Figura 4-2. Distribución de la priorización de acciones.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo K.3. Plan de Acción).

4.1 Evaluación conjunta del plan

Para evaluar las mejores condiciones que generan las iniciativas planteadas anteriormente, las iniciativas posibles de modelar se incorporaron en conjunto en el modelo hidrológico integrado. Para ello se generó un único escenario en el cual se incorporaron todas las iniciativas definidas en los escenarios individuales. Estas iniciativas fueron puestas en marcha de acuerdo a los plazos de implementación expresados anteriormente.

Particularmente, se consideraron los escenarios: Grupo de canales de riego, Siembra y cosecha de agua mediante zanjas de infiltración y la mantención de un caudal ambiental. En la Figura 4-3 se puede apreciar los escenarios considerados y su fecha propuesta para su puesta en marcha en el PEGH.

El escenario del PEGH para la cuenca del Río Bueno la situación futura de la cuenca, en caso de no implementar el PEGH. Esta condición futura considera que se mantienen los derechos de agua otorgados al 2019.

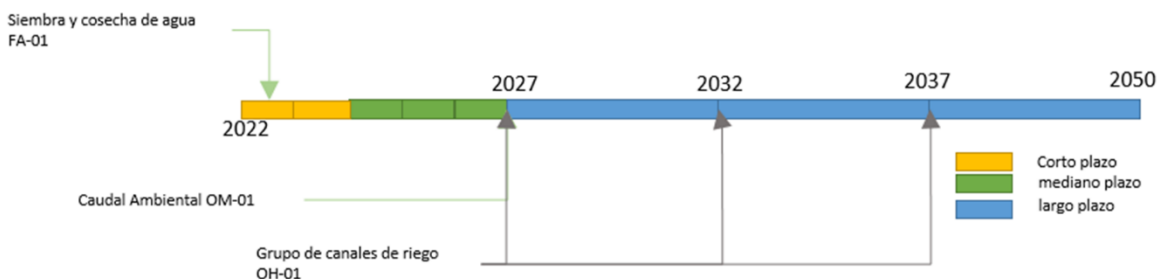


Figura 4-3. Esquema temporal de la simulación del PEGH para la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia Los resultados de la modelación del PEGH muestran que la implementación de las acciones, representadas en escenarios.

Los resultados de los indicadores del PEGH se muestran en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Promedio decadales de los indicadores del plan PEGH en la cuenca Río Bueno y su comparación con el escenario futuro e histórico.

Década	Brecha (Hm ³ /año)		Cobertura (%)		Variación del acuífero (Hm ³ /año)
	Agrícola	Agua potable Rural	Agrícola	Agua potable Rural	
2010-2020	54,4	0,0	38%	100%	66,07
Futuro (2040-2050)	599,8	1,8	5%	97%	-21,38
PEGH (2040-2050)	68,5	0,0	89%	99%	-96,22

Fuente: Elaboración basado en resultados de modelación (anexo H. modelo hidrológica acoplado, capítulo 5.2.2).

Se aprecia que la implementación del PEGH mejora los indicadores de los dos usos analizados, disminuyendo considerablemente la brecha hídrica del sector agrícola desde 599,8 hm³ a 68.5 hm³ y aumentando su cobertura de un 5% a un 89%. El agua potable rural, también ve mejorados sus indicadores, pero en valores bastante menores, ya que la brecha hídrica se disminuye de 1,8 hm³ a prácticamente nula, y su cobertura aumenta del 97% al 99%.

De esta forma, la brecha total (que incluye las brechas agrícolas, de demanda de agua potable rural y la variación del almacenamiento del acuífero) pasó de 623 hm³/año (en el escenario futuro) a 164,7 hm³/año con la implementación del PEGH. Así, la brecha total, disminuyen en un 73% (Figura 4-4).

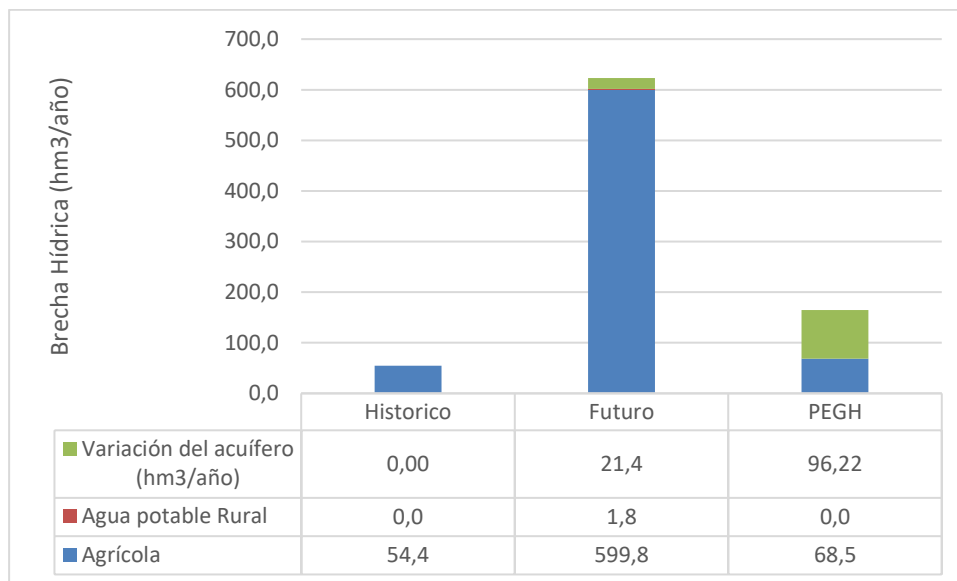


Figura 4-4. Variación de la brecha total al implementar el PEGH en la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia basado en resultados modelación hidrológica acoplada (Anexo H modelación hidrológica acoplada, capítulo 5.2.2).

La variación temporal de la brecha hídrica en el periodo 1980-2050 (que incluye los escenarios históricos y futuros) y la disminución temporal de la brecha agrícola una vez implementado el Plan se muestra en la Figura 4-5.

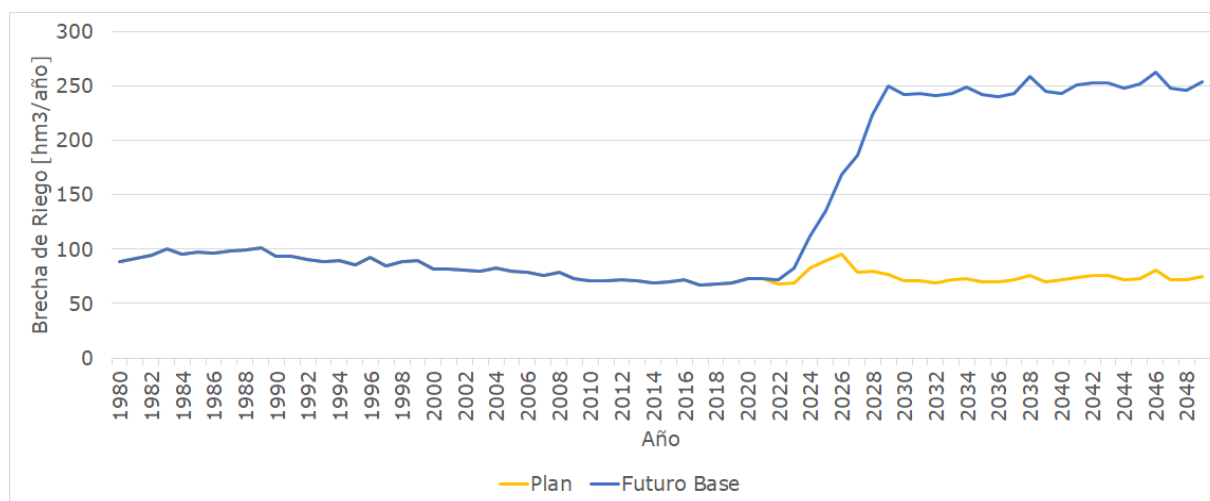


Figura 4-5. Evolución temporal de la brecha agrícola bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia basado en resultados modelación hidrológica acoplada (Anexo H modelación hidrológica acoplada, capítulo 5.2.2).

Se aprecia que la brecha agrícola disminuye levemente a partir del año 2020 al 2028. A partir de dicho año 2024 y 2026 se aprecia una reducción notoria de la brecha, que la fecha cuando se activa la iniciativa de la construcción de los 13 canales de riego (iniciativa OH-01) y ya están operativas las zanjas de infiltración (RA-01).

En la Figura 4-6 se muestra la evolución de la cobertura de la demanda de riego, en donde se aprecia que cuando el canal de riego (OH-01) y las zanjas están operativas (RA-01), la cobertura de la demanda aumenta en torno al 90% de la demanda proyectada de acuerdo a la superficie planificada en riego.

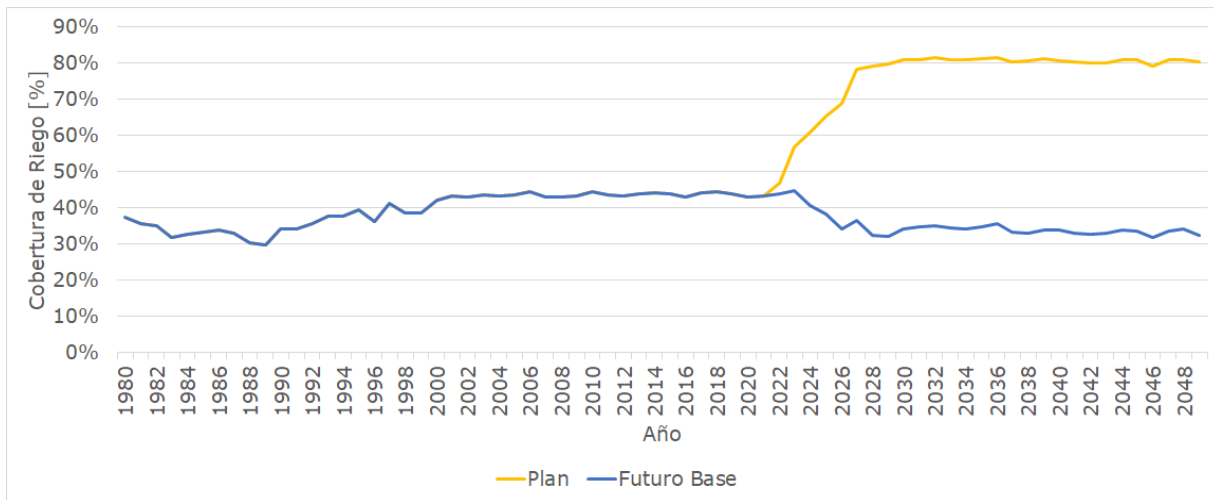


Figura 4-6. Evolución temporal de la cobertura de la demanda agrícola bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia basado en resultados modelación hidrológica acoplada (Anexo H modelación hidrológica acoplada, capítulo 5.2.2).

En forma análoga, se muestra la evolución temporal de la brecha de agua potable para la cuenca Río Bueno, considerando la condición histórica, la futura y la aplicación del Plan (Figura 4-7).

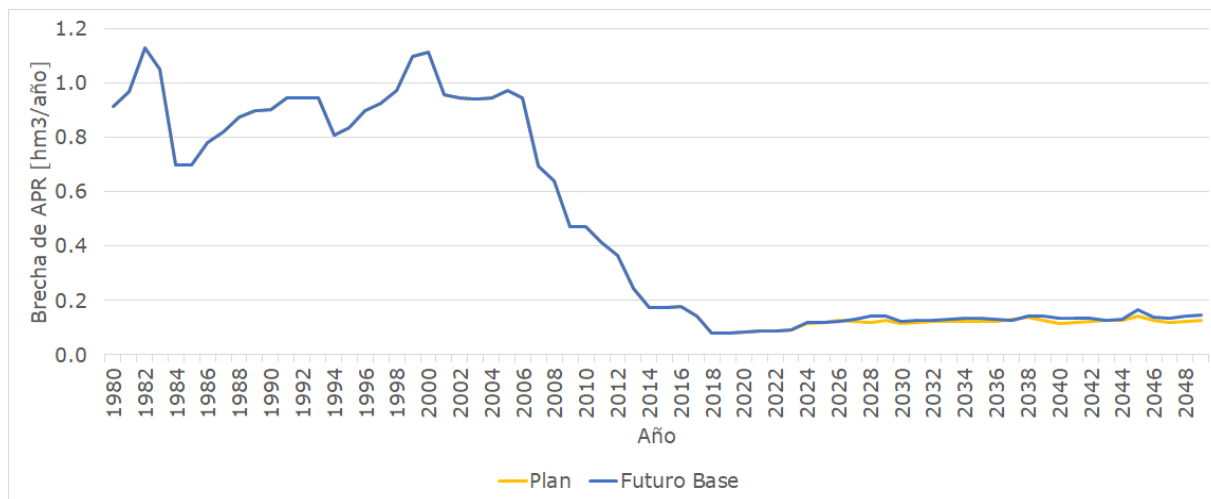


Figura 4-7. Evolución temporal de la brecha de agua potable bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia basado en resultados modelación hidrológica acoplada (Anexo H modelación hidrológica acoplada, capítulo 5.2.2).

Se aprecia que bajo la aplicación el PEGH, la brecha de agua potable disminuye levemente cuando se implementa el Plan de las iniciativas modeladas. La brecha no disminuye completamente ya que esta iniciativa no abarca la totalidad de SSR presentes en la cuenca, puesto que existen algunas que extraen superficialmente.

La cobertura del agua potable rural no presenta mayor variaciones entre la implementación de las iniciativas modeladas en el PEGH, pasando de un 97% de cobertura en el año 2020 a un 99% de cobertura al año 2049.

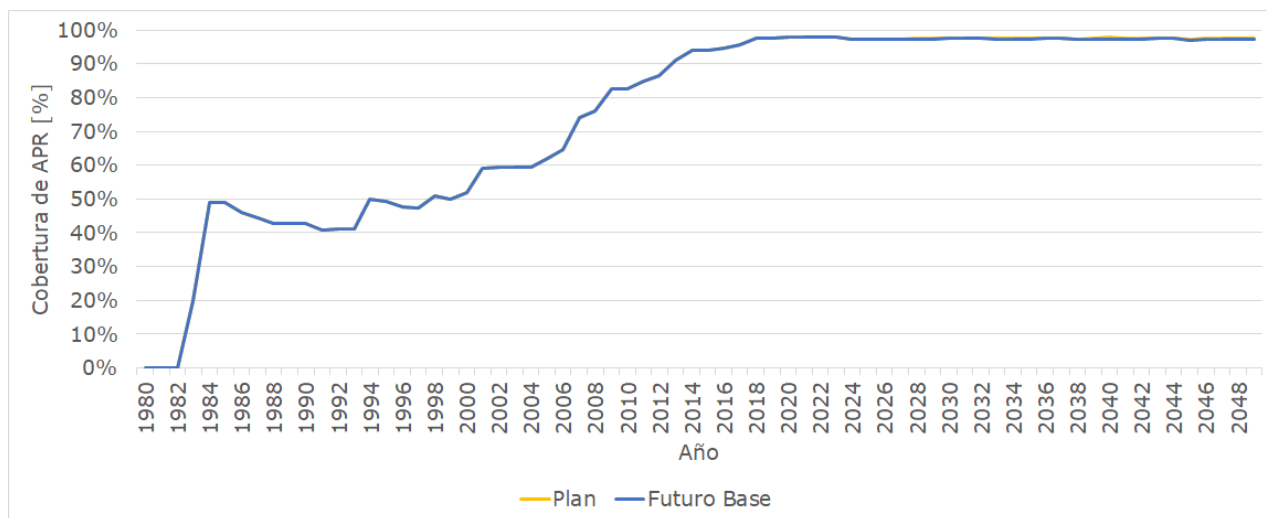


Figura 4-8. Evolución temporal de la cobertura de agua potable bajo escenario histórico, futuro y con la implementación del Plan en la cuenca Río Bueno.

Fuente: elaboración propia basado en resultados modelación hidrológica acoplada (Anexo H modelación hidrológica acoplada, capítulo 5.2.2).

Es importante mencionar que los resultados de los escenarios aquí mostrados se simularon con un clima similar e incluso más seco y cálido que lo observado en la última década (2010-2020), de manera de simular condiciones similares a las observadas en los primeros años de la década y con las proyecciones más severas de cambio climático. De todas maneras, es posible que, simulando la cuenca del Río Bueno con mejores condiciones climáticas, los sistemas sigan respondiendo de manera no sustentable, dada la alta demanda que existe por el agua.

Esto muestra que los escenarios simulados para este PEGH no logran cerrar completamente las brechas para esos dos usos, por tanto, es necesario implementar el resto de iniciativas que no son modelables en sí, pero que indirectamente permite contribuir a cerrar la brecha hídrica detectada. Por ejemplo, la brecha hídrica en el agua potable rural, no se genera por un déficit hídrico en la cuenca, sino por el acceso al agua, tanto en infraestructura como legal, lo cual han sido abordados en iniciativas que no fue posible modelar, como las iniciativas "Mejoramiento y aumento de capacidad de infraestructura hidráulica en Servicios Sanitarios Rurales" (OH-02), "Profundización de pozos existentes para abastecimientos de Servicios Sanitarios Rurales" (OH-03) y "Programa de apoyo para el saneamiento y regularización de los derechos de agua de los SSR y títulos de dominio" (FO-02).

4.2 Valorización económica del Plan Estratégico de Gestión Hídrica

El costo del Plan es de 872.333,2 M \$USD (miles de dólares) para las 23 acciones definidas, en donde un 99% de dicho monto es considerando acciones para el aumento de la superficie de riego. El detalle del porcentaje de costo de cada temática, se aprecia en la Figura 4-9.

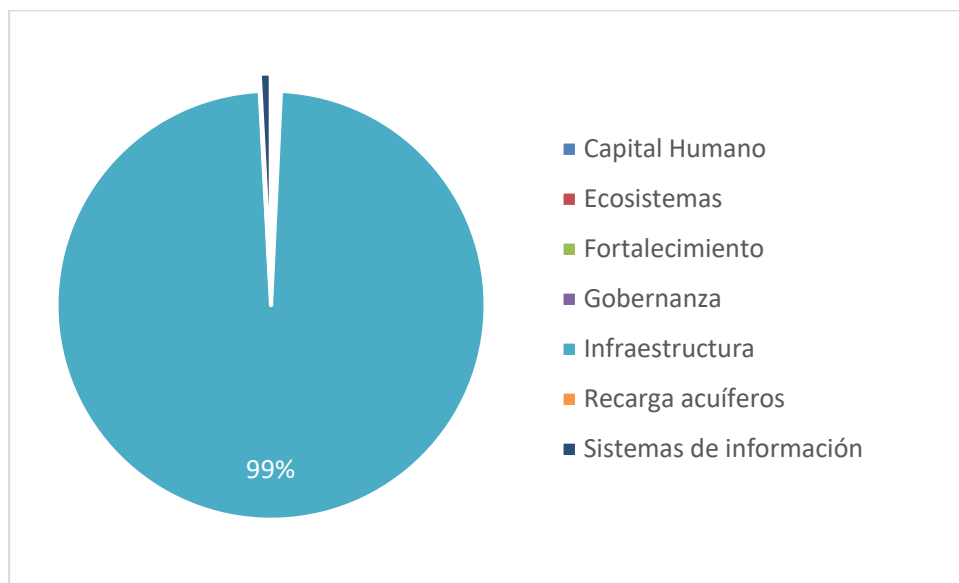


Figura 4-9. Distribución de los costos de implementación y operación por área temática de las acciones pertenecientes al Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K.3 Plan de acción).

En cuanto a la distribución de las inversiones y los costos de operación en los plazos (Corto, Mediano y Largo) del Plan estos se muestran en la (Figura 4-10). De ella se aprecia que los montos mayores se producen en el mediano y largo plazo. En el mediano plazo, el aumento del valor del Plan se debe principalmente a la inversión a realizar en cuanto a infraestructura hidráulica, en cambio en el largo plazo, al costo de la infraestructura se le agregan los costos operacionales de mantenimiento de la red de canales, así como la construcción del tercer grupo de red de canales (Ver OH-01, Anexo H. Plan de Acción).

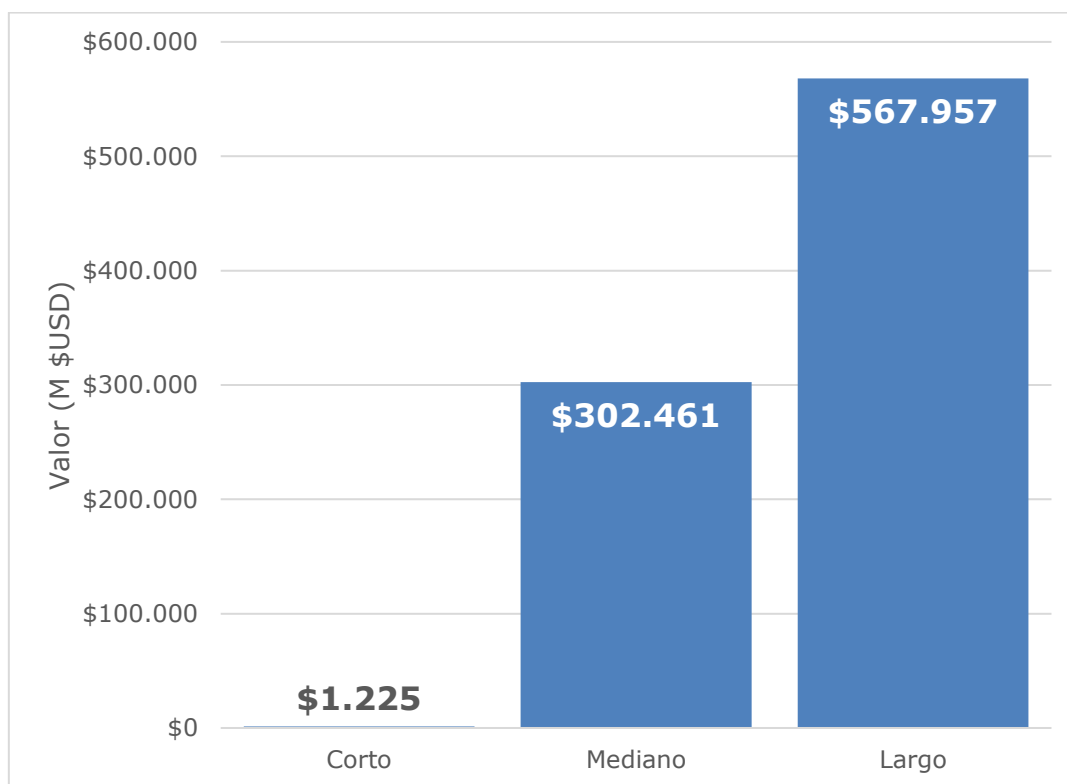


Figura 4-10. Distribución de los costos de implementación y operación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica del Río Bueno.

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo K.3 Plan de acción).

Al realizar una distribución anual de los costos del Plan (Figura 4-11) se aprecia que la mayor inversión ocurre entre los años 6 y 16 de comienzos del Plan (equivalentes a 2028 a 2038), lo cual comprende los periodos de mediano y comienzos del largo plazo. Estas inversiones se traducen en instalación de estaciones de medición, construcción de los

canales de riego, reposición de sistema de agua potable rural y profundización de pozos existentes.

Durante el corto plazo (0-2 años) los costos son principalmente de operación, debido a la implementación temprana de iniciativas como la oficina de asuntos hídricos, monitoreo participativo y programa de monitoreo de calidad del agua, los cuales no requieren mayor inversión para iniciar sus actividades.

En el largo plazo, se terminan la construcción de las iniciativas comenzadas en el mediano plazo, para posteriormente ejecutar medidas que necesitan de apoyo constante para su ejecución y de esta forma velar por su autonomía y funcionamiento, como por ejemplo la oficina de asuntos hídrico, monitoreo participativo, educación ambiental y el consejo de cuencas.

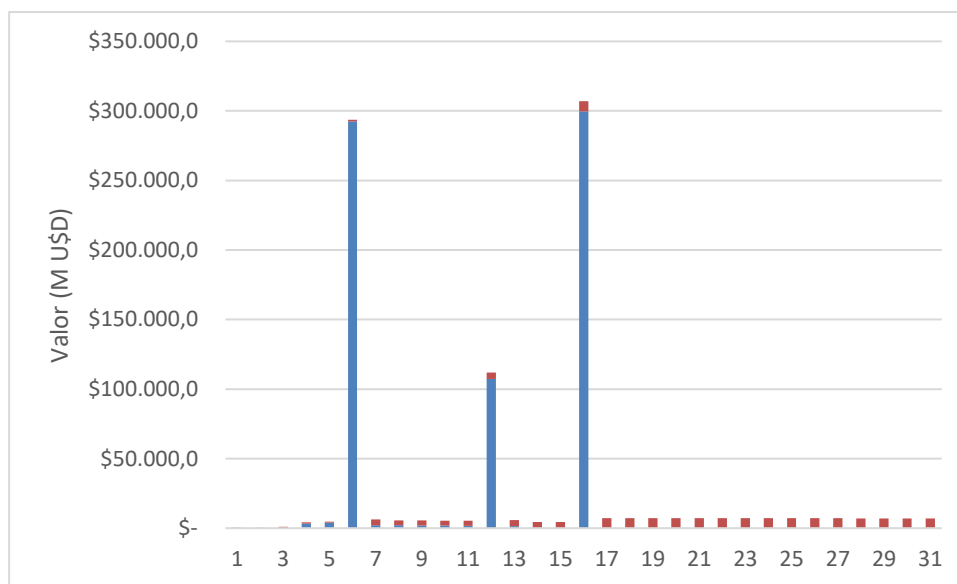


Figura 4-11. Distribución anual del costo del Plan.

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K.3, Plan de acción).

4.2.1 Distribución de costos por actores

El cuadro siguiente resume la inversión por institución responsable y período de ejecución. El principal responsable es la DOH con un 57% del costo del Plan, le sigue la DGA con un 17% del costo. El detalle se puede ver en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Distribución de costos por actores y plazos.

Institución	Corto [M \$USD]	Mediano [M \$USD]	Largo [M \$USD]	Total [M \$USD]
DGA	\$ 753	\$ 2.005	\$ 5.848	\$ 8.606

MMA	\$ 2	\$ 565	\$ -	\$ 567
DOH	\$ 134	\$ 298.739	\$ 560.142	\$ 859.015
GORE	\$ 281	\$ 397	\$ 1.664	\$ 2.341
MINEDUC	\$ 2	\$ 112	\$ 214	\$ 328
INDAP	\$ -	\$ 630	\$ -	\$ 630
Privados	\$ 51	\$ 14	\$ 89	\$ 154
TOTAL	\$ 1.225	\$ 302.461	\$ 567.957	\$ 871.642

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K.3, Plan de acción).

4.3 Cronograma de las soluciones

En la Figura 4-12 se observa que para el corto plazo 11 son las acciones que deben ser implementadas. En términos generales, estas acciones obedecen a la implementación de la Oficina de Asuntos Hídricos, estudio hidrogeológico, protección de humedales, Apoyo a SSR en saneamiento de sus derechos de aguas y la implementación temprana de aspectos de información como la plataforma de visualización de información hidrometeorológica y ambiental, como programas de monitoreo de calidad del agua.

En el mediano plazo, se implementan fuertemente las acciones que presentan mayor inversión, como la instalación de estaciones de medición, reposición de infraestructura hidráulica a SSR, profundización de pozos a SSR y a pequeños agricultores, construcción de estaciones de monitoreo, construcción de canales de riego y constitución y fortalecimiento de CAS y Asociaciones de Canalistas.

Finalmente, en el largo plazo se espera que las juntas de vigilancias y el consejo de cuencas se encuentren operativos y permita llevar a cabo la gestión de cuencas y se terminen de construir la última fase de los canales de riego proyectados por CNR.

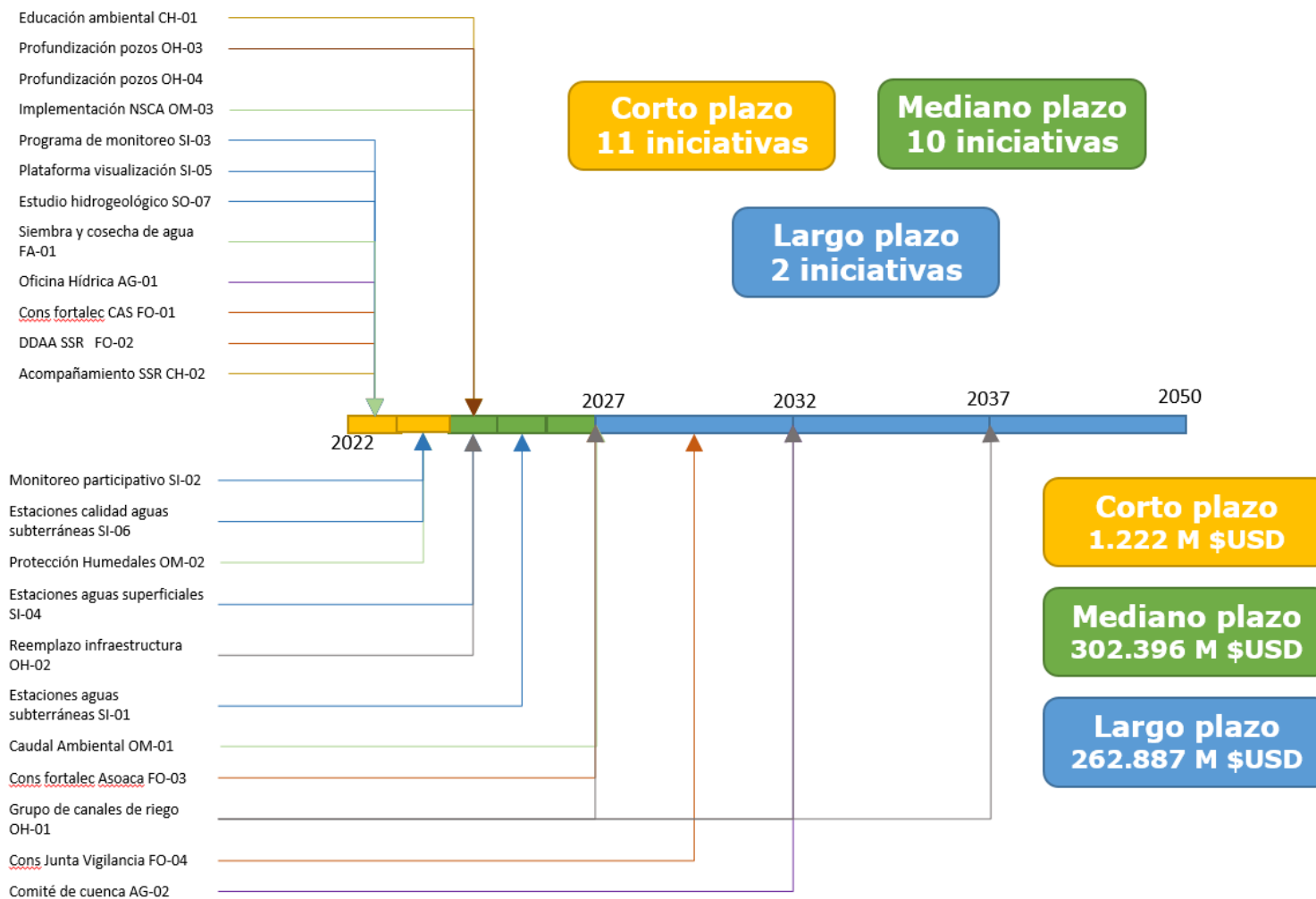


Figura 4-12. Línea de tiempo de implementación de las acciones.

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K.3. Plan de Acción).

5 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

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

5.1 Hitos de referencia en la implementación del Plan

A continuación, se presentan los hitos de cada plazo del Plan (Tabla 5-1.), estos hitos marcan la criticidad de las acciones, tanto las que se implementan en el mismo plazo, como para aquellas en plazos posteriores

Tabla 5-1. Hitos del PEGH de la cuenca Río Bueno.

<p>Corto Plazo</p> <ul style="list-style-type: none">- Creación y fortalecimiento de la Oficina Municipal de Asuntos Hídricos (OMAH) como ente técnico de capacitación y canalización de inquietudes, denuncias, entre la ciudadanía, la institucionalidad pública y el consejo de cuencas (AG-01). En forma primera se implementará en municipios piloto. Esta iniciativa es relevante porque es en donde se gestionarán otras iniciativas como el programa de monitoreo participativo (SI-02), la plataforma única de visualización (SI-05) y el programa de capacitación en asuntos hídricos (CH-02)- Siembra y cosecha de lluvias mediante zanjas de infiltración (RA-01)- Estudio hidrogeológico de la cuenca (SI-07)- Desarrollo de la Plataforma única de visualización de datos hidrometeorológicos y medioambientales (SI-05)- Comienzo del saneamiento de los DDAA de las SSR (FO-02)- Comienzo del programa de monitoreo participativo (SI-02)- Comienzo del programa de monitoreo de calidad de aguas (SI-03)
<p>Mediano Plazo</p> <ul style="list-style-type: none">- Inicio constitución de la Comunidad de Aguas Subterráneas (FO-01) y de la Comunidades de Agua (FO-03)- Instalación de estaciones de monitoreo y comienzo de monitoreo (SI-01; SI-04; SI-06)- Inicio de iniciativas para protección de ecosistemas de humedales (OM-02); determinación de caudal ambiental (OM-01) y establecimiento de NSCA (OM-03).- Comienzo de construcción del primer grupo de canales de riego (OH-01) y de profundización de pozos para SSR (AP-01) y para pequeños agricultores (AP-02).
<p>Largo Plazo</p> <ul style="list-style-type: none">- Construcción último grupo de canales de riego. (OH-01)- Constitución de las Juntas de Vigilancia (FO-04)- Constitución del consejo de cuenca para el Río Bueno (AG-02)

Fuente: Elaboración propia (Ver Anexo K.3 Plan de Acción).

5.2 Estrategia de implementación

La estructura del Plan de Gestión Hídrica se basa en desarrollar iniciativas ante brechas definidas en el diagnóstico de la cuenca. Estas iniciativas son evaluadas bajo 4 criterios los que permite su priorización. Las iniciativas priorizadas y seleccionadas forman parte de la cartera de acciones del PEGH.

El PEGH, además de determinar acciones que vayan en vías de eliminar o reducir brechas identificadas, también se ha considerado que debe velar por una seguridad hídrica y por la sostenibilidad. Para ello, se ha considerado que las acciones deben proveer de los elementos necesarios que apunten al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la ONU y por los criterios de sostenibilidad de una cuenca según el programa de ecohidrología de la UNESCO.



Figura 5-1. Estructura del Plan Estratégico.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Aspectos institucionales

En la implementación del Plan, deben participar activamente diversas instituciones estatales y privadas, a distintas escalas espaciales y administrativas. De esta forma se velará por la correcta implementación y ejecución de este Plan.

En la Tabla 5-2, se muestran el rol de las instituciones, tanto públicas como privadas en las respectivas acciones.

Tabla 5-2. Rol de las instituciones sectoriales y regionales en la implementación del Plan.

Institución	Rol	Inversión
-------------	-----	-----------

		Miles de USD
Dirección General de Aguas	Definición de acciones orientadas a la obtención de información y facilitar la regularización de DDAA por parte de las SSR. Realizará la instalación de estaciones de monitoreo y su programa respectivo. Apoyo para la constitución y fortalecimiento de distintos niveles organizacionales de OUA, como las CAS, Comunidades de aguas superficiales y Juntas de Vigilancia	\$ 8.606
Dirección de Obras Hidráulicas	Apoyo a las SSR en distintos aspectos, como el programa de regularización y saneamiento de Derechos de Agua, profundización de pozos y reposición y ampliación del equipamiento. Además, liderará la construcción de 13 canales de riego para aumentar la seguridad de riego.	\$ 859.015
Ministerio de Medio Ambiente	El principal rol es fortalecer la protección de los humedales y los sistemas acuáticos mediante la determinación del caudal ambiental y generar un APL con las juntas de vigilancia para su implementación. Además, generar expedientes para promover humedales con figura de protección oficial e implementar NSCA en la totalidad de la red fluvial	\$ 567
Gobierno Regional	Apoyo en la participación ciudadana en la gestión de la cuenca a distintos niveles participativos. Para ello apoyará la creación y operación de la oficina de asuntos hídricos, monitoreo participativo y el funcionamiento del consejo de cuencas.	\$ 2.341
Ministerio de educación	Velar por la educación ambiental de los actores de la cuenca y generar conciencia del uso eficiente y conservación de ecosistemas	\$ 328
Instituto de desarrollo agropecuario	Apoyo al pequeño agricultor para disminuir la carencia en seguridad de riego, mediante la profundización de los pozos de donde se abastecen para riego.	\$ 630
Privados y OUA	Conformación y participación en mesas de la sociedad civil y en el monitoreo ciudadano. Permitir y facilitar la gestión del agua, participando en reforzar las capacidades técnicas y de gestión. Tecnificación de riego e implementación de sistemas de medición, telemetría y automatización intra y extrapredial	\$ 154

Fuente: Elaboración propia (Apéndice K.3 Priorización).

5.2.1.1 Gobernanza del agua

La cuenca está en un estado básico de organización de gestión del agua, por lo que es necesario desarrollar distintas instancias de gestión y coordinación del agua. El modelo de gobernanza propuesto (Ver Anexo I. Modelo de gobernanza), para de una aproximación bottom-up, es decir, va construyendo instancias participativas desde la célula más básica en la escala espacial local, hasta ir construyendo instancias más globales de coordinación

y gestión en donde se van incorporando distintos actores previamente constituidos y organizados.

La configuración del modelo de gobernanza (Figura 5-2) empieza por la constitución de las Comunidades de Aguas Subterráneas en forma parcializada, siendo la CAS del SHAC Bueno medio y la del Rahue las prioritarias en constituirse. La CNR construirá 13 canales de riego, los cuales fueron distribuidos en su implementación en el plan. Esto da pie a la necesidad de constituir y fortalecer a las Comunidades de aguas superficiales asociadas a dichos canales, así como a gestionar en forma conjunta las aguas subterráneas y superficiales mediante el establecimiento de Juntas de Vigilancia (JdV).

Finalmente, y cuando se haya implementado normativa que permita la creación de Consejo de cuencas, es cuando las instituciones públicas participarán oficialmente como parte de la gestión de cuencas. Se propone que se exprese en sus estatutos que serán partícipes de dicho consejo organizaciones sectoriales, gremiales y civiles que no poseen derechos de agua, pero que su actividad está vinculada directamente con el recurso hídrico y/o sus fuentes naturales.

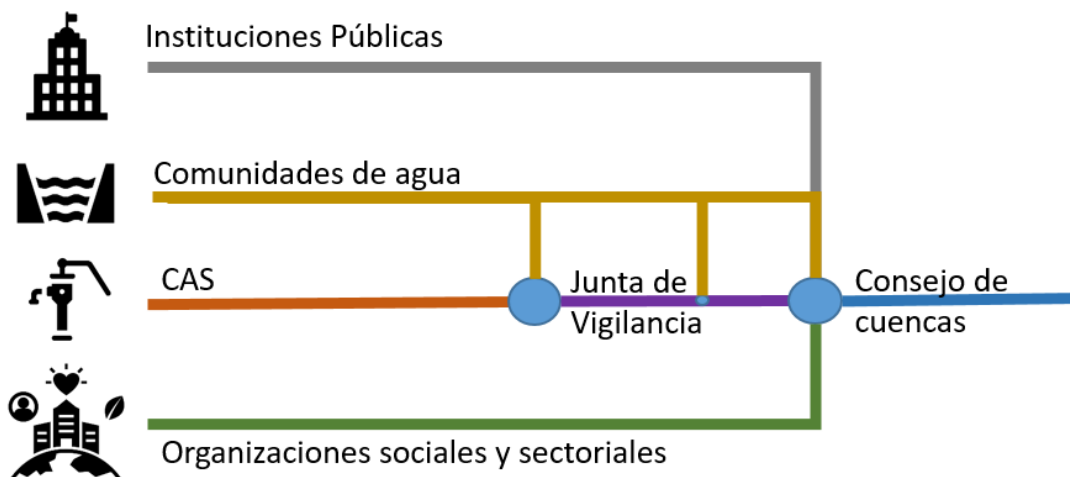


Figura 5-2. Gobernanza del agua propuesto.

Fuente: Elaboración propia (2021). (Anexo K. Plan de Acción).

En términos generales, el Consejo de cuencas corresponde a una instancia público-privada compuesta por representantes del Estado, de los Gobiernos Locales, de los usuarios directos e indirectos de las aguas, así como la sociedad civil organizada (Centros de estudio, organizaciones funcionales, sectoriales y civiles) y las distintas OUA (Juntas de Vigilancia, CAS y Comunidades de Agua).

El rol del consejo se formalizará en el largo plazo, en el ámbito político estratégico, y en lo principal en esta instancia se debieran tomar decisiones sobre:

- Velar por la implementación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica
- Gestionar los apoyos y financiamientos requeridos para la implementación del Plan Estratégico
- Representar a la cuenca en las instancias políticas, técnicas y sociales que así lo requieran.

- Definición de criterios mínimos de seguridad hídrica, de común acuerdo entre todos los actores.
- Ser una instancia de acuerdo que permita abordar vacíos de planificación y gestión, territorial y sectorial.

Desde el punto de vista operativo, el Consejo podrá trabajar mediante grupos de trabajo internos en las distintas áreas que se crea conveniente, como, por ejemplo: Agua potable y tratamiento, conservaciones de ecosistemas acuáticos, actividades productivas consuntivas, no consuntivas e in situ, adaptación y resiliencia al cambio climático, cultura y educación.

Este consejo debiera tener una secretaría técnica que apoye en temáticas técnicas al consejo. La estructura profesional de la Secretaría Técnica propuesta es la siguiente:

1. Secretario: responsable de la conducción de la Secretaría y su relación con los actores de la gobernanza. Define los lineamientos técnicos y estratégicos dentro de su ámbito de acción.
2. Coordinador territorial: profesional local, que se encarga de mantener la continuidad en las relaciones, reuniones y compromisos de cada Comités de Seguridad Hídrica y del Consejo de Cuenca. Participa en actividades de carácter territorial.
3. Staff de Asesores: asesores senior en gestión de recursos hídricos superficiales, subterráneos, materias legales, ambientales y sociales.
4. Equipo de profesionales: equipo permanente de ingenieros que mantienen los modelos hidrológicos, hidrogeológicos y del cumplimiento normativo ambiental, y forma parte de la contraparte técnica de estudios locales.

Es importante que la conformación de este consejo sea autónoma, y cuente con financiamiento propio.

5.3 Aspectos de financiamiento

El financiamiento es variado, y proviene principalmente de las instituciones que participan en la implementación de las acciones. La DOH es la principal fuente de financiamiento, en conjunto con la DGA de acuerdo a las mejoras en infraestructura de los servicios sanitarios rurales y la densificación del monitoreo.

Durante la ejecución de la elaboración del Plan se evidenciaron algunas instancias en donde es posible llevar a cabo algunas alianzas público-privada, ya sea para el financiamiento como para la operación de las acciones. Estas se refieren principalmente a 1) implementación y seguimiento de un caudal ambiental, siendo las JV o la confederación, y posteriormente el consejo de cuenca, 2) Construcción y mantención de las zanjas de infiltración y 3) Programa de monitoreo participativo.

Respecto de la gobernanza, mencionada en los aspectos institucionales, se propone como una instancia pública privada que debe contar con una Secretaría Técnica, que proporcione un apoyo técnico permanente, manteniendo la continuidad de las actividades que se realizan en la cuenca. La secretaría técnica está compuesta por un equipo técnico

permanente compuesto por un secretario, un equipo de modeladores para mantener operativos los modelos hidrológicos e hidrogeológicos, además de un staff de asesores senior.

Además, la oficina de asuntos Hídricos que se instala a nivel local, también debe tener un presupuesto externo que asegure su funcionamiento y autonomía. Esta Oficina presenta un equipo técnico compuesto por un director, un secretario y un profesional técnico.

Ambas instancias de gobernanza deben poseer un financiamiento asegurado que permita su autonomía y continuidad en el tiempo. Se propone que sea el GORE quien realiza las gestiones para el logro del financiamiento.

A continuación, se muestran alternativas de financiamiento para aquellas iniciativas que deben velar por autonomía en su realización, es decir que no se vean condicionadas al funcionamiento propio de la institucionalidad. Se excluye de la Tabla 5-3, fondos propios de las distintas instituciones públicas que participan directamente del PEGH.

Tabla 5-3. Fuentes de financiamiento para la ejecución del PEGH.

Tipo de fuente	Rango de montos	Institución que lo otorga	Descripción financiamiento	Tipo de financiamiento
	100 - 150 Mill de pesos.	Gobierno Regional (GORE)	Fondos para la Innovación y Competitividad, permite al GORE asignar parte del presupuesto total de los recursos correspondientes a este programa a Universidades Estatales o reconocidas por el Estado, destinados a desarrollar y promover investigación aplicada, emprendimiento innovador, desarrollo, difusión y transferencia tecnológica, incluida la destinada al fortalecimiento de capacidades y redes regionales para la innovación, formación y atracción de recursos humanos especializados, infraestructura y equipamiento de apoyo y promoción de la cultura pro innovación y emprendimiento.	Regional
	Depende de la disponibilidad presupuestaria y la priorización de la región.	SUBDERE - GORE	Fondo Nacional de Desarrollo Regional, programa de inversiones públicas, a través del cual, el Gobierno Central transfiere recursos a regiones para el desarrollo de acciones en los distintos ámbitos de desarrollo social, económico y cultural de la región con el objeto de obtener un desarrollo territorial armónico y equitativo.	Regional
	4 - 10 Mill de pesos	MMA	Fondo de Protección Ambiental, fondo concursable de carácter nacional que busca apoyar iniciativas ciudadanas y financiar total o parcialmente proyectos o actividades orientados a la protección o reparación del medio ambiente, el desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.	Nacional
FPR	Monto máximo 10 millones por comuna	MMA	Fondo para el Reciclaje, está destinado a Municipalidades y Asociaciones de Municipalidades, y busca promover hábitos más sustentables en el manejo de residuos, instalar conocimiento técnico y contar con infraestructura apta para la separación y reciclaje.	Nacional

Tipo de fuente	Rango de montos	Institución que lo otorga	Descripción financiamiento	Tipo de financiamiento
FIA	Entre 15 a 60 millones de pesos (proyectos históricos)	MINAGRI - GORE	Fundación para la Innovación Agraria, impulsar la innovación en el sector silvoagropecuario y la cadena agroalimentaria asociada, cuenta con fondos de apoyo para la ejecución de iniciativas de innovación en el sector silvoagropecuario, a nivel nacional y regional, y la cadena agroalimentaria asociada. Considera instrumentos como: Proyectos para la innovación, Capital semilla joven para la innovación, Giras para la innovación, Consultorías para la innovación, Eventos para la innovación, Estudios para la innovación	Nacional Regional -
CORFO	<ul style="list-style-type: none"> - PTI: Hasta 5.000 UF - Programa Crédito Verde: US\$ 250 mil - US\$ 7 millones 	CORFO	<p>Tiene como objetivo apoyar el emprendimiento, la innovación y la competitividad en el país junto con fortalecer el capital humano y las capacidades tecnológicas.</p> <p>Cuenta con programas tales como:</p> <p>Programa Territorial Integrado (PTI): conjunto interrelacionado de proyectos y actividades como capacitación, innovación, infraestructura, asistencia técnica, asociativa empresarial y financiamiento, tendientes a crear, desarrollar y mejorar la calidad productiva de un territorio determinado.</p> <p>Programa Crédito Verde (nuevo): busca para potenciar el desarrollo de proyectos que mitiguen los efectos del cambio climático y/o mejoren la sustentabilidad ambiental de las empresas, reimpulsando la inversión en iniciativas de Energía Renovable, Eficiencia Energética y Economía Circular.</p>	Nacional
Programa de Desarrollo de Inversiones - (PDI)	<ul style="list-style-type: none"> •Hasta \$2.500.000 por productor individual al año. •Hasta \$25.000.000 y \$35.000.000 	INDAP	Este programa busca contribuir a la capitalización y/o modernización de los sistemas de producción silvoagropecuarios y/o conexos (turismo rural, artesanía, agregación de valor y servicios) de la Agricultura Familiar Campesina a través del cofinanciamiento de inversiones (proyectos individuales o asociativos).	Nacional

Tipo de fuente	Rango de montos	Institución que lo otorga	Descripción financiamiento	Tipo de financiamiento
	para postulantes asociativos informales y formales, respectivamente			
BID	Hasta 1.5 MM USD	BID	Financiamiento para gestión de cuencas y/o implementación de Soluciones basadas en la naturaleza. En conjunto con otros fondos gestionados por el BID, por ejemplo el Fondo Fiduciario Japonés	Latinoamericano y el Caribe
FFPA	Se determinan anualmente por la Subsecretaría de Pesca.	Ministerio de Economía y Fomento - Consejo de Fomento de la Pesca Artesanal	Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal, tiene como objetivo promover el desarrollo sustentable del sector pesquero artesanal chileno, y apoyar los esfuerzos de - las organizaciones de pescadores artesanales legalmente constituidas de todo Chile, que buscan mejorar las condiciones de vida y laborales de sus asociados, respetando - los recursos y el medioambiente, mediante el co-financiamiento de proyectos gestionados por las propias organizaciones.	Nacional
Programa FIPA	Presupuesto asignado en la Ley de Presupuestos de la Nación y por otros aportes	Ministerio de Economía y Fomento - Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura	Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, está destinado a financiar proyectos de investigación pesquera y de acuicultura, necesarios para fundamentar la adopción de medidas de administración de las pesquerías y de las actividades de acuicultura	Nacional

Tipo de fuente	Rango de montos	Institución que lo otorga	Descripción financiamiento	Tipo de financiamiento
	(como por ejemplo; pagos anticipados de patentes pesqueras y de acuicultura)			
Fondo Concursable para las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA)	Hasta \$5.000.000	CNR	Fondo para proyectos presentados por Organización de usuarios de aguas constituida (Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas, Comunidades de Aguas (superficiales y subterráneas) y Comunidades de Drenaje definidas en el Código de Aguas)	Nacional
INDESPA	150.000 pesos por pescador.	INDESPA	Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala, financia iniciativas para fomentar, desarrollar y diversificar la actividad productiva sustentable del sector pesquero artesanal, mediante el sistema de Concurso Público, orientados a pescadores y pescadoras artesanales, acuicultores de pequeña escala y organizaciones artesanales del sector.	Nacional

Fuente: Elaboración propia.

6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

El Plan Estratégico es un proceso de mejoramiento y evaluación continua, permitiendo una gestión adaptativa de los recursos hídrica, presentándose de esta forma flexible ante la efectividad de las acciones como de los intereses de los actores.

Ante esto, el seguimiento debe ser claro y objetivo, sin dar lugar a interpretaciones erróneas. Es por eso que los indicadores de seguimiento juegan un rol importante.

Se proponen entonces dos categorías de indicadores:

- De **Impacto**: son propios de cada iniciativa y miden los resultados obtenidos de la implementación de esta. Estos indicadores están contenidos en la ficha resumen de la iniciativa en el campo métrica (ver Anexo k.1 – Plan de acción).
- De **Ejecución**: corresponden al seguimiento del plan en su globalidad y se refieren a los plazos y el presupuesto.

6.1 Indicadores

A continuación, se presentan los indicadores para cada una de las iniciativas del Plan. Se definió distintos indicadores para cada Eje Estratégico, y se distinguió entre indicadores de proceso (aquellos que dan cuenta de una acción que avanza hasta ser completada), e indicadores de impacto (aquellos que se deben evaluar permanentemente y que dan cuenta de variables físicas o umbrales de satisfacción de una condición establecida). Los indicadores de cuenca corresponden a un subconjunto de los indicadores de estado.

Los indicadores se traducen en:

Tabla 6-1. Indicadores del Plan.

Eje	Tipo de indicador	Indicador	Meta	Monitoreo	Medio de Verificación	Responsable
Balance y déficit hídrico	Impacto	Volumen de agua aportada (m ³ /año)	120.000 m ³ /año	Niveles de pozo	Formulario de registro	DGA
Seguridad Hídrica para consumo humano	Impacto	Porcentaje de familias con arranque de agua potable	Más del 90% de las familias con arranque	Medidor de agua domiciliario	Registro visual	DOH
Seguridad para conservación	Impacto	Pérdida de biodiversidad	Sin pérdida de biodiversidad en humedales	Riqueza y abundancia de especies	Campañas de seguimiento	MMA
Calidad del agua	Impacto	Cumplimiento de la NSCA	360 días al año con cumplimiento de norma en la totalidad de la red	Campañas de monitoreo fisicoquímico	Análisis de laboratorio	DGA
Seguridad para conservación	Ejecución	Cumplimiento del caudal ambiental	Caudal suficiente en el río para cumplimiento de Caudal Ambiental	Monitoreo de caudal Riqueza y abundancia de especies acuáticas	Campaña de seguimiento	MMA
Seguridad Hídrica para consumo humano	Impacto	Cantidad de camiones aljibes	Reducir a un 10% cantidad de camiones aljibes	Contratos con proveedores	Factura de pago de servicio	DOH

Eje	Tipo de indicador	Indicador	Meta	Monitoreo	Medio de Verificación	Responsable
Gestión Institucional	Ejecución	Capacitación	Capacitar a 50 personas al año	Asistencia a programas de capacitación	Lista de asistencia	Of. De asuntos hídricos
Gestión institucional	Ejecución	Información de calidad del agua	Todas las subcuencas con monitoreo	Chequeo de realización de la campaña	Realización de campaña	DGA
Gestión institucional	Ejecución	Información de nivel freático	Todos los SHAC con monitoreo	Chequeo de realización de la campaña	Realización de campaña	DGA

Fuente: Elaboración propia basado en Anexo K

6.2 Seguimiento

El seguimiento permite saber si las acciones consideradas fueron efectivas, así como tomar decisiones en forma temprana, en caso de que la efectividad de las medidas no sea la esperada.

Este paso del Plan cobra importancia, por tanto, es importante que se realice de forma programada y por personas capacitadas para y en constante contacto con la ejecución del Plan. Con el fin que pueda entregar reportes periódicos del grado de cumplimiento de las metas.

Complementariamente, para que el seguimiento sea efectivo, esta información debe ser pública, para ser sometida al escrutinio de la sociedad civil.

7 MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES

Este Plan presenta 3 horizontes de tiempo: Corto, mediano y largo plazo. Ante ello se espera que el seguimiento y toma de decisiones se realice en periodos de tiempos oportuno de acuerdo a los objetivos de cada plazo. De esta forma poder generar un plan adaptativo.

Se deben generar distintas instancias de toma de decisión, con horizonte a 2, 5 y 10 años, que permitan incorporar de manera permanente las mejoras que se requieran para el Plan general, producto del análisis de la ejecución del mismo, de sus resultados, y de los cambios de contexto.

Estas instancias de toma de decisión deben ser coordinados por la secretaria técnica del comité de cuencas quienes revisen el cumplimiento dentro del periodo anterior, y se ajusten las iniciativas.